



**PREFEITURA
FRANCA**
TRABALHO E COMPROMISSO
COM VOCÊ



Programa de Gestão Integrada da Bacia do Rio Canoas em Franca - SP

Relatório 2

DIAGNÓSTICO DA BACIA DO RIO CANOAS NO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP)



FAI
UFSCar

PROJETO DE EXTENSÃO

FAI - UFSCar 15072

Secretaria de Meio Ambiente de Franca

Contrato nº 380/2022 (Processo nº 12.183/2022)

PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS NO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP)

RELATÓRIO 2

Abril – 2023

Equipe Técnica:

Cláudio Bielenki Jr

<http://lattes.cnpq.br/2710470904384935>

Frederico Yuri Hanai

<http://lattes.cnpq.br/7651828454575175>

Irineu Bianchini Jr

<http://lattes.cnpq.br/0659731944736389>

Marcela Bianchessi da Cunha Santino

<http://lattes.cnpq.br/2356641063223397>

Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos

<http://lattes.cnpq.br/8205497519881678>

Silvia Cláudia Semensato Povinelli

<http://lattes.cnpq.br/3277147492023801>

Vandoir Bourscheidt

<http://lattes.cnpq.br/8224261649535795>

Colaboradores:

Thaís Fanan Peres

<http://lattes.cnpq.br/9191062377413535>

Denise Raserá

<http://lattes.cnpq.br/0574486745919669>

Estagiários:

Emily Santana de Araújo

Sumário

SUMÁRIO	3
LISTA DE ANEXOS	6
LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	16
1. INTRODUÇÃO:.....	32
2. CONTEXTUALIZAÇÃO	33
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	39
3.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA.....	44
3.1.1. <i>Carta Imagem</i>	44
3.1.2. <i>Clima</i>	47
3.1.3. <i>Geologia e Pedologia</i>	51
3.1.4. <i>Relevo e Declividade</i>	54
3.1.5. <i>Cobertura vegetal</i>	56
3.1.6. <i>Fauna e Flora</i>	60
3.2. DINÂMICA SOCIOECONÔMICA E DEMOGRÁFICA	76
3.2.1. <i>Dados demográficos</i>	77
3.2.2. <i>Aglomerados Urbanos Subnormais</i>	79
3.2.3. <i>Economia</i>	80
3.2.3.1. <i>Estrutura Produtiva e Ocupacional</i>	80
3.2.3.2. <i>Perfil socioeconômico e indicadores sociais</i>	88
3.2.3.3. <i>Índice Paulista de Vulnerabilidade (IPVS)</i>	90
3.3. RECURSOS HÍDRICOS.....	92
3.3.1. <i>Caracterização da rede hidrográfica</i>	92
3.3.2. <i>Mapeamento de nascentes</i>	94
3.3.3. <i>Caracterização morfológica das sub-bacias dos afluentes da margem esquerda do Rio Canoas na AIE Canoas</i> 99	
3.3.4. <i>Unidades Aquíferas Aflorantes</i>	103
3.3.5. <i>Usos de recursos hídricos</i>	113
3.3.6. <i>Disponibilidade hídrica</i>	128
3.3.7. <i>Balanco hídrico</i>	133
3.4. QUALIDADE DAS ÁGUAS	136
3.4.1. <i>Águas superficiais (Diagnóstico da Qualidade da Água do Ribeirão dos Bagres e do Rio Canoas)</i>	136
3.4.1.1. <i>Descrição da Área de Diagnóstico do Ribeirão dos Bagres e do Rio Canoas</i>	137
3.4.1.2. <i>Temperatura (Ar e Água) e Precipitação Atmosférica</i>	138
3.4.1.3. <i>Potencial Hidrogeniônico (Ph)</i>	144
3.4.1.4. <i>Condutividade Elétrica (CE)</i>	149
3.4.1.5. <i>Turbidez</i>	153
3.4.1.6. <i>Série de Sólidos (Sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e sólidos em suspensão totais)</i>	157
3.4.1.7. <i>Oxigênio Dissolvido</i>	161
3.4.1.8. <i>Carbono Orgânico Total e Carbono Orgânico Dissolvido</i>	165
3.4.1.9. <i>Demanda Bioquímica de Oxigênio</i>	169
3.4.1.10. <i>Dureza</i>	172
3.4.1.11. <i>Nutrientes (Fósforo e Nitrogênio)</i>	175
3.4.1.12. <i>Clorofila-a e feofitina-a (variáveis hidrobiológicas)</i>	189

3.4.1.13.	Colimetria	195
3.4.1.14.	Substância Tensoativa (reagem com azul metileno)	199
3.4.1.15.	Óleos e Graxas	203
3.4.1.16.	Fenóis	205
3.4.1.17.	Ecotoxicologia.....	208
3.4.1.18.	Alcalinidade (bicarbonato, carbonato, hidróxido e total).....	211
3.4.1.19.	Cor	214
3.4.1.20.	Potencial de Formação de Trihalometanos	218
3.4.1.21.	Fluoreto Total	221
3.4.1.22.	Cloreto Total.....	224
3.4.1.23.	Sulfato Total	227
3.4.1.24.	Compostos Orgânicos Voláteis: benzeno, estireno, etilbenzeno, tolueno e xilenos: m,p-xileno e o-xileno	229
3.4.1.25.	Metais / Metaloides	232
3.4.1.26.	Metais com Baixo Potencial Tóxico para a Biota e Potabilidade / Saúde Humana	234
3.4.1.27.	Compilação dos Metais e suas Consequências na Saúde Humana (Potabilidade)	264
3.4.1.28.	Comparação das Variáveis Limnológicas no Ribeirão dos Bagres (P1 e P2)	269
3.4.1.29.	IQA – Índice de Qualidade das Águas	271
3.4.1.30.	Resumo do Estado da Qualidade da Água no Período do Diagnóstico.....	276
3.4.2.	<i>Águas subterrâneas</i>	280
3.5.	INFRAESTRUTURA SANITÁRIA	281
3.5.1.	<i>Indicadores</i>	282
3.5.1.1.	Abastecimento de Água	282
3.5.1.2.	Esgotamento Sanitário.....	283
3.5.1.3.	Resíduos Sólidos.....	283
3.5.1.4.	Águas Pluviais.....	284
3.5.2.	<i>Produção e Abastecimento de Água</i>	285
3.5.2.1.	Mananciais na cidade de Franca	287
3.5.2.2.	Captações.....	294
3.5.2.3.	Adução de Água Bruta	305
3.5.2.4.	Estações de Tratamento de Água	320
3.5.2.5.	Reservação e Distribuição de Água Tratada na bacia do Rio Canoas	340
3.5.2.6.	Abastecimento na área rural.....	349
3.5.3.	<i>Esgotamento Sanitário</i>	359
3.5.3.1.	Sistema de Coleta de Esgotos Sanitários na Bacia do Rio Canoas.....	360
3.5.3.2.	Elevatórias de Esgoto e Estações de Tratamento de Esgotos que se localizam ou servem a bacia do rio Canoas	364
3.5.4.	<i>Coleta e Disposição de Resíduos Sólidos</i>	396
3.5.4.1.	Coleta de Resíduos Sólidos na Bacia do Rio Canoas.....	397
3.5.4.2.	Disposição e Tratamento de Resíduos Sólidos.....	408
3.5.5.	<i>Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais</i>	430
3.5.5.1.	Macro drenagem	431
3.5.5.2.	Micro drenagem	436
3.6.	ORDENAMENTO TERRITORIAL	457
3.6.1.	<i>Zoneamento urbano</i>	462
3.6.2.	<i>Condições de circulação e transporte</i>	470
3.6.3.	<i>Parcelamento do solo</i>	474
3.6.4.	<i>Loteamentos e condomínios</i>	483
3.7.	VETORES DE EXPANSÃO URBANA	490
3.8.	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	502
3.9.	ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS.....	506
3.10.	ÁREAS PROTEGIDAS	519
4.	ASPECTOS JURÍDICOS E INSTITUCIONAIS.....	524
4.1.	LEGISLAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS E DE PROTEÇÃO AMBIENTAL.....	524

4.2.	ASPECTOS INSTITUCIONAIS.....	532
4.3.	INSTITUIÇÕES SOCIOAMBIENTAIS E PROGRAMAS/AÇÕES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	535
5.	VALIDAÇÃO DE DADOS E INFORMAÇÕES	540
5.1.	LEVANTAMENTO IN LOCO (VISITAS TÉCNICAS DE CAMPO PARA VALIDAÇÃO DE DADOS, INFORMAÇÕES E OBSERVAÇÕES NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO CANOAS)	540
6.	DIAGNÓSTICO GERAL	561

Lista de Anexos

- 3(1): Áreas de Contribuição dos Mananciais Hídricos
 - 3.1.1(1): Carta Imagem
 - 3.1.4(1): Mapa de Relevo
 - 3.1.4(2): Mapa de Declividades
 - 3.1.5(1): Remanescentes Florestais
 - 3.1.6(1): Espécies Animais e Vegetais (GBIF)
 - 3.3.1(1): Hidrografia BHO
 - 3.3.1(2): Hidrografia IGC
 - 3.3.2(1): Mapa de Nascentes
 - 3.3.3(1): Sub-bacias dos afluentes da margem esquerda
 - 3.3.3(2): Perfis dos afluentes da margem esquerda e as curvas hipsométricas das respectivas bacias
 - 3.4.1(1): Unidades Aquíferas Aflorantes
 - 3.4.1(2): Formações Litográficas
 - 3.3.5(1): Cadastro de Outorgas
 - 3.3.5(2): Usos Consuntivos
 - 3.3.6(1): Disponibilidade Hídrica
 - 3.4.1(1): Qualidade da Água – Variáveis Analisadas
 - 3.5.2(1): Sistemas de Produção de Água
 - 3.5.2(2): Perfil da Adutora Sistema Canoas
 - 3.5.2(3): Perfil da Adutora Sistema Pouso Alegre
 - 3.5.2(4a e 4b): Setores de abastecimento SABESP
 - 3.5.3(1): EEE e ETE
 - 3.5.4(1): Localização dos Aterros
 - 3.5.4.2(1): Evolução dos Aterros de Inertes
 - 3.6.1(1): Zonas de Expansão Urbana
 - 3.6.4(1): Mapa de Loteamentos
 - 3.6.4(2): Evolução dos Loteamentos
 - 3.7(1): Evolução da Expansão Urbana
 - 3.7(2): Sistema Viário
 - 3.8(1): Mapa de Uso e Ocupação
 - 3.8(2): Mapa de Uso e Ocupação mapBiomias
 - 3.9(1): Parâmetros e Resultados do Modelo SDR
 - 3.10(1): Mapa de APPs
 - 5.1(1): Relatório Fotográfico
 - 6(1): Referências Bibliográficas

Lista de Tabelas

TABELA 3.1.1(1): CARACTERÍSTICAS DA CÂMERA DO SENSOR WPM CBERS 04A.....	45
TABELA 3.1.5(1): PERCENTUAIS DE REMANESCENTES FLORESTAIS.....	57
TABELA 3.1.6(1): REGISTROS DE ESPÉCIMES ANIMAIS E VEGETAIS COLETADOS NO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP) E DEPOSITADOS EM DIFERENTES COLEÇÕES.....	62
TABELA 3.1.6(2): DADOS DAS ÁRVORES NATIVAS ISOLADAS PRESENTES NA ÁREA DE PASTAGEM DA GLEBA FAZENDA RETIRO DO CAFÉ (FRANCA - SP).....	64
TABELA 3.1.6(3): ANFÍBIOS REGISTRADOS POR DADOS SECUNDÁRIOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS.....	66
TABELA 3.1.6(4): RÉPTEIS REGISTRADOS POR DADOS SECUNDÁRIOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS.....	67
TABELA 3.1.6(5): MAMÍFEROS REGISTRADOS POR DADOS SECUNDÁRIOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS. .	68
TABELA 3.1.6(6): MAMÍFEROS REGISTRADOS PRESENTES NA ÁREA DE PASTAGEM DA GLEBA FAZENDA RETIRO DO CAFÉ (FRANCA - SP).....	69
TABELA 3.1.6(7): REGISTROS DE ESPÉCIMES ANIMAIS E VEGETAIS NA PORÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS NO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP).	69
TABELA 3.3.3(1): PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS	101
TABELA 3.3.3(2): FÓRMULAS PARA OS PARÂMETROS IC, KC E FF.	101
TABELA 3.3.3(3): PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS CALCULADOS PARA AS SUB-BACIAS.....	102
TABELA 3.3.4(1) – PERCENTUAIS DE ÁREA NA BACIA DAS UNIDADES AQUÍFERAS	104
TABELA 3.3.5(1) : QUANTITATIVO DE OUTORGAS POR TIPO DECLARADO	115
TABELA 3.3.5(2): USOS CONSUNTIVOS HUMANO URBANO POR OTTOBACIAS	119
TABELA 3.3.5(3): USOS CONSUNTIVOS HUMANO RURAL POR OTTOBACIAS	120
TABELA 3.3.5(4): USOS CONSUNTIVOS INDUSTRIAL POR OTTOBACIAS	121
TABELA 3.3.5(5): USOS CONSUNTIVOS DE MINERAÇÃO POR OTTOBACIAS	122
TABELA 3.3.5(6): USOS CONSUNTIVOS DE DESSEDENTAÇÃO ANIMAL POR OTTOBACIAS	123
TABELA 3.3.5(7): USOS CONSUNTIVOS DE AGRICULTURA IRRIGADA POR OTTOBACIAS	124
TABELA 3.3.5(8): USOS CONSUNTIVOS - TOTALIZAÇÃO POR OTTOBACIAS	125
TABELA 3.3.5(9) – DADOS DO INVENTÁRIO DE POTENCIAL HIDRELÉTRICO (ASPECTOS GERAIS).....	127
TABELA 3.3.5(10) – DADOS DO INVENTÁRIO DE POTENCIAL HIDRELÉTRICO (ASPECTOS ENERGÉTICOS)	127
TABELA 3.3.6(1) - VAZÕES DE REFERÊNCIA (L/S) CALCULADOS NOS TRECHOS DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO CANOAS E POUSO ALEGRE	133
TABELA 3.3.6(2) - VAZÕES DE REFERÊNCIA SAZONAIS (L/S) CALCULADOS NOS TRECHOS DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO CANOAS E POUSO ALEGRE.....	133
TABELA 3.4.1.2(1). TEMPERATURAS DO AR E PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS (± DP) NO PERÍODO DE 2017 A 2022 (FONTE: AGRITEMPO, 2022) E PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL NO PERÍODO DE 1935-2022.....	138

TABELA 3.4.1.2(2). VARIAÇÕES DAS TEMPERATURAS DO AR E DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 140

TABELA 3.4.1.3(1). CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS EM FUNÇÃO DO PH. 144

TABELA 3.4.1.3(2). VARIAÇÕES DO PH DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 146

TABELA 3.4.1.3(3). COMPILAÇÃO DE ALGUNS EFEITOS NA BIOTA, EM FUNÇÃO DO PH DA ÁGUA, INDICANDO A SENSIBILIDADE DE ALGUNS ORGANISMOS AQUÁTICOS AO REBAIXAMENTO DE PH. 148

TABELA 3.4.1.4(1). VARIAÇÕES DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 151

TABELA 3.4.1.4(2). CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS EM RELAÇÃO SALINIDADE (BASEADA NA QUANTIDADE DE ÍONS) DA ÁGUA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO. 153

TABELA 3.4.1.5(1). VARIAÇÕES DA TURBIDEZ (TURB) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 154

TABELA 3.4.1.5(2). CATEGORIZAÇÃO DA ÁGUA DE ACORDO COM A TURBIDEZ. 157

TABELA 3.4.1.6(1). VARIAÇÕES DOS SÓLIDOS TOTAIS (ST) E SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (SDT) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 159

TABELA 3.4.1.6(2). CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (SDT). 160

TABELA 3.4.1.7(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 162

TABELA 3.4.1.8(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) E CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO (COD) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.

..... 167

TABELA 3.4.1.8(2). CATEGORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA (SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA) EM FUNÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE CARBONO TOTAL. 168

TABELA 3.4.1.9(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 170

TABELA 3.4.1.9(2). CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA EM FUNÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO – DBO. 172

TABELA 3.4.1.10(1). VARIAÇÕES DA DUREZA (DUR) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 173

TABELA 3.4.1.10(2). CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS EM FUNÇÃO DE SUA DUREZA. 175

TABELA 3.4.1.11.1(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO TOTAL (P-TOTAL) E FÓSFORO-ORTOFOSFATO (P-ORTO) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 177

TABELA 3.4.1.11.1(2). DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS FORMAS DE FÓSFORO USUALMENTE ENCONTRADAS NOS AMBIENTES AQUÁTICOS. 179

TABELA 3.4.1.11.2(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO KJELDAHL (N-KJD) E NITROGÊNIO AMONIAICAL (N-NH₄) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 181

TABELA 3.4.1.11.2(2). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO NITRATO (N-NO₃) E NITROGÊNIO NITRITO (N-NO₂) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 183

TABELA 3.4.1.11.2(3). DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS FORMAS DE NITROGÊNIO USUALMENTE ENCONTRADAS NOS AMBIENTES AQUÁTICOS.....	187
TABELA 3.4.1.12(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE CLOROFILA-A (CLO-A) E FEOFITINA-A (FEO-A) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.	190
FIGURA 3.4.1.12(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE CLOROFILA-A (CLO-A) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO.....	192
TABELA 3.4.1.12(2). CONCENTRAÇÕES MÉDIAS E MÁXIMAS DE CLOROFILA-A (CLO-A EM MG L ⁻¹) DEFINIDAS EM DIFERENTES ESTADOS TRÓFICOS.....	193
TABELA 3.4.1.12(3). CLASSIFICAÇÃO DAS CIANOTOXINAS EM TRÊS GRUPOS (PEPTÍDEOS CÍCLICOS, ALCALOIDES E LIPOPOLISSACARÍDEOS), ÓRGÃO-ALVO E PRINCIPAIS GÊNEROS ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO DE CIANOTOXINAS.....	194
TABELA 3.4.1.13(1). VARIAÇÕES DOS COLIFORMES FECAIS <i>ESCHERICHIA COLI</i> (<i>E. COLI</i>) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.	196
TABELA 3.4.1.13(2). CATEGORIZAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE ATIVIDADES DE RECREAÇÃO COM CONTATO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO EM FUNÇÃO A PRESENÇA DE COLIFORMES FECAIS.	198
TABELA 3.4.1.14(1). VARIAÇÕES DAS SUBSTÂNCIAS TENSOATIVAS (TENS) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.	200
TABELA 3.4.1.15(1). VARIAÇÕES DE ÓLEOS E GRAXAS (OG) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.	204
TABELA 3.4.1.16(1). VARIAÇÕES DE FENÓIS (FEN) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.....	206

TABELA 3.4.1.17.1(1). VARIAÇÕES ECOTOXICOLÓGICA COM <i>CERIODAPHNIA DUBIA</i> (C. DUBIA) OU <i>VIBRIO FISCHERI</i> (V. FISCHERI) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.....	209
TABELA 3.4.1.18(1). VARIAÇÕES DA ALCALINIDADE TOTAL (ALC-TOTAL) BICARBONATO (ALC-BI) DA ÁGUA DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.	212
TABELA 3.4.1.18(1). CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS EM FUNÇÃO DE SUA ALCALINIDADE.	214
TABELA 3.4.1.19(1). VARIAÇÕES DA COR (COR) DA ÁGUA DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.....	215
TABELA 3.4.1.19(2). CATEGORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA BASEADA NA COR (BAIXA, REGULAR E ALTA). OS EFEITOS SÃO DE INTERESSE ESTÉTICO E ECONÔMICO E NÃO DE RISCOS À SAÚDE..	217
TABELA 3.4.1.20(1). VARIAÇÕES DO POTENCIAL DE FORMAÇÃO DE TRIHALOMETANOS (THM) DA ÁGUA DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.	219
TABELA 3.4.1.20(2). CLASSIFICAÇÃO DOS AGENTES CONFORME O POTENCIAL CARCINOGENICIDADE (IARC, 2019) E ADEQUAÇÃO DOS THM COMO POSSÍVEIS AGENTES CARCINOGENÉTICOS.	221
TABELA 3.4.1.21(1). VARIAÇÕES DO FLUORETO TOTAL (FLUO-TOTAL) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.	222
TABELA 3.4.1.22(1). VARIAÇÕES DO CLORETO TOTAL (CL-TOTAL) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.	225
TABELA 3.4.1.23(1). VARIAÇÕES DO SULFATO TOTAL (SO ₄ -TOTAL) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.	228
TABELA 3.4.1.24(1). VARIAÇÃO DO BENZENO – BEN; ESTIRENO – EST; ETILBENZENO – ETILBEN; M,P-XILENO - M,P-XIL; O-XILENO - O-XIL E TOLUENO - TOL) RELATIVAS AO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021.....	230
TABELA 3.4.1.24(2). VARIAÇÃO DO BENZENO – BEN; ESTIRENO – EST; ETILBENZENO – ETILBEN; M,P-XILENO - M,P-XIL; O-XILENO - O-XIL E TOLUENO - TOL) RELATIVAS AO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310	

BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 231

TABELA 3.4.1.25.1.1(1). VARIAÇÕES DO CÁLCIO TOTAL (CA-TOTAL) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 236

TABELA 3.4.1.25.1.2(1). VARIAÇÕES DE MANGANÊS TOTAL (MG-TOTAL) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 239

TABELA 3.4.1.25.1.3(1). VARIAÇÕES DE POTÁSSIO (K) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 241

TABELA 3.4.1.25.2(1). VARIAÇÕES DE METAIS (AL TOTAL, AL DISSOLVIDO, AS, BA, CD, CU DISSOLVIDO, CU, CR, FE DISSOLVIDO, FE TOTAL, HG, MN, NA, NI, PB E ZN) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 244

TABELA 3.4.1.25.2(2). VARIAÇÕES DE METAIS (AL TOTAL, AL DISSOLVIDO, AS, BA, CD, CU DISSOLVIDO, CU, CR, FE DISSOLVIDO, FE TOTAL, HG, MN, NA, NI, PB E ZN) DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 245

TABELA 3.4.1.25.2(3). VARIAÇÕES DE METAIS (AL TOTAL, AL DISSOLVIDO, AS, BA, CD, CU DISSOLVIDO, CU, CR, FE DISSOLVIDO, FE TOTAL, HG, MN, NA, NI, PB E ZN) DA ÁGUA DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. 246

TABELA 3.4.1.26(1). DESCRIÇÃO DOS EFEITOS POTENCIAIS NA SAÚDE E NA ÁGUA E AS FONTES (NATURAIS E ANTRÓPICAS) DE ALGUNS METAIS/METALÓIDES USUALMENTE ANALISADOS NO MONITORAMENTO DE ÁGUAS DOCES E UTILIZADOS COMO PADRÃO DE POTABILIDADE PARA ÁGUA DE ABASTECIMENTO. EM QUE: VMP = VALOR MÁXIMO PERMITIDO INDICADO PELA PORTARIA GM/MS Nº 888 (BRASIL, 2021); 1 = PADRÃO ORGANOLÉPTICO DE POTABILIDADE E 2 = PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS INORGÂNICAS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE. 265

TABELA 3.4.1.27(1). AUMENTO OU DECRÉSCIMO DOS VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS ENTRE OS PONTOS P1 E P2 (RIBEIRÃO DOS BAGRES) EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DO ANO. EM QUE AS SETAS ↑ E ↓ REPRESENTAM CRESCIMENTO OU DECRÉSCIMO DO VALOR DA VARIÁVEL DO PONTO P1 PARA O P2, RESPECTIVAMENTE. 271

TABELA 3.4.1.28(1). RESULTADOS MENSAIS (FEVEREIRO, ABRIL, JUNHO, AGOSTO, OUTUBRO E DEZEMBRO) E MÉDIA ANUAL DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA - IQA^(*) (CETESB, 2018; CETESB 2019, CETESB 2020; CETESB 2021). EM 2020, APENAS FOI CALCULADO O IQA PARA FEVEREIRO, POIS HOUVE APENAS UMA CAMPANHA DE MONITORAMENTO DA ÁGUA. A MÉDIA ANUAL DO IQA EM 2021 SÓ FOI CALCULADA EM PONTOS QUE TIVERAM PELO MENOS TRÊS RESULTADOS, NÃO SENDO CALCULADA PARA BAGR04020, BAGR04500 E KNOA02500. 273

TABELA 3.5.1.1(1) - INDICADORES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA A CIDADE DE FRANCA, ESTADO DE SÃO PAULO E BRASIL	282
TABELA 3.5.1.2(1) - INDICADORES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA A CIDADE DE FRANCA, ESTADO DE SÃO PAULO E BRASIL	283
TABELA 3.5.1.3(1) - INDICADORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA A CIDADE DE FRANCA, ESTADO DE SÃO PAULO E BRASIL	284
TABELA 3.5.1.4(1) - INDICADORES DE DRENAGEM URBANA PARA A CIDADE DE FRANCA	284
TABELA 3.5.2(1) – VALORES DE VAZÃO MÉDIA E MÍNIMA DO RIO CANOAS PARA 2022	291
TABELA 3.5.2(2) – VALORES DE VAZÃO MÉDIA E MÍNIMA DO RIBEIRÃO POUSO ALEGRE PARA 2022	293
TABELA 3.5.2(3) - CARACTERÍSTICAS DO PEDIDO DE OUTORGA DE ÁGUA NA CAPTAÇÃO DO RIO CANOAS	295
TABELA 3.5.2(4) - CARACTERÍSTICAS DO PEDIDO DE OUTORGA DE ÁGUA NA CAPTAÇÃO DO RIBEIRÃO POUSO ALEGRE	298
TABELA 3.5.2(5) - CARACTERÍSTICAS DA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DO SISTEMA CANOAS	310
TABELA 3.5.2(6) - CARACTERÍSTICAS DA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DO SISTEMA POUSO ALEGRE	314
TABELA 3.5.2(7) - CARACTERÍSTICAS DA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DO SISTEMA SAPUCAÍ MIRIM	319
TABELA 3.5.2(8) - ZONAS DE ABASTECIMENTO – SETOR I – SISTEMA ETA	344
TABELA 3.5.2(9) - ZONAS DE ABASTECIMENTO – SETOR IV – SISTEMA CAPELINHA	345
TABELA 3.5.2(10) - ZONAS DE ABASTECIMENTO – SETOR VI – SISTEMA ÉDEN	346
TABELA 3.5.2(12) - ZONAS DE ABASTECIMENTO – SETOR XI – SISTEMA ANA DOROTHEA	348
TABELA 3.5.2(13) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – RECANTO CAMPESTRE	350
TABELA 3.5.2(14) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – RECANTO DEL BIANCO	350
TABELA 3.5.2(15) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – CONDOMÍNIO MONTE VERDE	351
TABELA 3.5.2(16) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – RECANTO ESPERANÇA	351
TABELA 3.5.2(17) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – PARQUE DO MIRANTE	352
TABELA 3.5.2(18) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – PARQUE DOS IPÊS	352
TABELA 3.5.2(19) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – RECANTO PORTAL DE MINAS	353
TABELA 3.5.2(20) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – RECANTO PRIMAVERA	353
TABELA 3.5.2(21) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – CHÁCARA CERIS	354
TABELA 3.5.2(22) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – RECANTO CAPIM MIMOSO	354
TABELA 3.5.2(23) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – RECANTO VERDE VALLE I	355
TABELA 3.5.2(24) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – RECANTO VERDE VALLE II	355
TABELA 3.5.2(25) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – CHÁCARAS SANTA MARCELINA	356
TABELA 3.5.2(26) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – RECANTO PAIOLZINHO	356
TABELA 3.5.2(27) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – NÃO IDENTIFICADO 1	357
TABELA 3.5.2(28) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – NÃO IDENTIFICADO 2	357

TABELA 3.5.2(29) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – NÃO IDENTIFICADO 3.....	358
TABELA 3.5.2(30) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – NÃO IDENTIFICADO 4.....	358
TABELA 3.5.2(31) – LOTEAMENTOS COM PEDIDO DE REGULARIZAÇÃO – JARDIM CANADÁ.....	359
TABELA 3.5.3(1) – LOTEAMENTOS ACOMPANHADOS PELA SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA DE FRANCA	361
TABELA 3.5.3(2) - VOLUME DE ESGOTO POR SUBSISTEMA – PAULISTANO I (MENSAL – REFERENTE A 2022)	366
TABELA 3.5.3(3) – VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA ETE PAULISTANO I PARA O ANO DE 2022.....	367
TABELA 3.5.3(5) – VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA ETE PAULISTANO II PARA O ANO DE 2022	369
TABELA 3.5.3(6) - VOLUME DE ESGOTO POR SUBSISTEMA – CITY PETRÓPOLIS (MENSAL – REFERENTE A 2022)	370
TABELA 3.5.3(7) – VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA ETE CITY PETRÓPOLIS PARA O ANO DE 2022	370
TABELA 3.5.3(8) - VOLUME DE ESGOTO POR SUBSISTEMA (MENSAL – REFERENTE A 2022).....	371
TABELA 3.5.3(9) – VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA ETE SÃO FRANCISCO PARA O ANO DE 2022	372
TABELA 3.5.3(10) - VOLUME DE ESGOTO POR SUBSISTEMA (MENSAL – REFERENTE A 2022).....	373
TABELA 3.5.3(11) – VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA ETE PALESTINA PARA O ANO DE 2022 ..	374
TABELA 3.5.3(12) – DADOS REFERENTES AO TANQUE DE AERAÇÃO DA ETE LUÍZA.....	393
TABELA 3.5.3(13) – RECIRCULAÇÃO DE LODO NOS TANQUES DE AERAÇÃO.....	393
TABELA 3.5.3(14) – VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA ETE LUÍZA PARA O ANO DE 2022	395
TABELA 3.5.4(1) – FREQUÊNCIA DE COLETA DE RSU NA BACIA DO RIO CANOAS POR BAIRROS.....	399
TABELA 3.5.4(2) – FREQUÊNCIA DE COLETA SELETIVA NA BACIA DO RIO CANOAS POR BAIRROS.....	401
TABELA 3.5.4(3) - PONTOS DE AMOSTRAGEM NO MONITORAMENTO DA CODRATE	412
TABELA 3.5.4(4) – TIPOLOGIA DOS RESÍDUOS DEPOSITADOS NO ATERRO DA FAZENDA	416
TABELA 3.5.4(6) – RELAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS COLETADAS.....	417
TABELA 3.5.4(7) – RELATÓRIO DE QUANTIDADE DE CHORUME RETIRADO DAS LAGOAS DO ANTIGO ATERRO DA FAZENDA MUNICIPAL – ANO 2022	419
TABELA 3.5.4(8) – DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ATERRO MUNICIPAL DE FRANCA	427
TABELA 3.5.5(1) - LOTEAMENTOS ACOMPANHADOS PELA SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA DE FRANCA.....	445
TABELA 3.6.4(1): LOTEAMENTOS QUE INTEGRAM O PERÍMETRO LEGAL DA BACIA DO RIO CANOAS E SEUS AFLUENTES, CONFORME LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO PERANTE A PREFEITURA MUNICIPAL.	485
TABELA 3.8(1): AREA TOTAL DE USOS POR SUBCLASSES.....	504
TABELA 3.9(1): ÍNDICES DE EROSIVIDADE DA CHUVA (MJ MM/(H HA ANO))	509
TABELA 3.9(2) – FATORES K OBTIDOS NA LITERATURA PARA CADA TIPO DE SOLO	510
TABELA 3.9(3) – FATORES C E P OBTIDOS NA LITERATURA PARA CADA CLASSE DE COBERTURA DA TERRA.....	511
TABELA 3.9(4): VALORES TOTAIS AGREGADOS POR SUB-BACIAS CALCULADOS PELO MODELO SDR	517

TABELA 3.10(1) – PERCENTUAL DE ÁREA DE APP E AS CLASSES DE USO DO SOLO.	522
TABELA 3.10(2) – PERCENTUAL DE ÁREA DE APP RELACIONADA COM ÁREA FLORESTAL CONFORME O INVENTÁRIO DE REMANESCENTES FLORESTAIS DO ESTADO DE SP (INSTITUTO FLORESTAL, 2022)	523
TABELA 3.10(3) – PERCENTUAL DE ÁREA DE APP RELACIONADA COM AS APPS DEFINIDAS NO SISTEMA DE CADASTRO AMBIENTAL RURAL - SICAR-SP	523
TABELA 4.5(1): INSTITUIÇÕES QUE REALIZAM, OU JÁ REALIZARAM, ATIVIDADES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE FRANCA-SP.	536
TABELA 5.1(1) - RESULTADOS DAS ANÁLISES REALIZADAS E CAMPO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA, NOS PONTOS APRESENTADOS NA FIGURA 5.1(6).	550

Lista de Figuras

FIGURA 2(1) - NOTÍCIA MENCIONANDO PROBLEMAS DA CRISE HÍDRICA NO ABASTECIMENTO DE FRANCA.....	34
FIGURA 2(2) - NOTÍCIA RELATANDO PROBLEMAS DA CRISE HÍDRICA NO ABASTECIMENTO DE FRANCA.....	34
FIGURA 2(3) – NOTÍCIA RELATANDO A QUEDA DA CIDADE DE FRANCA NO RANKING DE SANEAMENTO DO INSTITUTO TRATA BRASIL	35
FIGURA 2(4) – ESQUEMA BÁSICO DO SISTEMA SAPUCAÍ MIRIM	36
FIGURA 2(5) - NOTÍCIA SOBRE A INAUGURAÇÃO DO SISTEMA SAPUCAÍ MIRIM	37
FIGURA 2(6) - NOTÍCIA SOBRE DEBATES PARA A OCUPAÇÃO DE ÁREAS DA BACIA DO RIO CANOAS	38
FIGURA 3(1) - AGLOMERAÇÃO URBANA DE FRANCA	39
FIGURA 3(2) - MUNICÍPIOS DA UGRHI 08	40
FIGURA 3(4) - EVOLUÇÃO DO LIMITE DA AIE CANOAS	42
FIGURA 3(5) - ÁREAS DE NASCENTES EXCLUÍDAS DA AIE CANOAS PELO LIMITE PROPOSTO NA LEI COMPLEMENTAR Nº 100/06.....	42
FIGURA 3(6) (A) ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO (B) DETALHE NA AIE CANOAS	44
FIGURA 3.1.1(1) – RECORTE DE RESULTADO DA FUSÃO DE BANDAS, (A) COMPOSIÇÃO COLORIDA MULTIESPECTRAL 8 METROS (B) BANDA PANCROMÁTICA 2 METROS (C) COMPOSIÇÃO COLORIDA FUSIONADA 2 METROS	46
FIGURA 3.1.1(2) – ÁREA DA AIE CANOAS SOBREPOSTA A IMAGEM CBERS 4A	46
FIGURA 3.1.1(3) – MAPA ÍNDICE DA ARTICULAÇÃO DE CARTAS 1:10.000	47
FIGURA 3.1.2(1) – NORMAIS CLIMÁTICAS PARA A CIDADE DE FRANCA, SP (ESTAÇÃO 83630). AS ESTIMATIVAS POR SATÉLITE FORAM INCORPORADAS NO GRÁFICO DA PRECIPITAÇÃO.....	48
FIGURA 3.1.2(2) – DIAS CONSECUTIVOS SECOS E DIAS CONSECUTIVOS ÚMIDOS PARA A ESTAÇÃO CONVENCIONAL DO INMET (83630).	49
FIGURA 3.1.2(3) – SÉRIES TEMPORAIS DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA E DO ACUMULADO ANUAL PARA A ESTAÇÃO CONVENCIONAL DO INMET (83630).	49
FIGURA 3.1.2(4) – SÉRIES TEMPORAIS DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA E DO ACUMULADO ANUAL PARA AS ESTIMATIVAS POR SATÉLITE (CHIRPS).	50
FIGURA 3.1.2(5) – SÉRIES TEMPORAIS DO ACUMULADO ANUAL DE PRECIPITAÇÃO PARA AS ESTAÇÕES DA ANA.	50
FIGURA 3.1.3(1) – MAPA GEOLÓGICO	51
FIGURA 3.1.3(2) – MAPA PEDOLÓGICO	53
FIGURA 3.1.4(1) – RELEVO SOMBREADO DA AIE CANOAS	55
FIGURA 3.1.4(2) – DECLIVIDADES NA AIE CANOAS.....	56
FIGURA 3.1.5(1) – REMANESCENTES FLORESTAIS	57
FIGURA 3.1.5(2) – GRÁFICO DE PERCENTUAIS DE REMANESCENTES FLORESTAIS	58
FIGURA 3.1.5(3) – GRÁFICO DE PERCENTUAL DE ÁREA OCUPADA PELA CLASSE FLORESTAL DA COLEÇÃO 7 DO MAPBIOMAS DE 1985 A 2021.....	58
FIGURA 3.1.5(4) – GRÁFICO DE PERCENTUAL DE ÁREA OCUPADA PELA CLASSE AGROPECUÁRIA DA COLEÇÃO 7 DO MAPBIOMAS DE 1985 A 2021.....	59

FIGURA 3.1.5(5) – AIAS E TCRAS CADASTRADOS NO DATAGEO SIGAM, ANOS DE 2021, 2022 E 2023	60
FIGURA 3.1.6(1): COMPARAÇÃO DA COBERTURA DE VEGETAÇÃO NATIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS EM 1607 E 2014.	63
FIGURA 3.2.1(1): SÍNTESE DOS DADOS DEMOGRÁFICOS DO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP).	77
FIGURA 3.2.1(2) – SETORES CENSITÁRIOS IBGE 2010 NA AIE CANOAS	78
FIGURA 3.2.1(3) – DENSIDADE DEMOGRÁFICA POR SETOR CENSITÁRIO NA AIE CANOAS	79
FIGURA 3.2.3.1(1) – DISTRIBUIÇÃO DO PIB E DE VALORES ADICIONADOS POR SETOR PARA O MUNICÍPIO DE FRANCA..	81
FIGURA 3.2.3.1(2) – VALORES DA TRANSFORMAÇÃO INDUSTRIAL POR SETOR DE ATIVIDADES PARA O MUNICÍPIO DE FRANCA	81
FIGURA 3.2.3.1(3) – VALORES DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA E DE REBANHOS PARA O MUNICÍPIO DE FRANCA	82
FIGURA 3.2.3.1(4): DISTRIBUIÇÃO DO EMPREGO FORMAL (A) E DO SALÁRIO MÉDIO (B) POR DIVISÃO DO CNAE (RECORTE PARA AS PRINCIPAIS ATIVIDADES) NO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP).	83
FIGURA 3.2.3.1(5): PROPRIEDADES RURAIS COM PASTAGENS NO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP) E ENTORNO.	85
FIGURA 3.2.3.1(6): PROPRIEDADES RURAIS COM PRODUÇÃO DE CAFÉ NO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP) E ENTORNO.....	86
FIGURA 3.2.3.1(7): PROPRIEDADES RURAIS COM PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP) E ENTORNO.....	87
FIGURA 3.2.3.2(1): ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA (IDEB) DO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP).	89
FIGURA 3.2.3.3(1): ÍNDICE PAULISTA DE VULNERABILIDADE SOCIAL POR SETORES CENSITÁRIOS NA AIE CANOAS	90
FIGURA 3.3.1(1) - REDE HIDROGRÁFICA BHO	93
FIGURA 3.3.1(2) - REDE HIDROGRÁFICA IGC AJUSTADA	94
FIGURA 3.3.2(1) - ÁREA DO PROJETO REALIZADO PELA DIFUSÃO CONSULTORIA.....	95
FIGURA 3.3.2(2) - GRÁFICO DO RESULTADO DO INQA	95
FIGURA 3.3.2(3) - LOCALIZAÇÃO DAS NASCENTES IDENTIFICADAS PELA DIFUSÃO CONSULTORIA	96
FIGURA 3.3.2(4) - MAPA DE NASCENTES ESTUDO BERTELLI.....	97
FIGURA 3.3.2(5) - (A) SOBREPOSIÇÃO DAS NASCENTES (B) SOBREPOSIÇÃO DAS NASCENTES COM MAPA GEORREFERENCIADO COM TRANSPARÊNCIA DE 50%.....	98
FIGURA 3.3.2(6) - BASE DE NASCENTES	99
FIGURA 3.3.3(2) – PERFIL DO RIO CANOAS NA AIE CANOAS	103
FIGURA 3.3.4(1) – UNIDADES AQUÍFERAS AFLORANTES NA AIE CANOAS.....	104
FIGURA 3.3.4(2) – UNIDADES LITOLÓGICAS NA AIE CANOAS	105
FIGURA 3.3.4(3) - DELIMITAÇÃO DA PROPOSTA DA APRM SAG.....	107
FIGURA 3.3.4(4) - DIFERENÇA NA DELIMITAÇÃO DO AFLORAMENTO DO SAG	108
FIGURA 3.3.4(5) – UNIDADES LITOLÓGICAS NA APRM-SAG 1:250.000	108
FIGURA 3.3.4(6) – ÍNDICE DE VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DA ÁREA DE AFLORAMENTO DO SAG NA BACIA	110
FIGURA 3.3.4(7) - ÁREAS DE INTERVENÇÃO DA PROPOSTA APRM-SAG NA ÁREA DA BACIA.....	111

FIGURA 3.3.4(8) – MACROZONEAMENTO REGIONAL AUF	112
FIGURA 3.3.5(1) - EVOLUÇÃO DA RETIRADA DE ÁGUA NO BRASIL	113
FIGURA 3.3.5(2) – PONTOS DE OUTORGAS DAEE E IGAM	115
FIGURA 3.3.5(3) – PORCENTAGEM DE OUTORGAS POR TIPO DECLARADO	115
FIGURA 3.3.5(4) – EXEMPLO DE USO – CAPTAÇÃO SUPERFICIAL PARA IRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS	116
FIGURA 3.3.5(5) – EXEMPLO DE USO – EXTRAÇÃO DE AREIA	116
FIGURA 3.3.5(6) – EXEMPLO DE USO – CAPTAÇÃO SUPERFICIAL PARA ABASTECIMENTO HUMANO	117
FIGURA 3.3.5(8) – CONSUMO TOTAL (M³/S) POR OTTOBACIAS	126
FIGURA 3.3.5(9) - INVENTÁRIO DE POTENCIAIS HIDRELÉTRICOS NA BACIA DO RIO CANOAS	127
FIGURA 3.3.6(1) - HIDROGRAFIA DA BHO E AS REDES DE MONITORAMENTO FLUVIOMÉTRICO	129
FIGURA 3.3.6(3) - Q_{MLT} TOTAL (A) E A Q_{710} TOTAL (A) NA REGIÃO DE INTERESSE.	132
FIGURA 3.3.7(1) – BALANÇO HÍDRICO UTILIZANDO COMO VAZÕES DE REFERÊNCIA A Q_{95} (A) E A Q_{710} (B).	135
FIGURA 3.4.1.2(1) VARIAÇÕES DAS TEMPERATURAS MÉDIAS DO AR E DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO.	141
FIGURA 3.4.1.2(2). CONFRONTO ENTRE AS TEMPERATURAS DO AR E DA ÁGUA NOS TRÊS PONTOS DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP) NO PERÍODO DE 2017 A 2021.	142
FIGURA 3.4.1.2(3). RESULTADOS DOS AJUSTES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL NA REGIÃO DE FRANCA (SP) AO MODELO SENOIDAL: $y = Média + Variação \times \cos(2\pi 365 \times t - \phi)$. (A): PERÍODO: 2017 A 2022 (FONTE: AGRITEMPO, 2022), (B): PERÍODO: 1935-2022 (FONTE: DAEE, 2022), ϕ = DIA DO ANO QUE OCORRE O MAIOR VALOR DA PRECIPITAÇÃO, TAMBÉM CHAMADO DE ACRÓFASE COMPUTACIONAL E R^2 = COEFICIENTE DE TERMINAÇÃO.	143
FIGURA 3.4.1.3(1). VARIAÇÕES DO PH DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO.	145
FIGURA 3.4.1.3(2). SISTEMA CARBONATO: RELAÇÃO ENTRE OS COMPOSTOS DE CARBONATO E O PH NAS ÁGUAS DOCES.	147
FIGURA 3.4.1.4(1). VARIAÇÕES DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR	

04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 152

FIGURA 3.4.1.5(1). VARIAÇÕES DA TURBIDEZ (TURB) MÉDIA DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 156

FIGURA 3.4.1.6(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE SÓLIDO TOTAL DISSOLVIDO (STD) E SÓLIDOS TOTAIS (ST) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 160

FIGURA 3.4.1.7(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 164

FIGURA 3.4.1.8(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO (COD) E DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 168

FIGURA 3.4.1.9(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 171

FIGURA 3.4.1.10(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE DUREZA (DUR) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500;

CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO..... 174

FIGURA 3.4.1.11.1(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE FÓSFORO TOTAL (P-TOTAL) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 178

FIGURA 3.4.1.11.1(2). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE FÓSFORO ORTOFOSFATO (P-ORTO) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 179

FIGURA 3.4.1.11.1(3). PERCENTAGEM DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES IÔNICAS DE FOSFATO EM SOLUÇÕES COM DIFERENTES VALORES DE PH..... 180

FIGURA 3.4.1.11.2(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE NITROGÊNIO KJELDHAL (N-KJD) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 184

FIGURA 3.4.1.11.2(2). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE NITROGÊNIO AMONÍACAL (N-NH₄) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 184

FIGURA 3.4.1.11.2(3). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE NITROGÊNIO-NITRATO (N-NO₃) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 185

FIGURA 3.4.1.11.2(4). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE NITROGÊNIO-NITRITO (N-NO₂) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 186

FIGURA 3.4.1.11.2(5). PERCENTAGEM DE AMÔNIA NÃO IONIZADA EM FUNÇÃO DO PH E DA TEMPERATURA 188

FIGURA 3.4.1.12(2). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE FEOFITINA-A (FEO-A) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO..... 193

FIGURA 3.4.1.13(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE COLIFORMES FECALIS *ESCHERICHIA COLI* (*E. COLI*) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO..... 198

FIGURA 3.4.1.14(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE SUBSTÂNCIAS TENSOATIVAS (TENS) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 201

FIGURA 3.4.1.15(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS ÓLEOS E GRAXAS (OG) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO..... 205

FIGURA 3.4.1.16(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS FENÓIS (FEN) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO..... 207

FIGURA 3.4.1.18(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DA ALCALINIDADE (ALC-TOTAL) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 213

FIGURA 3.4.1.19(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DA COR (COR) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP

08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO..... 217

FIGURA 3.4.1.20(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DO POTENCIAL DE FORMAÇÃO DE TRIHALOMETANOS (THM) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO..... 220

FIGURA 3.4.1.21(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DO FLUORETO TOTAL (FLUO-TOTAL) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 223

FIGURA 3.4.1.22(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DO CLORETO TOTAL (CL-TOTAL) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 226

FIGURA 3.4.1.23(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DO SULFATO TOTAL (SO₄-TOTAL) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 229

FIGURA 3.4.1.25.1.1(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE CÁLCIO TOTAL (CA-TOTAL) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 237

FIGURA 3.4.1.25.1.2(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE MAGNÉSIO TOTAL (MG-TOTAL) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 240

FIGURA 3.4.1.25.1.3(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE POTÁSSIO (K) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO..... 242

FIGURA 3.4.1.25.2.1(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE ALUMÍNIO TOTAL (AL-TOTAL) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 248

FIGURA 3.4.1.25.2.3(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE BÁRIO TOTAL (BA-TOTAL) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 251

FIGURA 3.4.1.25.2.8(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE FERRO TOTAL (FE-TOTAL) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 256

FIGURA 3.4.1.25.2.8(2). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE FERRO DISSOLVIDO (FE-DIS) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 257

FIGURA 3.4.1.25.2.9(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE MANGANÊS TOTAL (MN-TOTAL) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO. 259

FIGURA 3.4.1.25.2.12(1). VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE SÓDIO (NA) DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE CHEIA (I.E., CHUVAS) E DE SECA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES (P1 - CÓDIGO DO PONTO: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; PONTE SOB A AV. HÉLIO PALERMO, A 500 METROS DA NASCENTE - FRANCA – SP; P2 - CÓDIGO DO PONTO: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; PONTE NO FINAL DA RUA RIO TROMBETAS COM A AV. DAS SERINGUEIRAS, PRÓXIMO AO

RESIDENCIAL AMAZONAS - FRANCA – SP) E DO RIO CANOAS (P3 - CÓDIGO DO PONTO: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; CAPTAÇÃO DA SABESP DE FRANCA NO RIO CANOAS, FRANCA – SP). PERÍODO: FEVEREIRO DE 2017 A OUTUBRO DE 2021. AS BARRAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS VALORES DO DESVIO PADRÃO.....	263
FIGURA 3.5.2(1) - SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ÁGUA DE FRANCA	286
FIGURA 3.5.2(2) - MANANCIAL RIO CANOAS	290
FIGURA 3.5.2(3) - MANANCIAL RIO POUSO ALEGRE.....	292
FIGURA 3.5.2(4) – MANANCIAL SAPUCAÍ MIRIM.....	294
FIGURA 3.5.2(5) - CAPTAÇÃO DO RIO CANOAS – (A) MARCO DA CAPTAÇÃO, (B) PEQUENO BARRAMENTO PARA ELEVAÇÃO DE NÍVEL, (C) CANAL DE ENTRADA DA ÁGUA, (D) GRADEAMENTO, (E) CAIXA DE AREIA, (G) CASA DE BOMBAS	297
FIGURA 3.5.2(6) - CAPTAÇÃO DO RIO POUSO ALEGRE – (A) MARCO DA CAPTAÇÃO, (B) MANANCIAL ASSOREADO, (C) VERTEDOR CREAGER PARA ELEVAÇÃO DE NÍVEL, (D) EXTRAVASOR LATERAL, (E) GRADEAMENTO, (F) CAIXA DE AREIA, (G) CASA DE BOMBAS, (H) RECALQUE DE ÁGUA BRUTA, (I) CABINE DE CONTROLE DA CAPTAÇÃO	300
FIGURA 3.5.2(7) - CAPTAÇÃO DO RIO SAPUCAÍ MIRIM – (A) CAPTAÇÃO POR SISTEMA INTAKE, (B) POÇO DE SUÇÃO DE CHEGADA, (C) VISTA LATERAL DA CAIXA DE AREIA COM FUNDO DE CÂMARAS TRAPEZOIDAIS, (D) SECAGEM DA AREIA COM RETORNO DA ÁGUA PRESENTE PARA O RIO, (E) TANQUES DE PROTEÇÃO CONTRA TRANSIENTES HIDRÁULICOS, (F) VISTA SUPERIOR DA CAIXA DE AREIA, (G) CASA DE BOMBAS, (H) PONTE ROLANTE PARA MOVIMENTAÇÃO DAS BOMBAS, (I) CASA DE COMANDO DA CAPTAÇÃO	302
FONTE: EQUIPE UFSCAR, 2023.....	302
FIGURA 3.5.2.8 - CAPTAÇÃO POR POÇOS – SISTEMA FRANCA – RESTINGA – (A) INSTALAÇÕES DO POÇO P1; (B) POÇO P1; (C) POÇO P2; (D) INSTALAÇÕES DO POÇO P2; (E) TRATAMENTO SIMPLIFICADO – TANQUE DE HIPOCLORITO DE SÓDIO; (F) TANQUES DE TRATAMENTO	304
FIGURA 3.5.2(9) - ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA EE1 DO SISTEMA PRODUTOR NORTE	307
FIGURA 3.5.2(10) - ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA EE2 DO SISTEMA PRODUTOR NORTE	308
FIGURA 3.5.2(11) - VISTA DO BOOSTER 1 E BOMBA DO SISTEMA.....	308
FIGURA 3.11.2(12) - VISTA DO BOOSTER 2	309
FIGURA 3.5.2(13) - PERFIL LONGITUDINAL DA ADUTORA DO SISTEMA CANOAS – FRANCA.....	309
FIGURA 3.11.2(14) - ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA PA1 DO SISTEMA PRODUTOR NORTE.....	311
FIGURA 3.5.2(15) - ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA PA2 DO SISTEMA PRODUTOR NORTE.....	312
FIGURA 3.5.2(16) - ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA PA3 DO SISTEMA PRODUTOR NORTE.....	313
FIGURA 3.5.2(17) - PERFIL LONGITUDINAL DA ADUTORA DO SISTEMA POUSO ALEGRE – FRANCA	313
FIGURA 3.5.2(18) - ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA EEAB1 DO SISTEMA PRODUTOR SAPUCAÍ MIRIM.....	315
FIGURA 3.5.2(19) - ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA EEAB2 DO SISTEMA PRODUTOR SAPUCAÍ MIRIM	316
FIGURA 3.5.2.20 - ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA EEAB3 DO SISTEMA PRODUTOR SAPUCAÍ MIRIM	317
FIGURA 3.5.2(21) – DESENHO ESQUEMÁTICO DO SISTEMA PRODUTOR SAPUCAÍ MIRIM	318
FIGURA 3.5.2(22) - ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DO SISTEMA FRANCA – RESTINGA	320
FIGURA 3.5.2(23) – VISTA AÉREA ETA NORTE.....	321
FIGURA 3.5.2(24) – CHEGADA DA ÁGUA BRUTA A ETA	322

FIGURA 3.5.2(25) – MEDIDOR PARSHALL DE VAZÃO – ADIÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	322
FIGURA 3.5.2(26) – FLOCULADORES	323
FIGURA 3.5.2(27) – DECANTADORES	324
FIGURA 3.5.2(28) – FILTROS	325
FIGURA 3.5.2(29) - CAIXA DE REUNIÃO DE ÁGUA TRATADA	326
FIGURA 3.5.2.(30) - LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	327
FIGURA 3.5.2(31) – RESERVATÓRIO DE ÁGUA PARA LAVAGEM DOS FILTROS	328
FIGURA 3.5.2(32) - VISTA AÉREA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA SUL	328
FIGURA 3.5.2(33) - ENTRADA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA SUL	329
FIGURA 3.5.2(34) – CAIXA DE CHEGADA DE ÁGUA	330
FIGURA 3.11.2(35) - MEDIDOR PARSHALL DE VAZÃO	330
FIGURA 3.5.2(37) - FLOCULADORES HIDRÁULICOS	331
FIGURA 3.5.2(38) - DECANTADORES DE MÓDULOS TUBULARES	332
FIGURA 3.5.2(39) – FILTROS	333
FIGURA 3.5.2(40) - TANQUE DE CONTATO	333
FIGURA 3.5.2(41) – DECANTADOR DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS E REUSO DE ÁGUA PARA LAVAGEM DOS FILTROS.	334
FIGURA 3.5.2(42) - ANALISADORES AUTOMÁTICOS	335
FIGURA 3.5.2(43) - RESERVATÓRIO DE ÁGUA TRATADA, POÇO DE SUÇÃO E ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO	336
FIGURA 3.5.2(44) – SISTEMA DE RECALQUE DE LODO DA ETA SUL – (A) IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA DE RECALQUE; (B) E (C) TANQUES DE SEDIMENTAÇÃO DO LODO; (D) CONJUNTOS MOTOBOMBA PARA RECALQUE DO LODO ATÉ A ETE FRANCA	337
FIGURA 3.5.2(45) – SISTEMA INTEGRADO DE ABASTECIMENTO DE FRANCA – ETA NORTE – CANOAS, POUSO ALEGRE E ETA SUL – SAPUCAÍ MIRIM	338
FIGURA 3.5.2(46) - SETORES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM RESERVATÓRIOS CORRESPONDENTES	341
FIGURA 3.5.2(47) – SETORES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SUBDIVISÕES	342
FIGURA 3.5.2(48) – CROQUI ESQUEMÁTICO DO SISTEMA I - ETA.	343
FIGURA 3.5.2(49) – CROQUI ESQUEMÁTICO DO SISTEMA IV – CAPELINHA.	345
FIGURA 3.5.2(50) – CROQUI ESQUEMÁTICO DO SISTEMA VI – ÉDEN.	346
FIGURA 3.5.2(51) – CROQUI ESQUEMÁTICO DO SISTEMA XI – ANA DOROTHÉA.	347
FIGURA 3.5.2(52) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO RECANTO CAMPESTRE	350
FIGURA 3.5.2(53) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO RECANTO DEL BIANCO	350
FIGURA 3.5.2(54) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO CONDOMÍNIO MONTE VERDE	351
FIGURA 3.5.2(55) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO RECANTO ESPERANÇA	351
FIGURA 3.5.2(56) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO PARQUE DO MIRANTE	352

FIGURA 3.5.2(57) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO PARQUE DOS IPÊS	352
FIGURA 3.5.2(58) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO RECANTO PORTAL DE MINAS	353
FIGURA 3.5.2(59) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO RECANTO PRIMAVERA	353
FIGURA 3.5.2(60) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO CHÁCARA CÉRIS	354
FIGURA 3.5.2(61) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO RECANTO CAPIM MIMOSO	354
FIGURA 3.5.2(62) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO RECANTO VERDE VALLE I	355
FIGURA 3.5.2(63) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO RECANTO VERDE VALLE II	355
FIGURA 3.5.2(64) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO CHÁCARAS SANTA MARCELINA	356
FIGURA 3.5.2(65) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO RECANTO PAIOLZINHO	356
FIGURA 3.5.2(66) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO NÃO IDENTIFICADO 1	357
FIGURA 3.5.2(67) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO NÃO IDENTIFICADO 2	357
FIGURA 3.5.2(68) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO NÃO IDENTIFICADO 3	358
FIGURA 3.5.2(69) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO NÃO IDENTIFICADO 4	358
FIGURA 3.5.2(70) – VISTA AÉREA DO LOTEAMENTO JARDIM CANADÁ	359
FIGURA 3.5.3(1) - SETORES DE COLETA DE ESGOTO SANITÁRIO E DESTAQUE	363
FIGURA 3.5.3(3) - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS PAULISTANO I (FONTE: SABESP)	366
FIGURA 3.5.3(4) - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS PAULISTANO II	368
FIGURA 3.5.3(5) - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS CITY PETRÓPOLIS	369
FIGURA 3.5.3(6) - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SÃO FRANCISCO	371
FIGURA 3.5.3(7) - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS PALESTINA	373
FIGURA 3.5.3(8) – LOCALIZAÇÃO DAS LAGOAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS E SEUS CORPOS RECEPTORES	374
FIGURA 3.5.3(8)A – DESTAQUE PARA ETE CITY PETRÓPOLIS	375
FIGURA 3.5.3(8)B – DESTAQUE PARA ETES PAULISTANO 1 E 2, PALESTINA E SÃO FRANCISCO	376
FIGURA 3.5.3(9) – REVERSÃO DO ESGOTO DAS LAGOAS DE FRANCA SITUADAS NA BACIA DO RIO CANOAS	377
FIGURA 3.5.3(10) – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE FRANCA	378
FIGURA 3.5.3(11) – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE FRANCA – TIPO LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL	379
FIGURA 3.5.3(12) – GRADEAMENTO	381
FIGURA 3.5.3(13) – CAIXA DE AREIA AERADA	382
FIGURA 3.5.3(14) – DECANTADORES PRIMÁRIOS	383
FIGURA 3.5.3(15) – TANQUES DE AERAÇÃO E SAÍDA ATRAVÉS DE MEDIDOR DE VAZÃO	384
FIGURA 3.5.3(16) – DESENHO ESQUEMÁTICO DE RECIRCULAÇÃO DO LODO	384
FIGURA 3.5.3(17) – DECANTADOR SECUNDÁRIO	385
FIGURA 3.5.3(18) – ADENSAMENTO DOS LODOS	385
FIGURA 3.5.3(19) – ADENSADOR DE LODO	386

FIGURA 3.5.3(20) – DIGESTOR DE LODO	387
FIGURA 3.5.3(21) – FILTRO PRENSA E SECAGEM DO LODO EM PÁTIO APÓS PASSAGEM PELO FILTRO	388
FIGURA 3.5.3(22) – DIGESTÃO DO LODO E PRODUÇÃO DE BIOGÁS	388
FIGURA 3.5.3(23) – PRODUÇÃO DE BIOGÁS – (A) PLACA DO SISTEMA DE BENEFICIAMENTO DE BIOGÁS; (B) CARROS SENDO ABASTECIDOS COM O BIOGÁS PRODUZIDO NA ETE FRANCA; (C) RESERVATÓRIO DE BIOGÁS	389
FIGURA 3.5.3(24) - PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO EM TANQUES DE AREIA E ANTRACITO E TANQUES DE CLORO	390
FIGURA 3.5.3(25) – SAÍDA DA ETE EM DIREÇÃO AO RIBEIRÃO DOS BAGRES	390
FIGURA 3.5.3(26) - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS LUÍZA	391
FIGURA 3.5.3(27) - GRADE GROSSA E CALHA PARSHALL	392
FIGURA 3.5.3(28) - CAIXA DE AREIA AUTOMATIZADA (ROSCA SEM FIM)	392
FIGURA 3.5.3(29) - TANQUE DE AERAÇÃO	393
FIGURA 3.5.3(30) - TRATAMENTO SECUNDÁRIO – DECANTADORES	394
FIGURA 3.5.3(31) - CAIXA DE DESINFECÇÃO	394
FIGURA 3.5.3(32) - CENTRÍFUGAS PARA DESAGUAMENTO DO LODO	395
FIGURA 3.5.3(33) - LANÇAMENTO DO EFLUENTE TRATADO NO CÓRREGO DOS MACACOS	395
FIGURA 3.5.4(1) - COLETA DE RESÍDUOS DOMICILIARES NA BACIA DO RIO CANOAS	399
FIGURA 3.5.4(2) - COLETA SELETIVA NA BACIA DO RIO CANOAS	400
FIGURA 3.5.4(3) - VARRIÇÃO NA BACIA DO RIO CANOAS	402
FIGURA 3.5.4(4) – CAÇAMBAS DISPOSTAS NA ÁREA DA BACIA DO RIO CANOAS	403
FIGURA 3.5.4(5) – LOCAIS FOTOGRAFADOS PELA EQUIPE COM CAÇAMBAS E COM RESÍDUOS SÓLIDOS DIFUSOS PELA BACIA DO RIO CANOAS	404
FIGURA 3.5.4(6) - CAÇAMBAS LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO CANOAS	405
FIGURA 3.5.4(7) - RESÍDUOS SÓLIDOS DIFUSOS PELA BACIA	407
FIGURA 3.5.4(8) - RESÍDUOS SÓLIDOS DIFUSOS PELA BACIA	407
FIGURA 3.5.4(9) - ATERROS NA ÁREA DA BACIA DO RIO CANOAS E ATERRO MUNICIPAL PARA ONDE SÃO LEVADOS OS RSU DA BACIA	408
FIGURA 3.5.4(10) – ATERRO DE INERTES DA CODRATE	409
FIGURA 3.5.4(11) – EVOLUÇÃO DO ATERRO DA CODRATE AO LONGO DOS ANOS	410
FIGURA 3.5.4(12) - ATERRO DA CODRATE – (A) ATERRO EM FUNCIONAMENTO; (B) MÁQUINAS TRABALHANDO; (C) VISTA DA PARTE INFERIOR DO ATERRO; (D) VISTA LATERAL DO ATERRO; (E) VISTA DA PARTE INFERIOR DO ATERRO; (F) CARACTERÍSTICA GERAL DO RESÍDUO; (G) ATERRO EM FUNCIONAMENTO VISTO AO LARGO; (H) ATERRO VISTO DE LONGE; (I) ÁREA DO PASSIVO AMBIENTAL	411
FIGURA 3.5.4(13) – PONTOS DE AMOSTRAGEM DA AVALIAÇÃO DA CONTROLE ANALÍTICO ANÁLISES TÉCNICAS LTDA NO ATERRO DA CODRATE	413
FIGURA 3.5.4(14) – ATERRO DA FAZENDA	414

FIGURA 3.5.4(15) - ATERRO DA FAZENDA MUNICIPAL POUSO ALTO – (A) ACESSO AO ATERRO; (B) CAMINHÃO QUE RETIRA O CHORUME; (C) PRIMEIRA LAGOA DE CHORUME; (D) PONTOS DE INSPEÇÃO PARA COLETA DE AMOSTRA; (E) PROCESSO EROSIVO EM TALUDE DO ATERRO; (F) SEGUNDA LAGOA DE CHORUME COM MANGUEIRA PARA RETIRADA; (G) VISTA LATERAL DO ATERRO; (H) PROCESSO EROSIVO E FALTA DE COBERTURA EVIDENCIANDO AS CAMADAS DO ATERRO; (I) VISTA PANORÂMICA DA PARTE SUPERIOR DO ATERRO.	420
FIGURA 3.5.4(16) – ATERRO DE GALHOS	421
FIGURA 3.5.4(17) - ATERRO DE PODAS – (A) CONTROLE DE ENTRADA; (B) VISTA DO ATERRO DE PODAS; (C) VISTA DO ATERRO DE PODAS; (D) CAMINHÃO FAZENDO ESPALHAMENTO DO RESÍDUO; (E) VISTA DO ATERRO DA FAZENDA AO LONGE; (F) REGIÃO DA FAZENDA	422
FIGURA 3.5.4(18) – ATERRO DE INERTES DESATIVADO	423
FIGURA 3.5.4(19) - ATERRO DE INERTES – (A) VISTA DO ATERRO; (B) VISTA DO ATERRO; (C) DRENAGEM LATERAL SEM FINALIZAÇÃO; (D) EROSÃO AO FINAL DA DRENAGEM FORMANDO GRANDE CRATERA.	424
FIGURA 3.5.4(20) – ATERRO SANITÁRIO DE FRANCA.....	425
FIGURA 3.5.4(21) – ATERRO SANITÁRIO DE FRANCA – (A) PLACA DE ENTRADA; (B) BALANÇA; (C) CONTAINERS E DEPÓSITO PARA PNEUS; (D) VISTA DO ATERRO; (E) CAMADAS E CÉLULAS; (F) LAGOA DE CHORUME E CAMINHÃO DE COLETA; (G) LAGOA DE CHORUME COM DOIS COMPARTIMENTOS; (H) PARTE JÁ GRAMADA DO ATERRO E POÇO DE COLETA.	426
FIGURA 3.5.4(22) – UNIDADE DE TRIAGEM DE RESÍDUOS – COOPERFRAN – (A) RECEPÇÃO; (B) PÁTIO DE CHEGADA DE RESÍDUOS; (C) TRIAGEM E BAGS DE SEPARAÇÃO DOS RESÍDUOS; (D) VIDROS; (E) PÁTIOS COM PLÁSTICOS E PAPEIS JÁ ENFARDADOS; (F) METAIS	429
FIGURA 3.5.5(1) – BACIAS ESTUDADAS SOB O ENFOQUE DA MACRODRENAGEM NA BACIA DO RIO CANOAS	431
FIGURA 3.5.5(2) - DIAGRAMA UNIFILAR DA ÁREA DE ESTUDO DO CÓRREGO DO LAGEADO	434
FIGURA 3.5.5(3) – PONTE DO PAIOLZINHO SOBRE O RIBEIRÃO DO ONÇA COM OBSTRUÇÃO AO ESCOAMENTO DO RIO E QUE PROVOCA INUNDAÇÕES	435
FIGURA 3.5.5(4) - PROBLEMAS DE DRENAGEM NA ESTRADA DO BANANALZINHO	439
FIGURA 3.5.5(5) – PROBLEMAS DE DRENAGEM AO LONGO DA BACIA DO RIO CANOAS	440
FIGURA 3.5.5(6) – PROBLEMAS DE DRENAGEM EM ESTRADAS E ARRUAMENTOS DE LOTEAMENTOS - (A) REGIÃO DA NASCENTE DO RIO CANOAS; (B), (C) E (D) REGIÃO DA BACIA DO CÓRREGO DOS CORREIAS; (E) E (F) REGIÃO DO RIBEIRÃO DO ONÇA.....	443
FIGURA 3.5.5(7) – EVOLUÇÃO DE EROSÃO AO LADO DO ATERRO DE INERTES DESATIVADO DA AV. PRESIDENTE VARGAS COM DESTRUIÇÃO DA DRENAGEM NA REGIÃO	444
FIGURA 3.5.5(9): MAPA DE EROSÕES E VOÇOROCAS DE FRANCA.....	447
FIGURA 3.5.5(10): VOÇOROCAS LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO CANOAS	448
FIGURA 3.5.5(11): LOCALIZAÇÃO DA VOÇOROCA DO JARDIM DO ÉDEN	448
FIGURA 3.5.5(12): LOCALIZAÇÃO DA VOÇOROCA DA AVENIDA COELHO NETO	449
FIGURA 3.5.5(13): LOCALIZAÇÃO DA VOÇOROCA DA ESCOLA AGRÍCOLA	450
FIGURA 3.5.5(14): LOCALIZAÇÃO DA VOÇOROCA DO ATERRO SANITÁRIO DA FAZENDA	451
FIGURA 3.5.5(15): LOCALIZAÇÃO DA VOÇOROCA DA UNESP	452
FIGURA 3.5.5(16): LOCALIZAÇÃO DA VOÇOROCA CAMPO BELO	453
FIGURA 3.5.5(17): LOCALIZAÇÃO DA VOÇOROCA PARQUE DOM PEDRO.....	454

FIGURA 3.5.5(18): LOCALIZAÇÃO DA VOÇOROCA DA RUA GERALDO MALTA	455
FIGURA 3.5.5(19): LOCALIZAÇÃO DA VOÇOROCA DO JARDIM IPANEMA.....	456
FIGURA 3.6.1(1): ZONEAMENTO E A BACIA DO RIO CANOAS.....	465
FIGURA 3.6.1(2) - ALTERAÇÕES NA DESCRIÇÃO PERIMÉTRICA DA ÁREA DE EXPANSÃO URBANA.....	466
FIGURA 3.6.1(3): ÁREAS DE ESPECIAL INTERESSE URBANÍSTICO. FONTE: PLANO DIRETOR.....	467
FIGURA 3.6.4(1): LOTEAMENTOS HABITACIONAIS NA BACIA DO RIO CANOAS.	486
FIGURA 3.6.4(2): ANTES E DEPOIS DA IMPLANTAÇÃO DO LOTEAMENTO RECANTO DAS GARÇAS.....	487
FIGURA 3.6.4(3): ANTES E DEPOIS DA IMPLANTAÇÃO DO LOTEAMENTO CHÁCARA DONA ANTÔNIA.	488
FIGURA 3.7(1) – LOTEAMENTOS APROVADOS POR DÉCADAS	491
FIGURA 3.7(2) – EVOLUÇÃO DA ÁREA LOTEADA DE FRANCA 1950 - 2004.....	492
FIGURA 3.7(3) – GRÁFICO DA CURVA DE URBANIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE FRANCA.....	493
FIGURA 3.7(4) – EVOLUÇÃO DA MANCHA URBANA DE FRANCA NO PERÍODO DE 1985 A 2020	494
FIGURA 3.7(5) – COMPARAÇÃO DA MANCHA URBANA NA DÉCADA DE 70 E 2020	495
FIGURA 3.7(6) – SISTEMA VIÁRIO	496
FIGURA 3.7(7) – VETORES DE EXPANSÃO URBANA	497
FIGURA 3.7(8) – GRÁFICO DO PERCENTUAL DE ÁREA URBANIZADA NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA CAPTAÇÃO DA SABESP NO RIO CANOAS.....	498
FIGURA 3.7(9) – GRÁFICO DO PERCENTUAL DE ÁREA URBANIZADA NA ÁREA DE EXPANSÃO URBANA PREVISTA NO PLANO DIRETOR MUNICIPAL (2003)	499
FIGURA 3.7(10) – GRÁFICO DO PERCENTUAL DE ÁREA URBANIZADA NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA CAPTAÇÃO DA SABESP NO RIO POUSO ALEGRE	500
FIGURA 3.7(11) – GRÁFICO COMPARATIVO DO CRESCIMENTO DO PERCENTUAL DE ÁREA URBANIZADA.....	500
FIGURA 3.7(12) – COMPARATIVO DO CRESCIMENTO DA URBANIZAÇÃO NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DA CAPTAÇÃO DA SABESP NO RIO CANOAS E NA ÁREA DE EXPANSÃO URBANA PREVISTA NO PLANO DIRETOR E TAXA MÉDIA DE URBANIZAÇÃO ENTRE AS ÁREAS	501
FIGURA 3.8(1) – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA REGIÃO EM ESTUDO, COM DESTAQUES PARA ALGUMAS ÁREAS DA BACIA.	503
FIGURA 3.8(2) – GRÁFICO COM O RESUMO DAS ÁREAS DE CADA SUBCLASSE DE USO DA TERRA.....	504
FIGURA 3.8(3) – MAPA DE USO E OCUPAÇÃO COLEÇÃO 7 MAPBIOMAS 2021	505
FIGURA 3.9(1) – EFEITOS DA COBERTURA VEGETAL EM MARGENS DE RIOS	506
FIGURA 3.9(2) – REPRESENTAÇÃO CONCEITUAL DO SDR.....	508
FIGURA 3.9(3) - MAPA DE EROSIVIDADE DA CHUVA ANUAL (MJ MM/(H HA ANO)).....	509
FIGURA 3.9(4) – POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS (T/PIXEL)	512
FIGURA 3.9(5) – PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS (T/PIXEL).....	512
FIGURA 3.9(6) –SEDIMENTOS EXPORTADOS (T/PIXEL)	513
FIGURA 3.9(7) –SEDIMENTOS DEPOSITADOS (T/PIXEL).....	514

FIGURA 3.9(8) –EROSÃO EVITADA (T/PIXEL).....	515
FIGURA 3.9(9) –EXPORTAÇÃO EVITADA (T/PIXEL)	516
FIGURA 3.9(10) – TAXA DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS (T / HA ANO).....	517
FIGURA 3.9(11) – FOTOGRAFIA DE PROCESSO EROSIVO IDENTIFICADO NA REGIÃO DE CABECEIRA DO RIO CANOAS ...	518
FIGURA 3.10(1) – OBSERVAÇÃO IN SITU (03 E 24 DE MARÇO DE 2023) DAS CUESTAS BASÁLTICAS E A FORMAÇÃO DE ESCARPAS (DECLIVIDADES > 45º).	520
FIGURA 3.10(2) – ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE ENCOSTA (EM VERMELHO), NO ENTORNO DE NASCENTES, CURSOS D'ÁGUA E REPRESAS (EM PRETO). AS LINHAS PONTILHADAS MOSTRAM AS APPS OBTIDAS NO LEVANTAMENTO DO CBH-SMG (2018).	521
FIGURA 4.1(1): MACROZONA DE PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI	527
FIGURA 5.1(1) – SUB-BACIAS DOS AFLUENTES DA MARGEM ESQUERDA DO RIO CANOAS NA AIE CANOAS.	541
FIGURA 5.1(2) - LOCAIS COM REGISTROS FOTOGRÁFICOS REALIZADOS PELA EQUIPE, DURANTE OS PERCURSOS DAS VISTORIAS.	543
FIGURA 5.1(3) - SELEÇÃO DE REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE SITUAÇÕES ENCONTRADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS SOBRE DRENAGEM, ESCOAMENTO SUPERFICIAL E EROSÃO.	544
FIGURA 5.1(4) – PERFIL TOPOGRÁFICO SOBRE O MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE (DSM) PARA A REGIÃO DO MARCO PRIMEIRO, EXTREMO LESTE DA BACIA.	545
FIGURA 5.1(5) – ORTOMOSAICOS PRODUZIDOS POR DRONE EM DUAS ÁREAS DA BACIA, DESTACANDO ÁREAS COM EROSÃO E DESMONTE HIDRÁULICO.	546
FIGURA 5.1(6) - ESPACIALIZAÇÃO DOS LOCAIS COM REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE OCORRÊNCIAS RELACIONADAS COM DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL E PROCESSOS EROSIVOS, REALIZADOS NOS PERCURSOS DAS VISTORIAS.	547
FIGURA 5.1(7) - SELEÇÃO DE REGISTROS FOTOGRÁFICOS SOBRE AS SITUAÇÕES DOS CORPOS HÍDRICOS QUE FORMAM A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS ENCONTRADAS EM VISTORIA.	548
FIGURA 5.1(8) - ESPACIALIZAÇÃO DOS LOCAIS COM REGISTROS FOTOGRÁFICOS SOBRE A SITUAÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS, REALIZADOS NOS PERCURSOS DAS VISTORIAS.	549
FIGURA 5.1(9) - ESPACIALIZAÇÃO DOS PONTOS ONDE FOI ANALISADA A QUALIDADE DA ÁGUA DOS CORPOS HÍDRICOS DA ÁREA EM ANÁLISE.	550
FIGURA 5.1(10) - SELEÇÃO DE REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE OCORRÊNCIAS RELEVANTES SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS, ENCONTRADAS DURANTE AS VISTORIAS.	552
FIGURA 5.1(11) - ESPACIALIZAÇÃO DOS LOCAIS COM REGISTROS FOTOGRÁFICOS SOBRE O MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, REALIZADOS NOS PERCURSOS DAS VISTORIAS.	553
FIGURA 5.1(12) - SELEÇÃO DE REGISTROS FOTOGRÁFICOS QUE REPRESENTAM A BAIXA DENSIDADE DE VEGETAÇÃO EXISTENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA, INCLUSIVE EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE, QUE FORAM NOTADOS DURANTE AS VISTORIAS.	554
FIGURA 5.1(13) - SELEÇÃO DE REGISTROS FOTOGRÁFICOS QUE REPRESENTAM DIFERENTES USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA EM ANÁLISE.	555
FIGURA 5.1(14) - ESPACIALIZAÇÃO DOS LOCAIS COM REGISTROS FOTOGRÁFICOS SOBRE OS DIFERENTES USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO EXISTENTES NA ÁREA EM ANÁLISE, REALIZADOS DURANTE DAS VISTORIAS.	556

FIGURA 5.1(15) - SELEÇÃO DE REGISTROS FOTOGRÁFICOS REALIZADOS SOBRE O ESGOTAMENTO SANITÁRIO EXISTENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS, OBTIDOS NOS PERCURSOS DAS VISTORIAS.....	557
FIGURA 5.1(16) - ESPACIALIZAÇÃO DOS LOCAIS COM REGISTROS FOTOGRÁFICOS SOBRE A SITUAÇÃO E INFRAESTRUTURAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO, REALIZADOS DURANTE DAS VISTORIAS.....	558
FIGURA 5.1(17) - SELEÇÃO DE REGISTROS FOTOGRÁFICOS REALIZADOS SOBRE OS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL EXISTENTE EM FRANCA, OBTIDOS NOS PERCURSOS DAS VISTORIAS.	559
FIGURA 5.1(18) - REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE VAZAMENTO DE ÁGUA NA EEAB-2, OBTIDOS DURANTE UMA VISTORIA.	559
FIGURA 5.1(19) - ESPACIALIZAÇÃO DOS LOCAIS COM REGISTROS FOTOGRÁFICOS SOBRE A SITUAÇÃO E INFRAESTRUTURAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL, REALIZADOS DURANTE DAS VISTORIAS.	560

DIAGNÓSTICO DA BACIA DO RIO CANOAS NO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP)

1. Introdução:

O presente relatório técnico refere-se a fase do diagnóstico da bacia hidrográfica do rio Canoas no município de Franca. Este é o segundo relatório de um total de quatro, previstos como produtos do projeto de extensão firmado entre o município de Franca e a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), por meio da Fundação de Apoio Institucional ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FAI - UFSCar), denominado “Programa de Gestão Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas no Município de Franca (SP)”.

Com base nos dados e informações levantados e apresentados, disponibilizado no primeiro relatório, foi realizada uma análise das características físicas e sociais da bacia. Também, foi identificada a atual situação de ocupação e impactos na bacia, além da sua caracterização ambiental de forma ampla, de modo a entender as interações e a dinâmica ambiental no conjunto de toda a área contemplada neste estudo.

Procurou-se avaliar as diferentes variáveis utilizadas para a caracterização ambiental, tanto do ponto de vista da quantidade, como da qualidade, no sentido de descrever os recursos naturais presentes e a avaliação dos meios físico, biótico e socioeconômico.

2. Contextualização

No cenário nacional, Franca é uma cidade modelo no âmbito do saneamento básico. Foi longa trajetória iniciada na década de 30 do século passado, e contou com gestores visionários que vislumbraram a necessidade de dotar o município com uma infraestrutura capaz de promover o abastecimento de água da população, bem como o tratamento dos esgotos.

A universalização dos serviços de saneamento básico em Franca começou em 1998. Atualmente, com mais de 350 mil habitantes, a cidade foi uma das primeiras, desse porte, a atingir a excelência de atendimento em saneamento básico, figurando como primeira colocada no ranking nacional de saneamento básico divulgado pelo Instituto Trata Brasil por alguns anos (ITB, 2023).

Sua localização geográfica, em altitudes que superaram 1000 metros em relação ao nível do mar, aliado a um regime pluviométrico desfavorável, sempre foram um desafio ao abastecimento. O crescimento populacional e econômico colocou os sistemas de abastecimento existentes no limite de sua capacidade, levando a cidade a enfrentar situações de crises hídricas nos últimos anos.

Em 2014 e 2021, a cidade de Franca enfrentou duas crises hídricas, com consequências diretas no abastecimento público que impactaram tanto o acesso da água à população e a economia da cidade. Diversas notícias relatando esse cenário, foram divulgadas pelas mídias (Figuras 2(1) e 2(2)).



Figura 2(1) - Notícia mencionando problemas da crise hídrica no abastecimento de Franca

(Portal GCN, 2014).



Figura 2(2) - Notícia relatando problemas da crise hídrica no abastecimento de Franca

(Portal G1, 2021).

Os problemas decorrentes destas crises no abastecimento de Franca impactaram a prestigiada posição que Franca ostentava no cenário nacional na questão de saneamento

básico fazendo com que perdesse posições no ranking nacional de saneamento o que serviu como alerta e evidenciou a necessidade de intervenções do poder público para evitar novas situações de crises (Figura 2(3)).



Figura 2(3) – Notícia relatando a queda da cidade de Franca no ranking de saneamento do Instituto Trata Brasil

(Portal GCN, 2022).

Esse recente cenário agilizou a concretização de um antigo projeto de um novo sistema produtor para o abastecimento público de Franca. O Sistema Sapucaí-Mirim foi a alternativa selecionada para o novo sistema produtor de Franca no Plano de Saneamento Municipal de Água e Esgoto de 2007 (Figura 2(4)), mas foi inaugurado apenas em 2022 (Figura 2(5)).

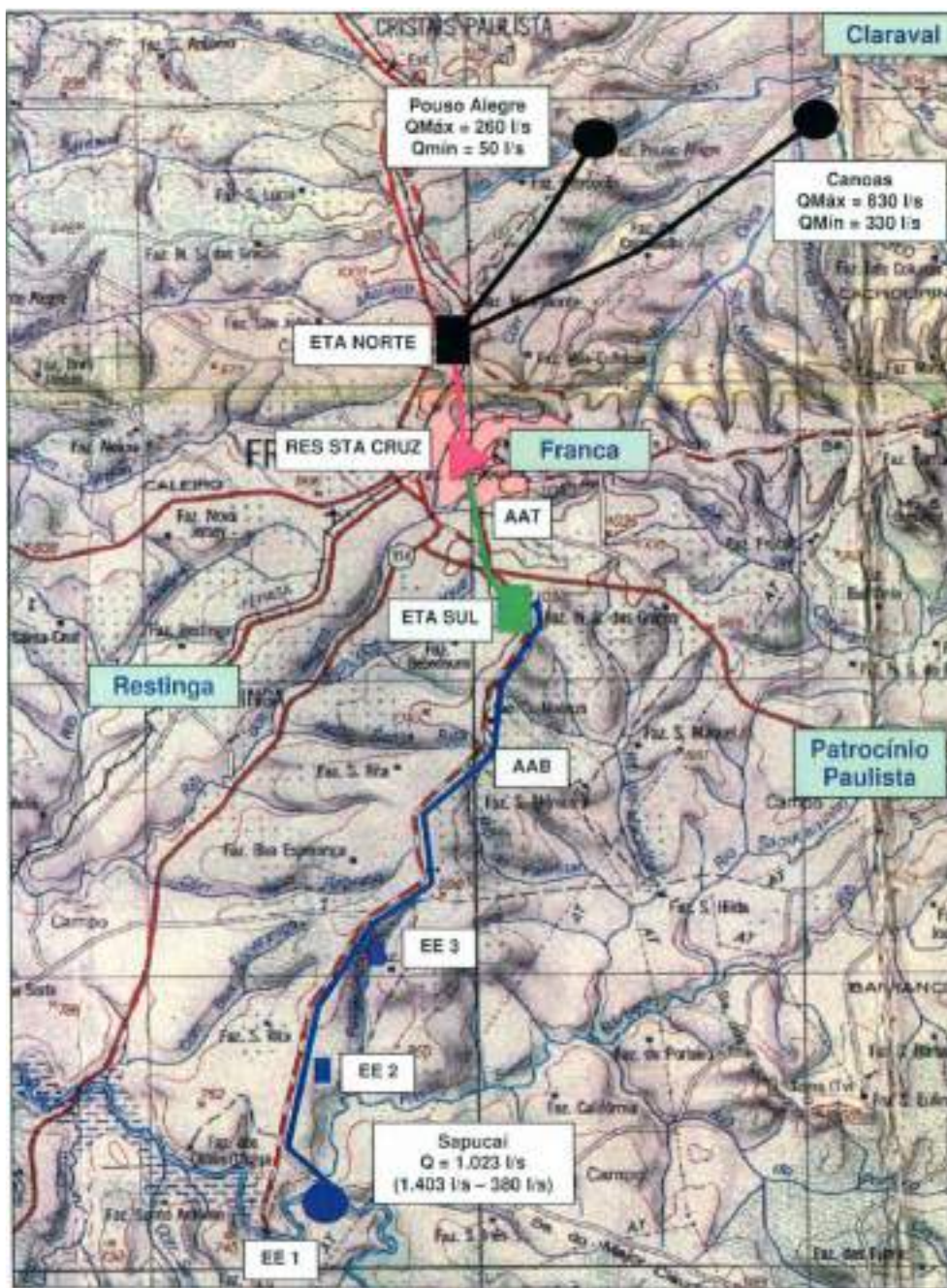


Figura 2(4) – Esquema básico do sistema Sapucai Mirim

(SABESP, 2007)



Figura 2(5) - Notícia sobre a inauguração do sistema Sapucaí Mirim

(Portal G1, 2022).

Em relação à segurança hídrica, o município de Franca e seus gestores demonstram uma preocupação com a questão de proteção dos mananciais de abastecimento de longa data. Em 1992 foi instituída na legislação municipal uma lei que considerou de interesse especial, as áreas das bacias de drenagem do Rio Canoas e Córrego Pouso Alto, para efeito de proteção dos mananciais hídricos. Em 1996, quando instituiu um dos primeiros códigos de meio ambiente municipal no Brasil, criou-se a Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Canoas, com os limites definidos pela Área de Interesse Especial da Bacia do Rio Canoas, muito embora a regulamentação desta APA nunca tenha sido implementada.

Estas leis nortearam o plano diretor municipal instituído em 2003 e, as modificações subsequentes, em respeito às áreas de expansão urbana do município, restringindo a ocupação das áreas de manancial, direcionando o crescimento de Franca para o oeste.

Nos anos recentes, a pressão e a demanda por áreas mais próximas da zona central colocaram na pauta a discussão sobre a possibilidade de ocupação sustentável de áreas na Bacia do Rio Canoas como alternativa para a expansão urbana (Figura 2(6)).



Figura 2(6) - Notícia sobre debates para a ocupação de áreas da Bacia do Rio Canoas

(Portal Jornal da Franca, 2021)

Neste contexto, este diagnóstico tem por objetivo balizar o zoneamento ambiental e as diretrizes gerais e específicas para a gestão e intervenções na área da Bacia do Rio Canoas no município de Franca, bem como, a indicação de propostas de programas e ações para as áreas de proteção e recuperação dos mananciais.

3. Caracterização da área de estudo

O município de Franca, do ponto de vista político administrativo, faz parte da Aglomeração Urbana de Franca (AUF), que foi institucionalizada em 2018 pela Lei Complementar Estadual nº 1323, em cumprimento ao estabelecido pelo Estatuto da Metrópole (Lei Federal 13089/15) e cujo Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI) foi concluído em 2022. Na Figura 3(1) apresenta-se a AUF e seus municípios.



Figura 3(1) - Aglomeração Urbana de Franca

(adaptado de PDUI AUF, 2022)

Para fins da gestão de recursos hídricos, no estado de São Paulo, Franca está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 08 (UGRHI 08) segundo a Lei Estadual nº 16337/16. Na figura 3(2) apresenta-se a UGRHI 08 e seus municípios.

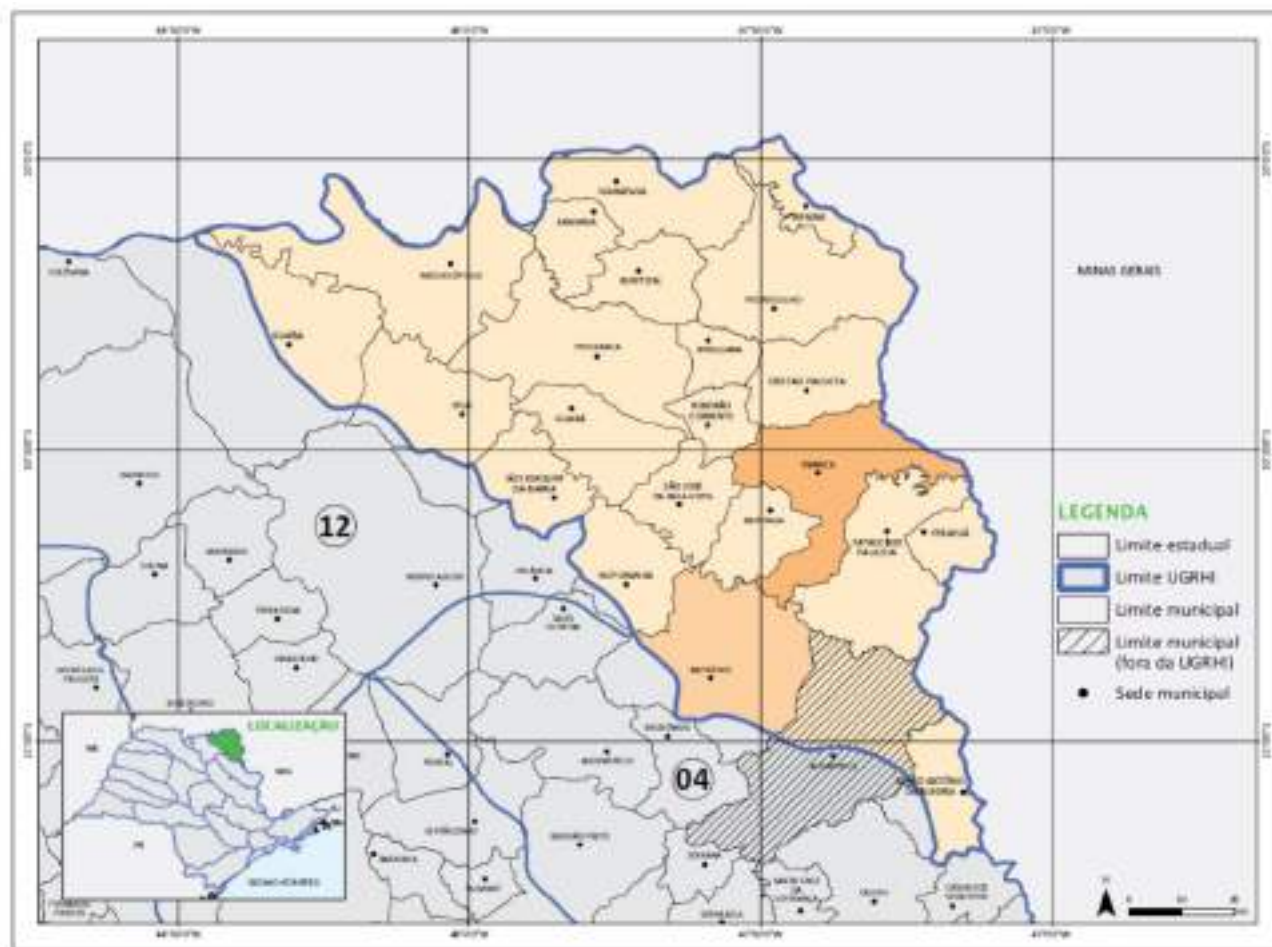


Figura 3(2) - Municípios da UGRHI 08

(adaptado de CBH-SMG)

A área de estudo, que diz respeito a Área de Interesse Especial para efeitos de proteção de mananciais hídricos na Bacia do Rio Canoas em Franca (AIE Canoas), foi instituída pela Lei Municipal nº 4240/92 sem a especificação de delimitação de sua área de abrangência. Esta lei foi alterada pela Lei Municipal nº 4420/94 que incluiu o memorial descritivo definidor do seu limite que posteriormente foi atualizado pela Lei Municipal Complementar nº 100/06. A AIE Canoas está situada na porção nordeste do município de Franca, englobando a parte alta da bacia hidrográfica à esquerda da margem do Rio Canoas.

A AIE Canoas faz parte da bacia hidrográfica do Rio Canoas, que nesse trecho serve como divisa territorial entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, tendo assim uma dominialidade federal sob a ótica da gestão de recursos hídricos. Faz divisa com os municípios mineiros de Claraval e Ibiraci e com o município paulista de Cristais Paulista. Na

figura 3(3) apresenta-se a localização da área de estudo em relação ao município de Franca e à bacia hidrográfica do Rio Canoas.



Figura 3(3) - Localização da área de estudo

O Rio Canoas tem a sua foz no remanso do reservatório da UHE Estreito no Rio Grande e sua bacia hidrográfica ocupa uma área da ordem de 660 Km². A AIE Canoas inserida nessa bacia ocupa uma área de aproximadamente 183 Km², correspondendo a quase 28% dessa bacia hidrográfica.

O limite da AIE Canoas definido em 1994 correspondia ao norte e leste com os cursos d'água do Rio Canoas e do Ribeirão Pouso Alegre e na parte seca com o limite do próprio município de Franca, a oeste e ao sul o limite estava definido pelo divisor de águas da bacia hidrográfica baseado nas cotas das cartas do IGC SP na escala de 1:10.000. A alteração proposta em 2006 modificou os limites na porção oeste da área, e de acordo com o memorial descritivo, excluiu grande parte das áreas de ocupação urbana já consolidadas, entretanto em partes do traçado não está claro o critério estabelecido para a modificação. Na figura

3(4) apresenta-se a evolução do limite da AIE Canoas, com o detalhe da área urbana consolidada.



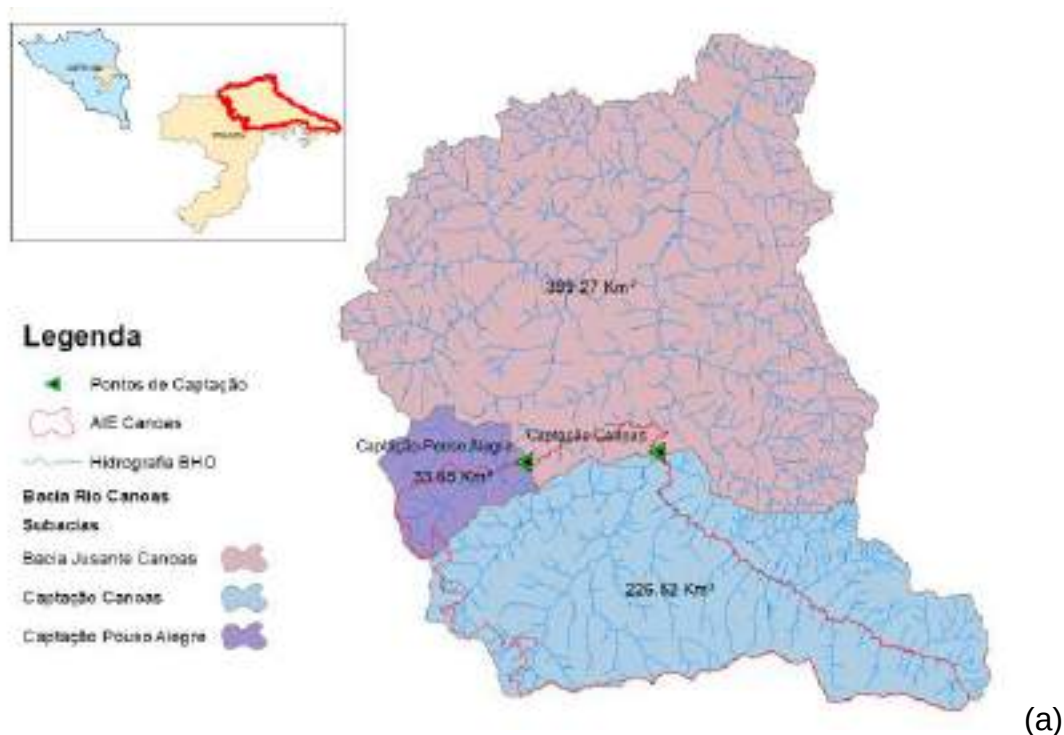
Figura 3(4) - Evolução do limite da AIE Canoas

Este recorte excluiu algumas áreas de nascentes com vegetação como pode ser visto na figura 3(5).



Figura 3(5) - Áreas de nascentes excluídas da AIE Canoas pelo limite proposto na Lei Complementar nº 100/06

Do ponto de vista dos mananciais hídricos na Bacia do Rio Canoas em Franca (SP), existem duas captações de água da SABESP, uma no próprio Rio Canoas e outra no Ribeirão Pouso Alegre. A captação de água no Ribeirão Pouso Alegre possui uma área de contribuição de 33,65 Km², sendo que 15,99 Km² estão dentro da AIE Canoas, 16,41 Km² estão no município de Cristais Paulista (SP) e 1,25 Km² foram excluídos da AIE Canoas com o limite estabelecido em 2006. A captação de água no Rio Canoas possui uma área de contribuição de 226,52 Km², sendo que 158,44 Km² estão dentro da AIE Canoas, 60,23 Km² estão nos municípios de Claraval (MG) e Ibiraci (MG) e 7,85 Km² foram excluídos da AIE Canoas com o limite estabelecido em 2006. Outros 8,38 Km² estão na AEI Canoas e correspondem a áreas à jusante dos pontos de captação. Essas configurações podem ser visualizadas na figura 3(6) (a) e (b) e o mapa correspondente no anexo 3(1).



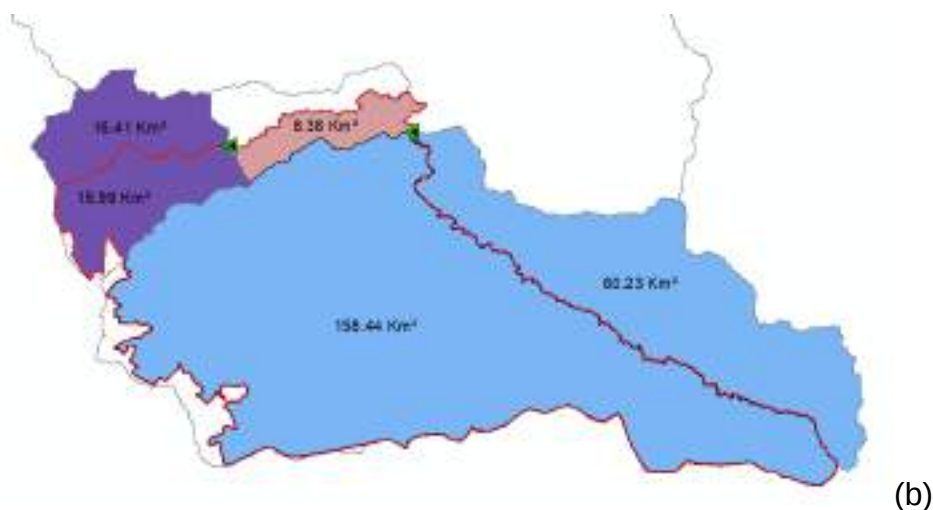


Figura 3(6) (a) Áreas de contribuição dos pontos de captação (b) Detalhe na AIE Canoas

3.1. Caracterização física da bacia

3.1.1. Carta Imagem

Para auxiliar a caracterização física da área de estudo, as imagens de sensoriamento remoto, e seus produtos derivados, são um importante meio de aquisição de informações em larga escala, com baixo custo e que permitem vários tipos de análises.

Atualmente existe uma grande disponibilidade de cenas de diferentes sensores, com opções distintas de resoluções, tanto espacial quanto espectral e até mesmo temporal e radiométrica. Algumas opções são, inclusive, livres de custo de aquisição e mesmo assim oferecem um farto catálogo de imagens.

Neste trabalho optou-se por confeccionar uma carta imagem para servir de ferramenta de auxílio para o mapeamento e caracterização de diferentes parâmetros da bacia hidrográfica.

Foi utilizada a imagem do Satélite CBERS 4A Sensor WPM com resolução multiespectral de 8 metros e pancromática de 2 metros do dia 06 de junho de 2022 obtida do catálogo de imagens do INPE. Na tabela 3.1.1(1) apresentam-se algumas características da câmera do sensor WPS do satélite CBERS 4A.

Tabela 3.1.1(1): Características da câmera do sensor WPM CBERS 04A

Características da câmera WPS	
Bandas Espectrais	0,45-0,52 μ m (B) 0,52-0,59 μ m (G) 0,63-0,69 μ m (R) 0,77-0,89 μ m (NIR) 0,45-0,90 μ m (PAN)
Resolução	2 m (PAN) 8 m (Multiespectral)
Largura da Faixa Imageada	92 km
Quantização	10 bits

Empregou-se a técnica de fusão de bandas que consiste em integrar a melhor resolução espacial da banda pancromática com a resolução espectral das demais bandas multiespectrais produzindo uma imagem colorida com a resolução da banda pancromática.

Na figura 3.1.1(1)(a) visualiza-se um recorte de uma imagem em composição colorida com as bandas multiespectrais e com resolução espacial de 8 metros. A seguir na figura 3.1.1(1)(b) visualiza-se o recorte da mesma área de uma imagem apenas da banda pancromática com a resolução espacial de 2 metros em níveis de cinza. Por fim, na figura 3.1.1(1)(c) visualiza-se o recorte da imagem para o resultado da fusão de bandas, colorida e com resolução espacial de 2 metros.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.1.1(1) – Recorte de resultado da fusão de bandas, (a) composição colorida multiespectral 8 metros (b) banda pancromática 2 metros (c) composição colorida fusionada 2 metros

Na figura 3.1.1(2) apresenta-se a área da AIE Canoas sobreposta a imagem fusionada e no anexo 3.1.1(1) apresentam-se as cartas imagens da AIE Canoas articuladas na escala 1:10.000 conforme o mapa índice apresentado na figura 3.1.1(3).



Figura 3.1.1(2) – Área da AIE Canoas sobreposta a imagem CBERS 4A

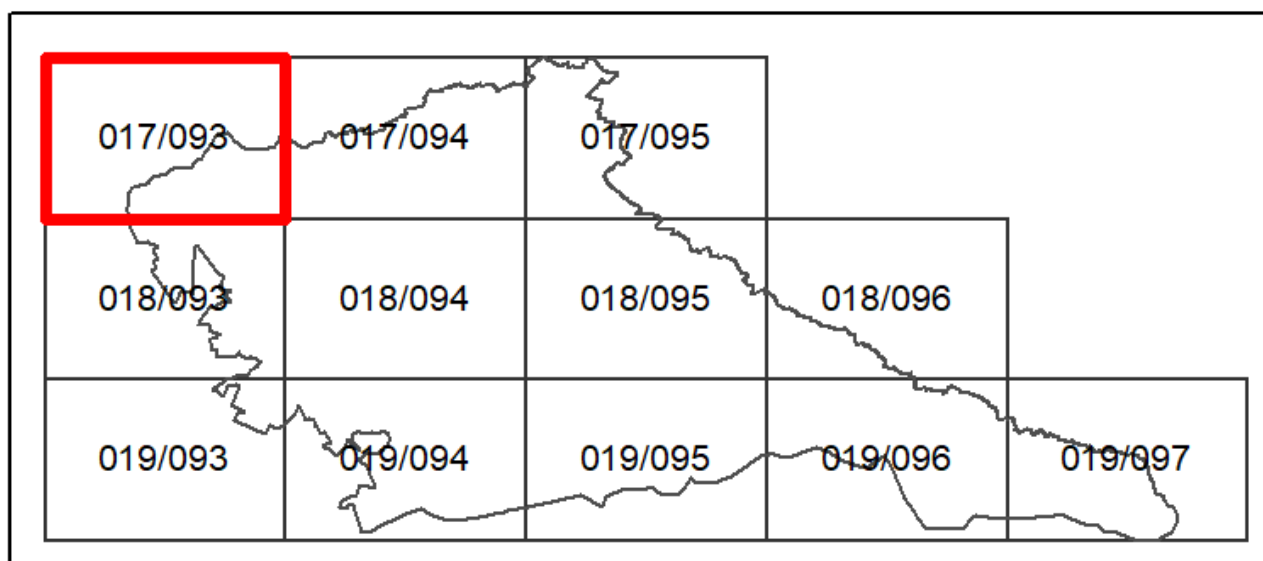


Figura 3.1.1(3) – Mapa índice da articulação de cartas 1:10.000

3.1.2. Clima

A bacia do Rio Canoas, na sua porção que integra o município de Franca – SP, conforme a classificação de Köppen, encontra-se marcada pelo clima Cwb, ou seja, clima subtropical de terras altas com invernos secos (Alvarez et al., 2013). A figura 3.1.2(1) mostra a evolução das normais climáticas, baseadas em dados coletados na estação do INMET, para os parâmetros climáticos considerados mais relevantes. Observa-se uma tendência de aumento da temperatura do ar ao longo das últimas décadas, o que concorda com o comportamento encontrado para boa parte das estações convencionais do país (A precipitação se manteve estável ao longo das normais, com uma leve tendência de aumento para os meses de verão. A evaporação diminuiu, possivelmente devido as mudanças no uso do solo.

Buscando compreender de forma mais detalhada o comportamento da precipitação para a região, foram ainda feitas análises sobre alguns índices que auxiliam a compreender o comportamento climático da região, incluindo os dias consecutivos secos e os dias consecutivos úmidos (Figura 3.1.2(2)), que são discutidos em conjunto com a evolução dos acumulados e das precipitações máximas (Figura 3.1.2(3)), utilizando a estação convencional do INMET (83630). Os resultados para este caso não demonstram tendências, com exceção das precipitações máximas, que parecem demonstrar um aumento na

frequência de eventos mais intensos nos últimos anos. Destaca-se que essa tendência nos máximos diários não se verifica para as estimativas por satélite, apresentadas na Figura 3.1.2(4), que apresentam uma tendência de queda no número de eventos extremos em anos recentes.

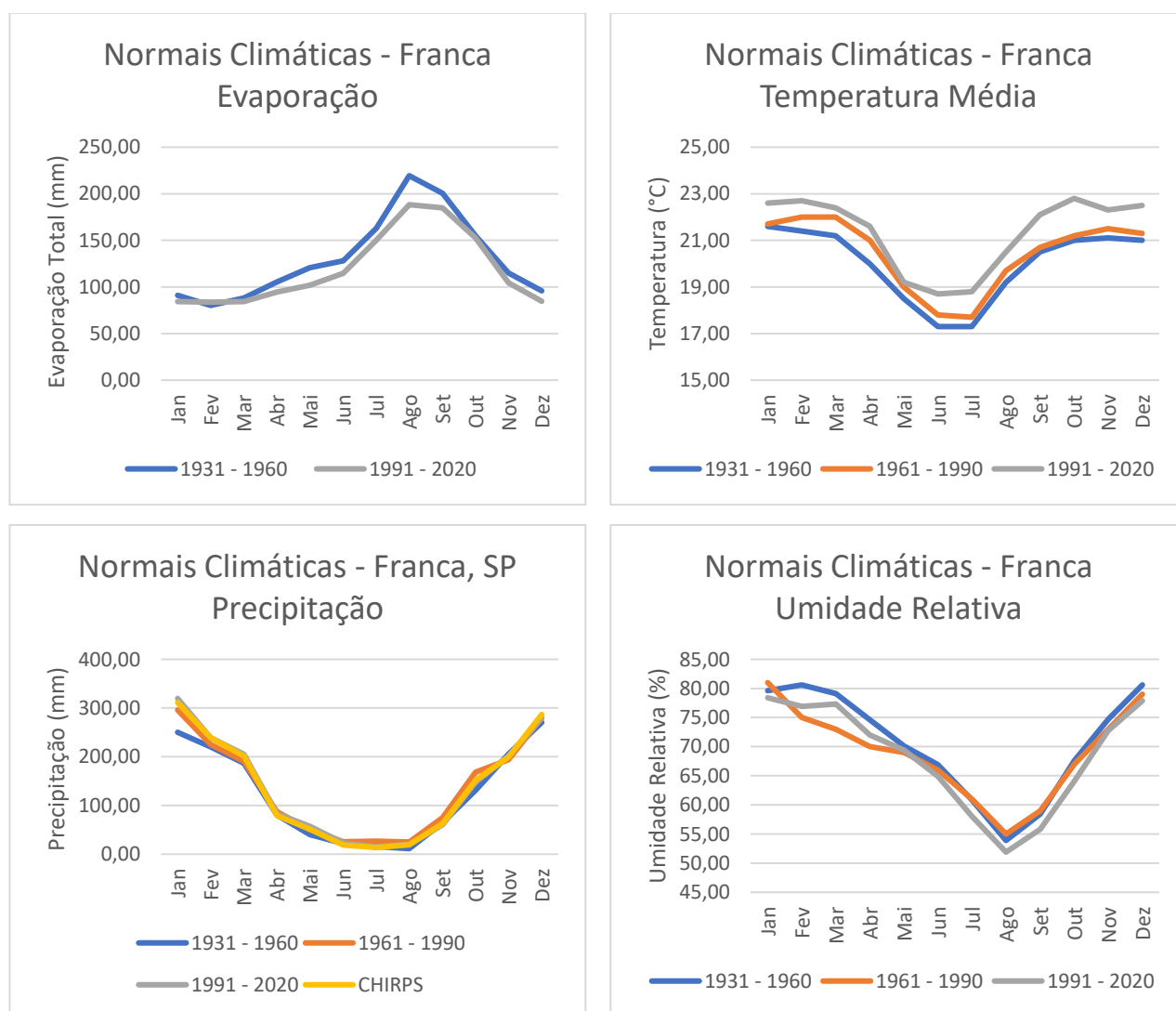


Figura 3.1.2(1) – Normais climáticas para a cidade de Franca, SP (Estação 83630). As estimativas por satélite foram incorporadas no gráfico da precipitação.

Também foram obtidos dados de estimativas de precipitação por satélite (CHIRPS) e para as estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA). Os valores, analisados de forma anual, foram filtrados para um máximo de 10 dias com ausência de dados em cada ano. Os resultados para esses conjuntos de dados, apresentados nas figuras 3.1.2(4) e 3.1.2(5), sugerem ausência de tendências para os dados CHIRPS e uma

tendência de redução dos acumulados anuais em anos recentes para as estações da ANA. Vale destacar que a grande quantidade de lacunas observadas para os dados da ANA limita maiores conclusões em relação às tendências.

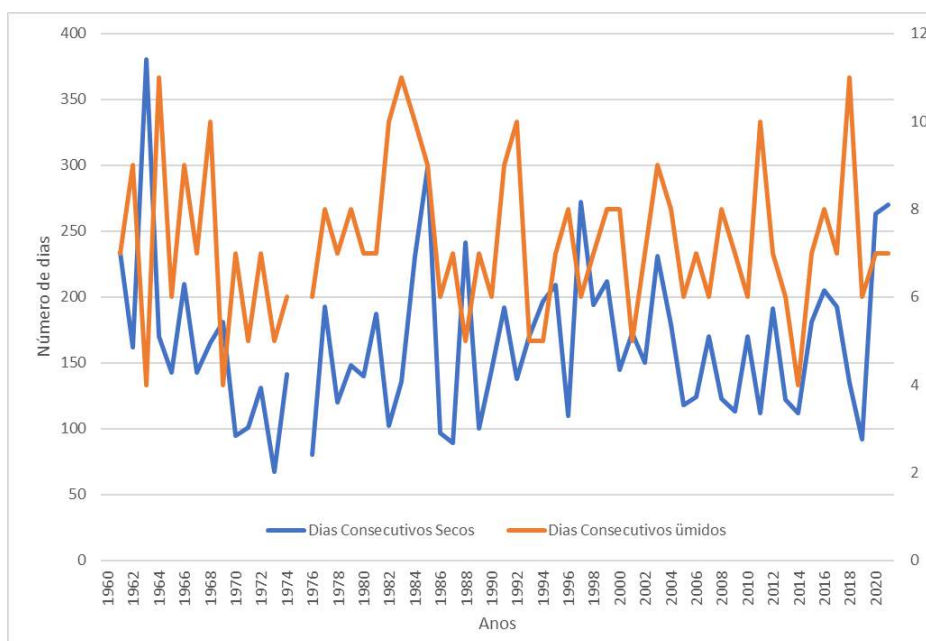


Figura 3.1.2(2) – Dias consecutivos secos e dias consecutivos úmidos para a estação convencional do INMET (83630).

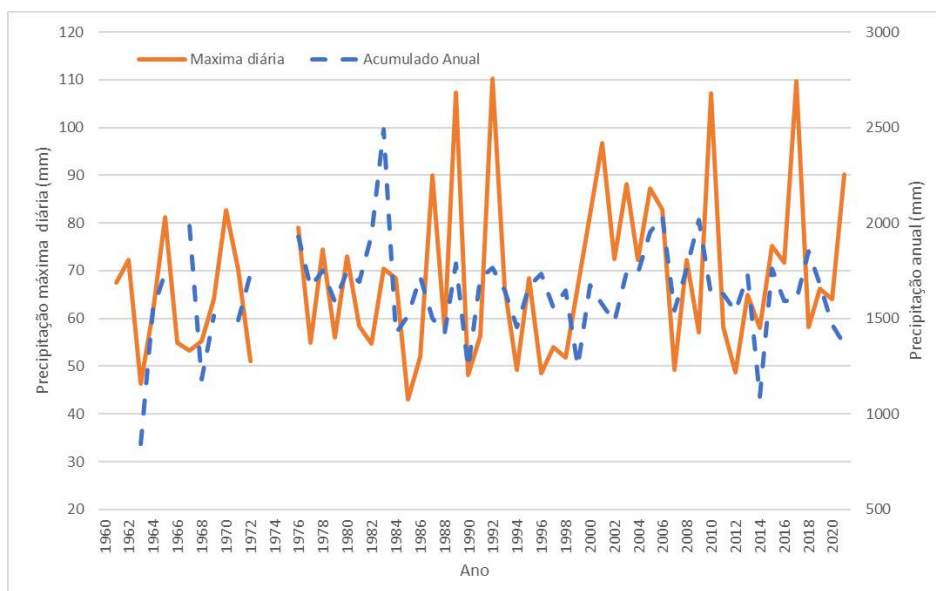


Figura 3.1.2(3) – Séries temporais da precipitação máxima diária e do acumulado anual para a estação convencional do INMET (83630).

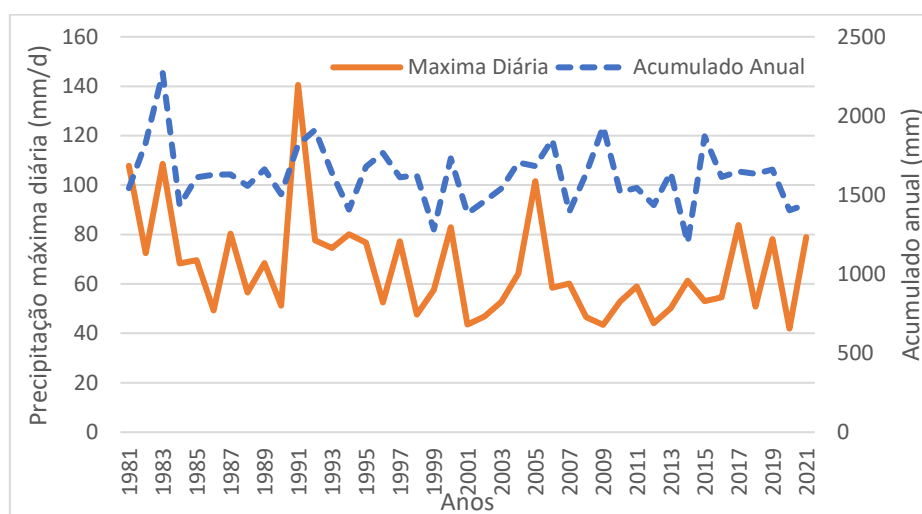


Figura 3.1.2(4) – Séries temporais da precipitação máxima diária e do acumulado anual para as estimativas por satélite (CHIRPS).

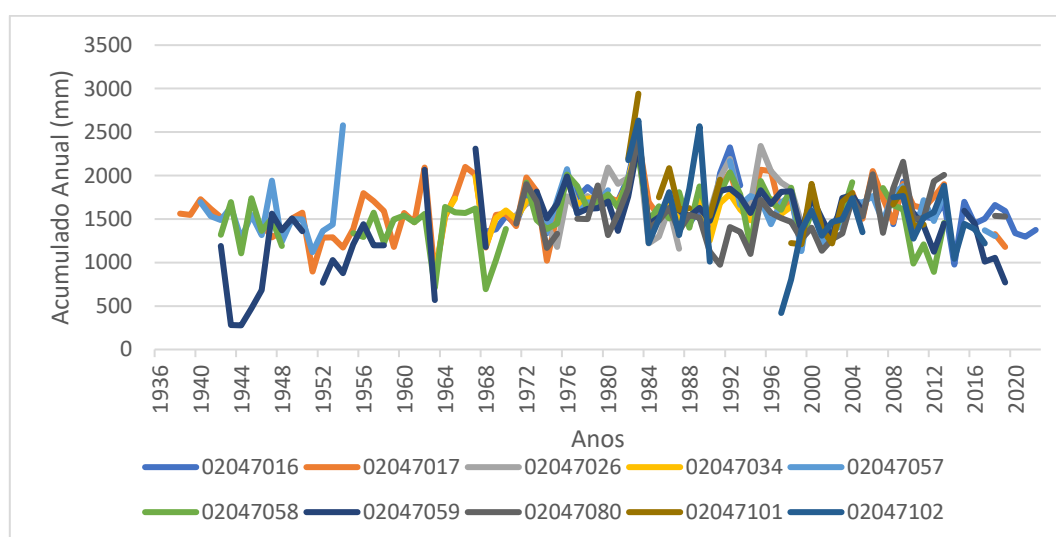


Figura 3.1.2(5) – Séries temporais do acumulado anual de precipitação para as estações da ANA.

Dessa forma, conclui-se que os padrões climáticos da região seguem o comportamento observado em outras cidades do estado de São Paulo. Há uma aparente tendência de redução dos acumulados anuais, conforme observado nos dados da ANA, mas com incertezas em razão das limitações dos dados. Além disso, essas tendências não foram observadas para outros dados e produtos de precipitação.

3.1.3. Geologia e Pedologia

Ao analisarmos o contexto da bacia do Rio Canoas em uma macro escala geológica, é possível inferir, conforme Ross e Moroz (1996), que se encontra inserida na unidade morfoestrutural da bacia sedimentar do Paraná, caracterizada por Penteado (1983) como uma grande área dos escudos que foram deprimidas e recobertas pelo oceano e que por esse motivo houve grande deposição sedimentar e foram posteriormente exodadas, apresentando relevo geralmente com menos de 100 metros, contendo planaltos e formação de cuevas arenito basálticas.

Como reflexo dessa macroestrutura, são identificados no local dois principais Grupos geológicos com suas unidades derivadas, sendo eles o Grupo Bauru e o Grupo São Bento. A figura 3.1.3(1) apresenta as formações geológicas de superfície (derivadas dos grandes grupos acima citados) mapeadas pelo Instituto Geológico de São Paulo no projeto de Unidades Básicas de compartimentação.

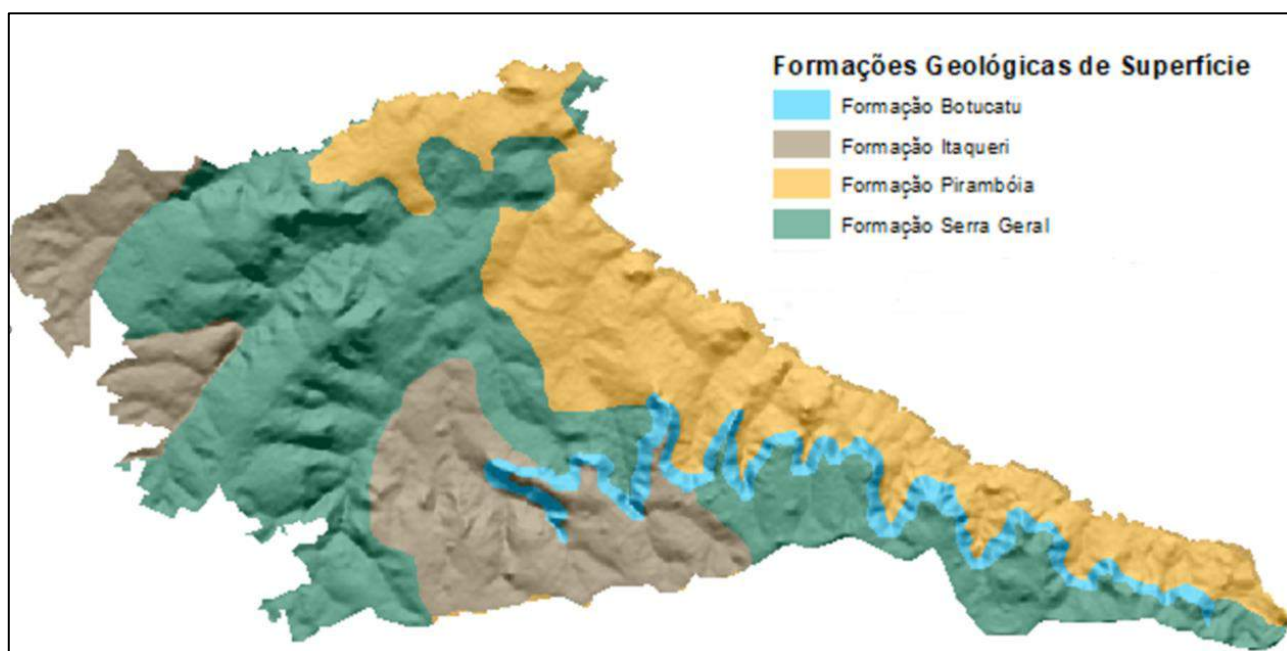


Figura 3.1.3(1) – Mapa Geológico

O Grupo Bauru consiste em um grupo de rochas formadas por sedimentos siliciclásticos que foram depositadas em área continental da plataforma Sul-Americana no

decorrer do último episódio significativo de sedimentação da unidade (SILVA, 2003). Na Bacia do Rio Canoas, o Grupo Bauru é representado pela Formação Itaqueri.

- Formação Itaqueri: Conglomerado fluvial de ocorrência geográfica na serra de Itaqueri, liticamente bem caracterizado e separado da outra formação do Grupo Bauru por uma discordância de origem erosiva (MEZZALIRA, 1981).

Já o Grupo São Bento reúne um conjunto de arenitos de característica predominantemente avermelhada e granulação variada. Este grupo compõe a sequência triássico-cretácea representada na Bacia do rio Canoas pelas formações Piramboia, Botucatu e Serra Geral.

- Formação Piramboia: Formada por sedimentos de origem eólica e fluvio-eólica que foram depositados em zonas onde havia ambiente desértico, representando a evolução de um antigo campo de dunas eólicas. Pode conter por espessos arenitos de coloração avermelhada, amarelada e esbranquiçada, com granulometria de fina a média e geometria lenticular desenvolvida, com intercalação de camadas finas de siltitos e argilitos (ZAINÉ, 1994).
- Formação Botucatu: É constituída por arenitos de granulação fina a grossa, com características arredondadas e com grande esfericidade e coloração avermelhada e fosca. Assim, esses arenitos remetem a subambientes passados de um grande deserto climático de aridez crescente (MEZZALIRA, 1981) e, quando não silicificados, correspondem a excelentes camadas portadoras para a formação de aquíferos, fazendo parte, inclusive, do Sistema Aquífero Guarani (MEZZALIRA, 1981)
- Formação Serra Geral: É um conjunto de derrames basálticos, entre os quais se intercalam arenitos da formação Botucatu, formando assim a chamada Bacia Serra geral, que também possuem intrusões basálticas formadas por diques e sills associadas aos derrames.

Quanto a pedologia da área, Jimenéz-Rueda (2011), por meio do Estudo Geoambiental do Município de Franca, indicou a existência de 8 tipos principais de solos na bacia hidrográfica do rio Canoas, conforme apresentado na figura 3.1.3(2):

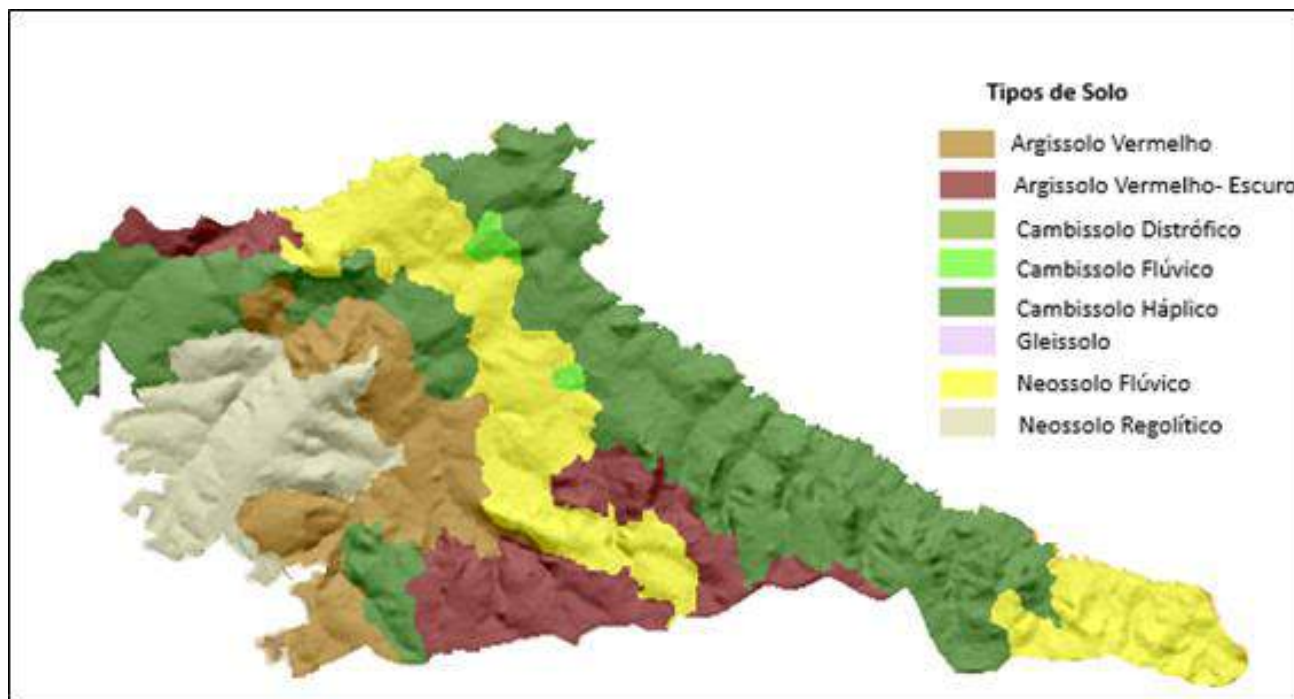


Figura 3.1.3(2) – Mapa Pedológico

- **Argissolo Vermelho:** Tipo de solo predominantemente vermelho, com textura variando entre média e argilosa, e apresenta um alto grau de intemperismo, ou seja, é resultado da ação de processos de alteração química, física e biológica nas rochas e minerais que o originaram.
- **Argissolo Vermelho-Escuro:** é uma variação do Argissolo Vermelho, caracterizado pela presença de camadas mais escuras na sua composição, geralmente abaixo de 50 cm de profundidade. Essas camadas são formadas pela concentração de argila, óxidos de ferro e alumínio, resultando em uma maior fertilidade e capacidade de retenção de nutrientes.
- **Cambissolo Distrófico:** Este é um tipo de solo que normalmente é encontrado em áreas com baixa fertilidade, como regiões rochosas ou montanhosas. É caracterizada por um baixo nível de pH e falta de matéria orgânica.
- **Cambissolo Flúvico:** Solo formado pela deposição de sedimentos carregados por rios ou riachos. Geralmente é encontrado em várzeas ou ao longo das margens dos rios e é tipicamente rico em nutrientes e matéria orgânica.
- **Cambissolo Háplico:** Tipo de solo que é encontrado em uma ampla variedade de ambientes, de florestas a pastagens e pântanos. É caracterizado por uma

profundidade relativamente rasa, baixo teor de nutrientes e um alto grau de variabilidade em termos de textura e estrutura.

- Gleissolo: Tipo de solo que se caracteriza por seu alto teor de argila e matéria orgânica, o que lhe confere uma cor escura. Possui alto grau de retenção de água devido à presença de uma camada argilosa, que pode levar ao alagamento em áreas com alta pluviosidade.
- Neossolo Flúvico: Formado pela deposição de material aluvial por córregos ou rios. Geralmente é encontrado em áreas com alto fluxo de água e é caracterizado por um baixo grau de desenvolvimento do solo. O solo apresenta alto teor de areia, o que lhe confere uma textura grosseira, e baixo teor de matéria orgânica.
- Neossolo Regolítico: Tipo de solo formado pelo intemperismo das rochas e pelo acúmulo de detritos na superfície e que é encontrado predominantemente em áreas com declives acentuados e caracterizado por um baixo grau de desenvolvimento. Apresenta também alto teor de cascalho e pedras, o que lhe confere uma textura rugosa, e baixo teor de matéria orgânica, sendo pobre em nutrientes e pouco adequado para a agricultura, embora possa suportar alguma vegetação em ambientes naturais.

3.1.4. Relevo e Declividade

Os dados altimétricos encontrados e disponíveis para o estudo foram o MDE SRTM com resolução espacial de 30 metros, o MDE ALOS PALSAR e o MDT SP SMA com base nas curvas de nível IBGE na escala de 1:50.000. A referência destes dados foi descrita no relatório 1.

Os modelos disponíveis não apresentaram diferenças significativas para a escala de trabalho que se deseja no sentido de caracterizar a bacia em seu todo de forma sistêmica.

A caracterização altimétrica de uma bacia hidrográfica permite melhor entender o seu comportamento hidrológico que é função de suas características morfométricas. Ainda neste diagnóstico será apresentado um estudo detalhado das características morfométricas das sub-bacias da área de estudo.

Como forma de representar a altimetria da área de estudo confeccionou-se um modelo de relevo sombreado como apresentado na figura 3.1.4(1), no anexo 3.1.4(1) apresenta-se uma carta de relevo da AIE Canoas.

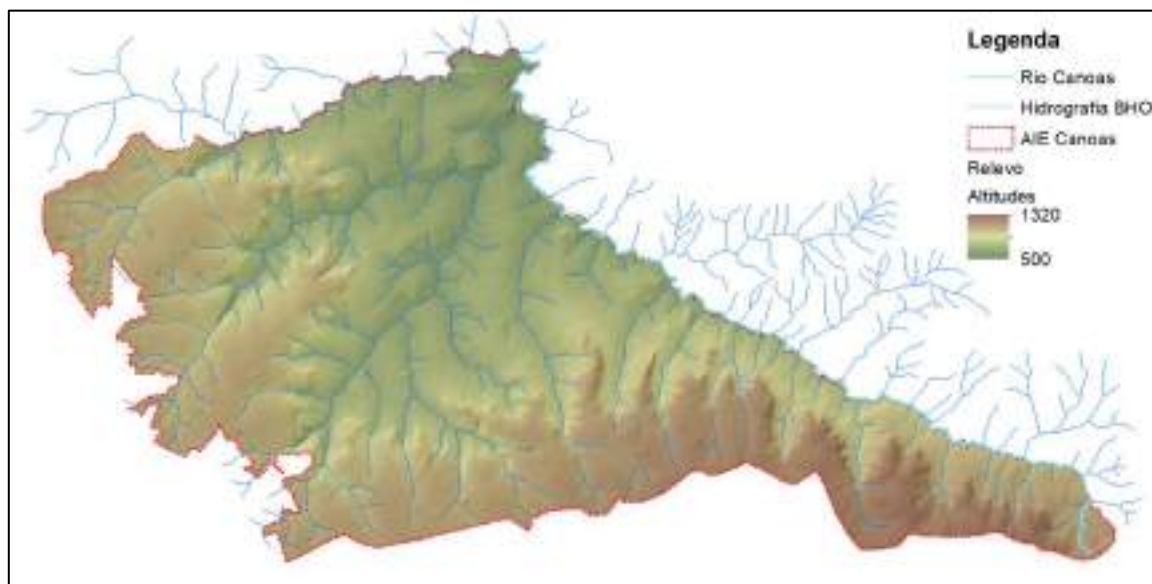


Figura 3.1.4(1) – Relevo Sombreado da AIE Canoas

Derivado do MDE confeccionou-se um mapa de declividades para a AIE Canoas que é apresentado na figura 3.1.4(2), no anexo 3.1.4(2) apresenta-se a carta de declividades da AIE Canoas. A declividade da bacia hidrográfica tem relação importante com vários processos hidrológicos, tais como a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo, etc. É, além disto, um dos fatores principais que regulam o tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos d'água.

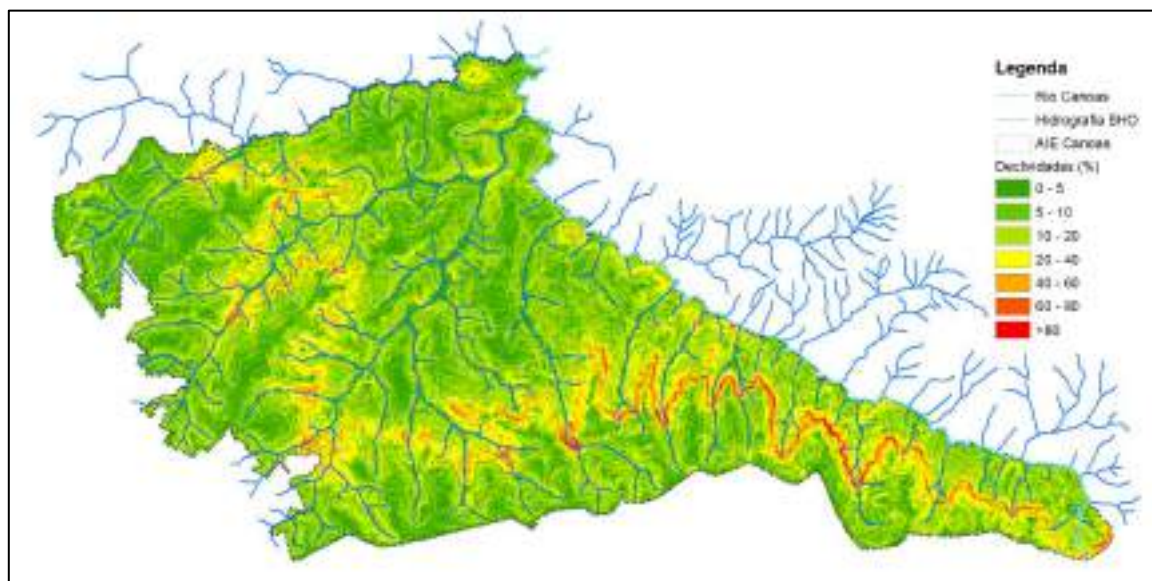


Figura 3.1.4(2) – Declividades na AIE Canoas

3.1.5. Cobertura vegetal

O mapeamento da cobertura vegetal nativa do Estado de São Paulo, foi produzido pelo Instituto de Pesquisas Ambientais - IPA, utilizando legenda fitofisionômica segundo o IBGE (2012). Neste estudo a área mínima mapeada foi de 0,1 hectares, e foi realizado a partir de imagens orbitais dos satélites WorldView, GeoEye e QuickBird, com resolução espacial 0,5m (RGB, Pancromáticas, Infravermelho), do período de 2017 a 2019 e publicado no ano de 2020.

A figura 3.1.5(1) apresenta a cobertura de remanescentes florestais na área da Bacia do Rio Canoas em Franca de acordo com o Inventário Florestal do Estado de São Paulo e o anexo 3.1.5(1) apresenta a carta de remanescentes florestais.

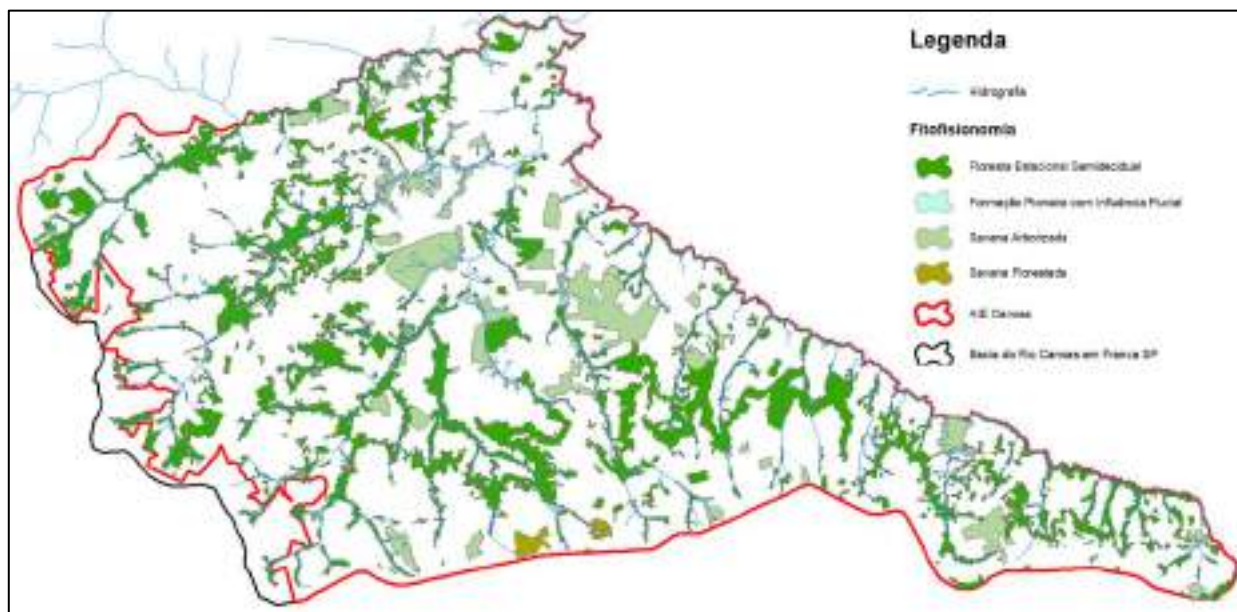


Figura 3.1.5(1) – Remanescentes Florestais

Deste levantamento foram identificadas 4 classes fitofisionômicas presentes na área da bacia que recobrem uma área da ordem de 4500 hectares o que corresponde a uma taxa de 23,45% de cobertura da área da bacia. A tabela 3.1.5(1) apresentam os percentuais de área ocupados por cada classe fitofisionômica e a figura 3.1.5(2) o gráfico correspondente

Tabela 3.1.5(1): Percentuais de remanescentes florestais

Fitofisionomia	Área (ha)	%	% na Bacia
Floresta Estacional Semidecidual	3409.94	75.78%	17.77%
Formação Pioneira com Influência Fluvial	69.3413	1.54%	0.36%
Savana Arborizada	968.014	21.51%	5.05%
Savana Florestal	52.2288	1.16%	0.27%
Totais	4499.52	100.00%	23.45%

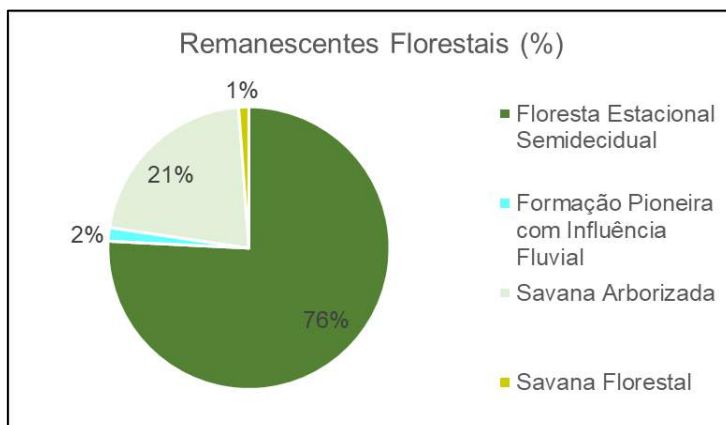


Figura 3.1.5(2) – Gráfico de percentuais de remanescentes florestais

Apesar de existirem os mapeamentos de remanescentes florestais dos anos de 2000 e 2010 uma comparação direta para averiguar a evolução e eventuais diferenças não foi possível uma vez que as metodologias e tecnologias utilizadas nos diferentes anos foram distintas. Para uma averiguação temporal das taxas de ocupação da vegetação optou-se pela utilização da série de dados do mapeamento MapBiomias coleção 7 (série com dados de 1985 a 2021). Ainda que estes dados possam ter uma escala menor de trabalho apresentam uma série homogênea e consistente do ponto de vista metodológico, o que para fins de comparação relativa parece-nos mais adequado.

Na figura 3.1.5(3) podemos visualizar o gráfico da série de 1985 a 2021 com os percentuais de área de ocupação da classe florestal da coleção 7 do MapBiomias na área da Bacia do Rio Canoas em Franca.

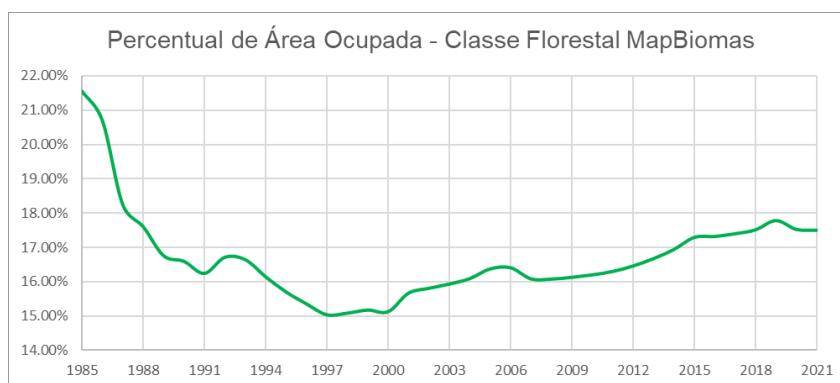


Figura 3.1.5(3) – Gráfico de percentual de área ocupada pela classe florestal da coleção 7 do MapBiomias de 1985 a 2021.

O início da série é marcado por um acentuado decaimento da área percentual da classe florestal que se estende até ao ano de 1997 a partir de quando se verifica uma inversão com uma discreta recuperação dos percentuais de área florestal. Este declínio das áreas florestais nas décadas de 80 e 90 está diretamente relacionado com o aumento da atividade agropecuária na região como podemos verificar na figura 3.1.5(4) onde apresentamos o gráfico da série de 1985 a 2021 com os percentuais de área de ocupação da classe agropecuária da coleção 7 do MapBiomias.

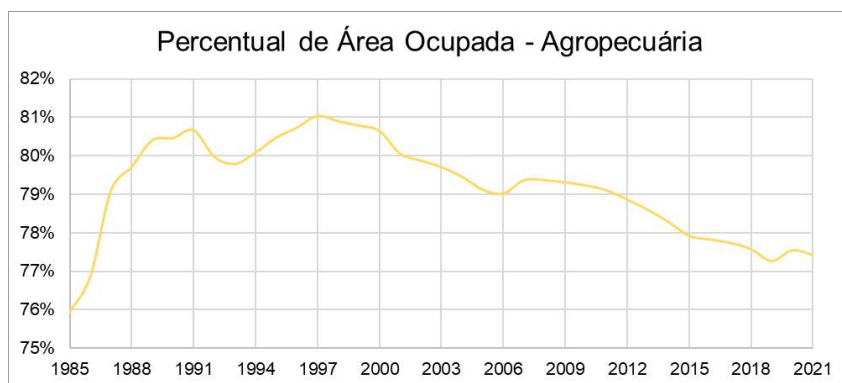


Figura 3.1.5(4) – Gráfico de percentual de área ocupada pela classe agropecuária da coleção 7 do MapBiomias de 1985 a 2021

Além disso, a partir dos anos 2000 intensificaram-se as ações de fiscalização e atuação do ministério público. Levantamento realizado pela 7ª Promotoria de Justiça da Comarca de Franca identificou um total de 143 termos de ajustamento de conduta celebrados no sentido de revegetar áreas degradadas com mais de 100 mil mudas plantadas no período de 2008 a 2022.

As ações de fiscalização são executadas pela 3ª Cia do 4º Batalhão de Polícia Ambiental da Polícia Militar do Estado de São Paulo que vistoriam as propriedades e lavram um Termo de Vistoria Ambiental (TVA) que podem culminar em Autos de Infração Ambiental (AIA) e porventura em Termos de Compromissos de Recuperação Ambiental (TCRA).

No portal DataGeo – Sistema Ambiental Paulista, com base nos dados cadastrados no Sistema Integrado de Gestão Ambiental (SIGAM), são disponibilizados a identificação e descrição dos AIA lavrados pela Polícia Militar Ambiental no ano de 2021, 2022 e 2023 (até a presente data), confirmados nas fases do processo administrativo ou aguardando

consolidação, bem como as informações referentes aos TCRA relacionados a medidas específicas para recuperação, regularização, prevenção ou mitigação de danos ambientais ou conversão de multas em serviços ambientais associados aos processos AIA. Os AIAs foram lavrados com base no Decreto Estadual nº 64.456/2019 e, na Resolução SMA 48/2014 até 17 de fevereiro de 2021, e na Resolução SIMA 05/2021, a partir desta data.

Para a área da bacia hidrográfica do Rio Canoas em Franca foram encontrados 55 AIAs e 30 TCRA cadastrados que estão especializados conforme a figura 3.1.5(5).

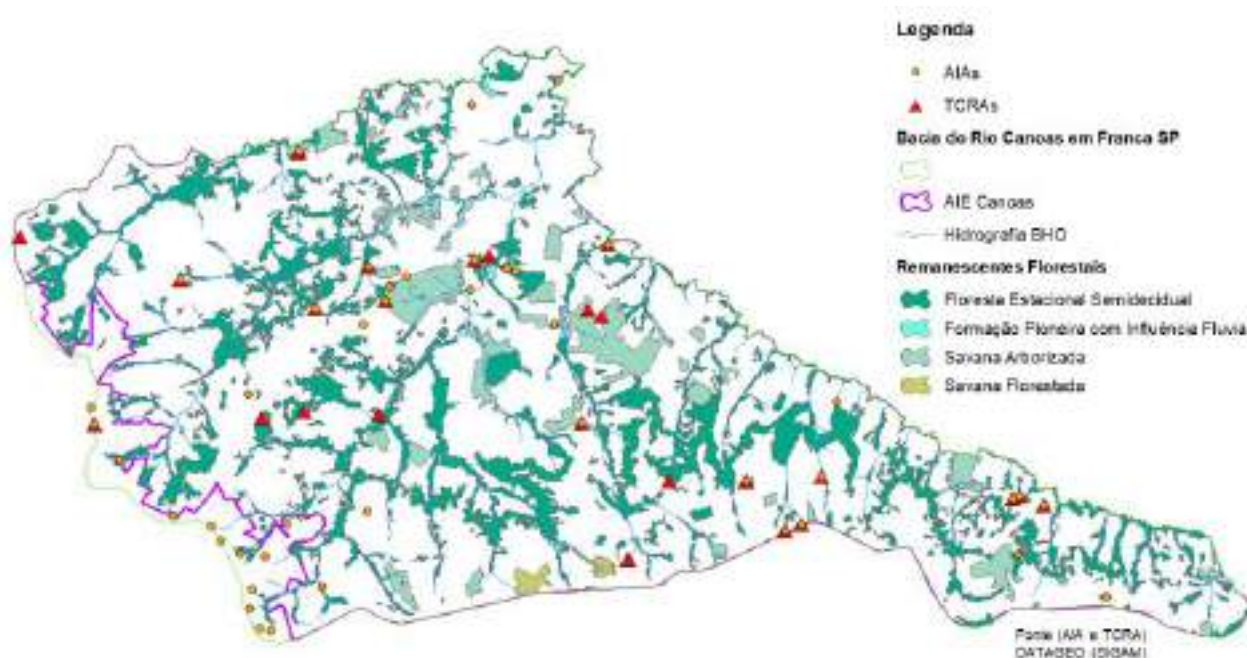


Figura 3.1.5(5) – AIAs e TCRA cadastrados no DATAGEO SIGAM, anos de 2021, 2022 e 2023

Essas ações de fiscalização e permanente preocupação do ministério público são importantes para coibir a supressão de vegetação principalmente dos remanescentes florestais.

3.1.6. Fauna e Flora

A biodiversidade presente no município de Franca tem sido registrada ao longo do tempo em diferentes bases de dados e trabalhos técnicos e acadêmicos. Como exemplo, o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira - SiBBR (<https://sibbr.gov.br/>) aponta registros de espécimes coletadas desde o início do século XX até o início do século

atual, as quais fazem parte de coleções diversas (Tabela 3.1.6). Também há registros históricos de iniciativas para a conservação da biodiversidade, como é o caso da criação do Horto Florestal em 1956, o qual foi transformado no Parque Zoobotânico de Franca pela Lei Municipal nº 5.048 de 1998. Tal lei define que:

Art. 2º O Jardim Zoobotânico de Franca será um espaço territorial protegido para efeitos ambientais, como unidade de conservação municipal, definindo-se como área protegida, constituída por coleções de plantas e animais vivos, todas cientificamente reconhecidas, ordenadas, documentadas e identificadas, permitindo-se o acesso ao público, com a finalidade de pesquisa e documentação do patrimônio florístico e faunístico da região, servindo à educação ambiental, lazer, conservação e preservação do meio ambiente.

Art. 3º O Jardim Zoobotânico de Franca terá os seguintes objetivos principais:

I - Preservação, resgate e banco genético das espécies florestais da região;

II - Refúgio e proteção da fauna;

III - Produção de espécies para reflorestamento e urbanização urbana;

IV - Garantia de espaços para pesquisas, educação ambiental, cultura, lazer e turismo ecológico;

V - Realização, de forma sistemática e organizada, de registros de plantas e documentação, referentes ao acervo vegetal, os quais permanecerão acessíveis aos usuários, visando plena utilização para conservação da natureza;

VI - Promover a conservação de plantas em local próprio da Instituição, "in situ" ou "ex situ", com o objetivo de pesquisa, demonstração e educação ambiental, principalmente no que se refere às exigências de cultivo, à biologia de reprodução e à propagação de plantas e sua sobrevivência;

VII - Proteger, inclusive por meio de tecnologia apropriada de cultivo, espécies silvestres, vulneráveis, raras, ameaçadas pela ação antrópica, especialmente a nível local e regional, bem como resguardar espécies econômicas e ecologicamente importantes para a restauração ou reabilitação de ecossistemas;

VIII - Manter reservas genéticas, através de bancos de germoplasma;

IX - Promover intercâmbio científico, técnico e cultural com entidades e órgãos nacionais e estrangeiros;

X - Estimular e promover a capacitação de recursos humanos;

XI - Promover a educação ambiental e estimular a pesquisa na sociedade científica;

XII - Promover a produção de espécies, para fins de reflorestamento, arborização urbana e outros fins;

XIII - Propiciar refúgio e proteção da fauna local;

XIV - Fiscalizar e amenizar a ação antrópica na região circunvizinha;

XV - Elaborar projetos, buscando ajuda financeira para execução junto aos órgãos nacionais e internacionais.

Tabela 3.1.6(1): Registros de espécimes animais e vegetais coletados no município de Franca (SP) e depositados em diferentes coleções

Reino	Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie	Ano do registro	Instituição/Coleção
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Cantharidae	Chauliognathus	<i>Chauliognathus flavipes</i>	1902	coleopteraMZUSP
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elateridae	Fherhimius	<i>Fherhimius fascicularis</i>	1901	coleopteraMZUSP
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Hydrobiomorpha	<i>Hydrobiomorpha paulista</i>	1902	coleopteraMZUSP
Animalia	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Aetalionidae	Aetalion	<i>Aetalion reticulatum</i>	1767	DZUP Hemiptera
Animalia	Chordata	Aves	Anseriformes	Anatidae	Cairina	<i>Cairina moschata</i>	1903	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Apodiformes	Trochilidae	Phaethornis	<i>Phaethornis pretrei</i>	1910	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Cariamiformes	Cariamidae	Cariama	<i>Cariama cristata</i>	1903	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Charadriidae	Vanellus	<i>Vanellus cayanus</i>	1903	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Columbiformes	Columbidae	Geotrygon	<i>Geotrygon violacea</i>	1910	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Falco	<i>Falco ruficularis</i>	1903	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Falco	<i>Falco sparverius</i>	1902	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Milvago	<i>Milvago chimachima</i>	1902	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Galliformes	Cracidae	Penelope	<i>Penelope supercilialis</i>	1902	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Gruiformes	Rallidae	Pardirallus	<i>Pardirallus nigricans</i>	1910	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Gruiformes	Rallidae	Porphyrio	<i>Porphyrio martinicus</i>	1910	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Eupsittula	<i>Eupsittula aurea</i>	1903	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Psittacara	<i>Nothura leucophthalmus</i>	1910	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Pyrrhura	<i>Pyrrhura frontalis</i>	1919	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Aves	Tinamiformes	Tinamidae	Nothura	<i>Nathura maculosa</i>	1903	MZUSP:Aves
Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Amphisbaenidae	Amphisbaena	<i>Amphisbaena alba</i>	1901	luardsMZUSP
Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Amphisbaenidae	Amphisbaena	<i>Amphisbaena prunicolor</i>	1903	lizardsMZUSP
Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Amphisbaenidae	Leposternon	<i>Leposternon microcephalum</i>	1903	lizardsMZUSP
Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Dipsadidae	Oxyrhopus	<i>Oxyrhopus trigeminus</i>	1905	MCZ:Herp
Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Polychrotidae	Polychrus	<i>Polychrus acutirostris</i>	1902	lizardsMZUSP
Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Tellidae	Amelva	<i>Amelva amelva</i>	1902	lizardsMZUSP
Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Tropiduridae	Tropidurus	<i>Tropidurus itambere</i>	1901	lizardsMZUSP
Plantae	Tracheophyta	Liliopsida	Zingiberales	Heliconiaceae	Heliconia	<i>Heliconia psittacorum</i>	2007	SPF
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Acanthaceae	Ruellia	<i>Ruellia brevifolia</i>	1997	SPF
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malpighiales	Erythroxylaceae	Erythroxylum	<i>Erythroxylum deciduum</i>	1963	IBGE
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Myrtaceae	Siphoneugena	<i>Siphoneugena densiflora</i>	1966	UB

(Fonte: SiBr (2023))

coleopteraMZUSP = Coleção de Entomologia do museu de Zoologia da USP.

DZUP Hemiptera = Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure -Universidade Federal do do Paraná.

IBGE = Herbário IBGE

lizardsMZUSP = Coleção Herpetológica do Museu de Zoologia da USP.

MCZ:Herp = Museu de Zoologia Comparada da Universidade de Harvard

MZUSP:Aves = Coleção de Aves do Museu de Zoologia da USP.

SPF = Herbário da Universidade de São Paulo.

UB = Herbário da Universidade de Brasília.

Especificamente para a bacia hidrográfica do Canoas, contribuições significativas para o reconhecimento da fauna e flora da bacia têm sido fornecidas pelo pesquisador Célio Bertelli e colaboradores, seja por meio de produção de dados primários ou pela sistematização de dados secundários. Tal é o caso da publicação de Bertelli et al. (2016), na qual os autores buscaram identificar os fragmentos de vegetação nativa remanescente na atualidade em comparação com simulação da vegetação nativa à época dos índios Caiapós (Figura 3.1.6(1)). A partir desse estudo comparativo, pode-se perceber a redução

drástica das áreas inicialmente cobertas por Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual tanto na bacia como um todo como na porção dela que está inserida no município de Franca. Atualmente, conforme mostrado no mapa de Remanescentes Florestais do presente relatório (Figura 3.1.5(1)), a cobertura por essas vegetações corresponde a 17,77% da área de bacia em Franca.

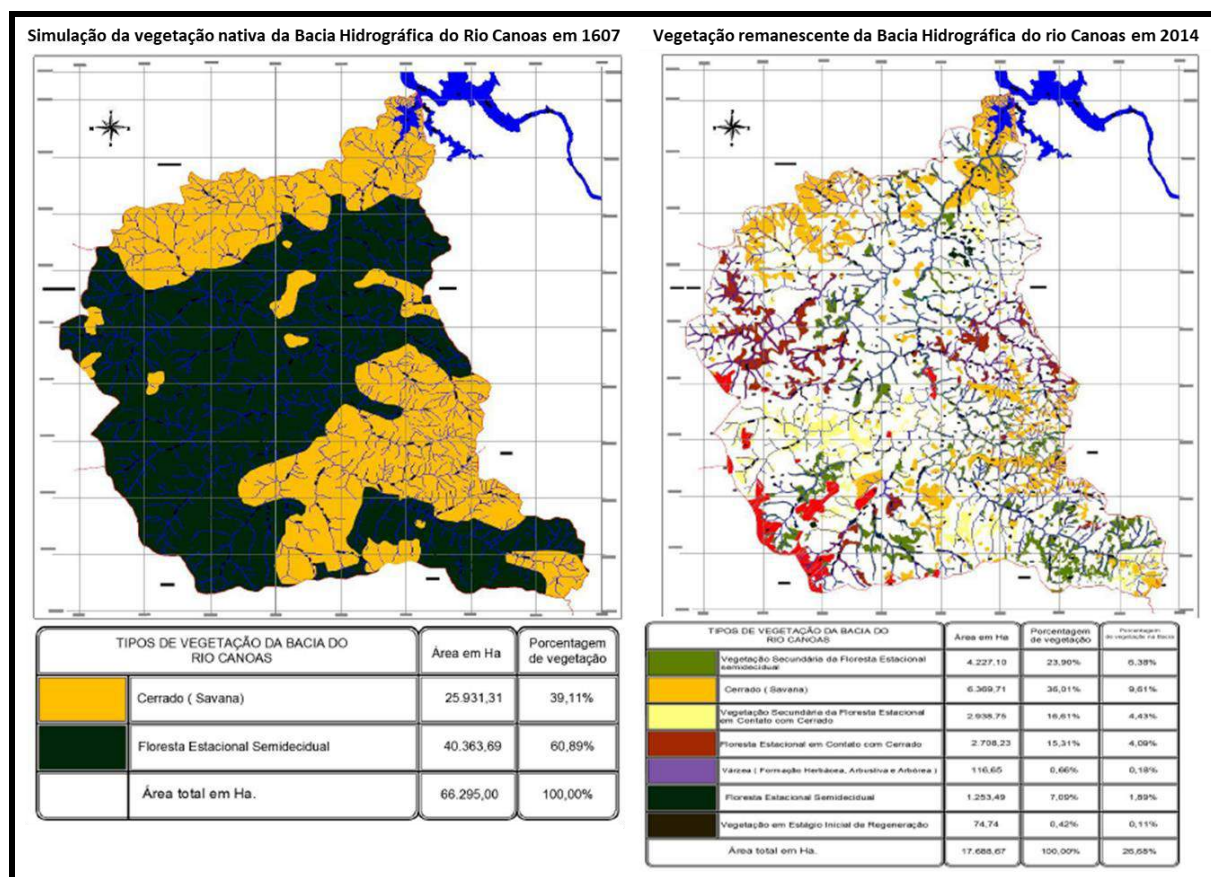


Figura 3.1.6(1): Comparação da cobertura de vegetação nativa da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas em 1607 e 2014.

Fonte: Bertelli et al. (2016).

A degradação da cobertura vegetal na bacia do Canoas pode ser exemplificada por diagnóstico feito na gleba Fazenda Retiro do Café. Conforme relatado por Mayor (2018) em Estudo de Impacto Ambiental (EIA) realizado para o Loteamento Residencial e Comercial Prolongamento Samel Park, no qual a Área Diretamente Afetada (ADA) corresponde ao ambiente interno aos limites da referida fazenda:

[ela foi] ocupada preteritamente por atividades agrícolas associadas à criação de equinos.

Devido às atividades antrópicas exercidas na área a cobertura vegetal natural encontra-se reduzida e descaracterizada em suas composições florísticas originais.

De acordo com as informações obtidas na área de estudo, associadas à configuração geográfica dos tipos e padrões de **uso e ocupação** do solo na região, é possível caracterizar a paisagem na área como um ambiente amplamente antropizado, sendo representada na maior parte por pastagem e ocorrendo bambuzal em grande parte da APP, considerando ainda que em ambos se inserem algumas árvores isoladas. (p.417)

As consequências das mudanças no uso e ocupação da terra e consequente fragmentação da paisagem da bacia do Canoas também pode ser notado no EIA realizado na gleba Fazenda Retiro do Café. Indivíduos arbóreos isolados de espécies nativas foram registrados na área de pastagem dessa propriedade, conforme mostrado na tabela 3.1.6(2).

Tabela 3.1.6(2): Dados das árvores nativas isoladas presentes na área de pastagem da gleba Fazenda Retiro do Café (Franca - SP).

ESPÉCIE	NOME COMUM	Nº DE ÁRVORES	Nº DE ÁRVORES / ha	ALTURA (m)	DAP (cm)	VOLUME (m3)
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Angico	1	0,260	10,00	90,00	6,36
<i>Acrocomia aculeata</i>	Macaúba		1,300	11,40	34,20	5,53
<i>Nectandra lanceolata</i>	Canela-amarela	1	0,260	4,00	11,00	0,04
<i>Enterolobium contorsiliquum</i>	Tamboril	3	0,780	10,67	74,33	18,00
<i>Chorisia speciosa</i>	Paineira	2	0,520	14,50	136,00	43,05
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	3	0,780	10,67	70,33	12,69
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Jerivá	2	0,520	10,00	26,00	1,08
<i>Pfina trunciflora</i>	Jaboticaba		0,780	5,83	118,67	19,34
<i>Andira sp</i>	-	1	0,260	3,50	58,50	7,53
<i>Miconia sp</i>	-	1	0,260	1,33	5,67	0,09
-	Árvore seca	1	0,260	3,50	18,50	0,75
TOTAL		23	-	-	-	-

(Fonte: Mayor (2018))

Já em relação à fauna presente nessa propriedade, Mayor (2018) registrou a ocorrência de 47 espécies de aves, sendo apenas uma espécie ameaçada de extinção no Estado de

São Paulo (*Gnorimopsar chopi*, conhecida popularmente como graúna). Em um estudo de maior escala espacial, realizado na bacia do Rio Sapucaí-Mirim/Grande, Baraldi et al. (2019), foram registradas 331 espécies de aves, das quais 14 são espécies em categoria de ameaça estadual (SP).

Outros estudos também têm listado a diversidade animal na Bacia do Canoas de outros grupos. É o caso do levantamento feito por De Pina et al. (2016a) sobre exemplares da herpetofauna da bacia hidrográfica do Canoas como um todo (abrangendo as áreas dos municípios paulistas e mineiros) depositados nas coleções científicas cadastradas no portal SpeciesLink, o qual foi complementado com a bibliografia disponível. Das 57 espécies registradas, 10 se enquadravam em categorias de risco de extinção conforme listas estaduais e nacional, conforme mostrado nas tabelas 3.1.6(3) e 3.1.6(4). Já no EIA realizado na gleba Fazenda Retiro do Café (MAYOR, 2018), foram registradas 6 espécies da herpetofauna no local: 1) *Rhinella schneideri* (Werner, 1894) – sapo-cururu-grande; 2) *Dendropsophus minutus* (Peters, 1872) – pererequinha-ampulheta; 3) *Hypsiboas lundii* (Burmeister, 1856) – perereca-da-mata; 4) *Physalaemus cuvieri* (Fitzinger, 1826) – rã-cachorro; 5) *Leptodactylus fuscus* (Schneider, 1799) – rã-assovio; e 6) *Oxyrhopus guibei* Hoge & Romano, 1977 – falsa-coral. Apesar desse número baixo de registro e da ausência de espécies da herpetofauna ameaçadas de extinção nessa lista do local avaliado, Mayor (2018) destaca que:

Vale ressaltar que a baixa diversidade e abundância da fauna de répteis e anfíbios encontradas durante esse inventário não refletem, necessariamente, a condição real da herpetofauna dessa área.

A área de interesse do empreendimento apresenta curso d'água, o qual representa potencial habitat para muitas espécies de anfíbios comuns para a região e tolerantes ao impacto antrópico, podendo ser observados na área objeto do empreendimento. (p.302)

Tabela 3.1.6(3): Anfíbios registrados por dados secundários na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas.

Nome do Taxon	Nome Popular	Ref.	Munic.	Categoria SP*/MG**/BR***
Anura				
Bufo				
<i>Rhinella rubescens</i> (A. Lutz, 1925)	sapo-vermelho	1, 4	Pd	-
<i>Rhinella schneideri</i> (Werner, 1994)	sapo	2, 4	Fr/CP/Pd	-
Craugastoridae				
<i>Barycholos serrati</i> (Miranda Ribeiro, 1937)	rãzinha-da-mata-de-ternetiz	1, 4	Pd	DD/-/-
Dendrobatiidae				
<i>Amazilia flavopicta</i> (Lutz, 1925)	sapo-venenoso, sapo-flecha	3	Pd	DD/-/-
Hylidae				
<i>Dendropsophus alvaresi</i> (Napoli & Caramaschi, 2000)	pererequinha	1, 4	Pd	-
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)	pererequinha- ampulheta	1, 4	Pd	-
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger, 1889)	pererequinha-do- brejo	1, 4	Pd	-
<i>Hypobasus albopunctatus</i> (Spix, 1824)	perereca-cabrinha	1, 4	Pd	-
<i>Hypobasus faber</i> (Wied-Neuwied, 1821)	sapo-ferreiro	1, 4	Pd	-
<i>Hypobasus lundii</i> (Burmester, 1856)	perereca	1, 4	Pd	-
<i>Phyllomedusa maculata</i> (B. Lutz, 1946)	perereca-macaco- reticulada	1, 4	Pd	DD/CR/-
<i>Scinax commersoni</i> (Cardoso & Haddad, 1982)	pererequinha	1, 4	Pd	DD/-/-
<i>Scinax fuscovarius</i> (A. Lutz, 1925)	perereca-de- banheiro	1, 4	Pd	-
<i>Trachycephalus typhlops</i> (Linnaeus, 1758)	perereca-grudenta	1, 4	Pd	-
Leptodactylidae				
<i>Physalaemus cavieri</i> Fitzinger, 1826	rã-cachorro, foi- nho-foi	1, 4	Pd	-
<i>Physalaemus nattereri</i> (Reinhardt & Lütken, 1862 "1861")	rã	1, 4	Pd	-
<i>Physalaemus nattereri</i> (Steindachner, 1863)	rã-quatro-olhos	1, 4	Pd	-
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)	rã-ansovadeira	1, 4	Pd	-
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (Spix, 1824)	rã-pimenta	1, 4	Pd	-
<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen, 1815)	rã-manteiga, rã- crioula	1, 4	Pd	-
<i>Pseudopaludicola salina</i> (Cope, 1887)	rãzinha	4	Pd	-
Microhylidae				
<i>Chamaecrista albopunctata</i> (Boettger, 1885)	rãzinha-pintada	1, 4	Pd	-
<i>Dermatonotus mulleri</i> (Boettger, 1885)	rã-manteiga, sapo- das-raízes	1, 4	Pd	-
<i>Elachistocleis cf. Ovalis</i>	sapo-guarda	1, 4	Pd	-
Odontophrynidae				
<i>Odontophrynus eutripes</i> Reinhardt & Lütken, 1861 "1862"	sapo	1, 4	Pd	-

(Fonte: De Pina et al. (2016))

Tabela 3.1.6(4): Répteis registrados por dados secundários na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas.

Nome do Taxon	Nome Popular	Ref	Munic	Categoria SP*/MG**/BR***
Squamata Oppel, 1811				
Amphisbaenidae Gray, 1825				
<i>Amphisbaena alba</i> Linnaeus, 1758	cobra-cega	1	Fr/CP/Pd	-
Boidae Gray, 1825				
<i>Boa constrictor</i>	jiboiá	1, 2	Fr/CP/Pd	-
<i>Epicrateres canaliculatus</i> (Linnaeus, 1758)	jiboiá-arco-iris	1	Fr/CP/Pd	-
Colubridae Oppel, 1811				
<i>Chironomus eroleus</i> (Linnaeus, 1758)	cobra-cipó	2	Fr	-
<i>Chironomus flavolineatus</i> (Jan, 1863)	cobra-cipó	2	Fr	-
<i>Spilotes pullatus</i>	caninana	2	Fr	-
Dipsadidae Bonaparte, 1838				
<i>Leptodeira annulata</i>	olho-de-gato-amelada	2	Fr/Ib	-
<i>Tantophthalmus ocellipennis</i> (Jan, 1863)	cobra-manchada-fura-testa	2	Fr	-
<i>Phalotris nasutus</i> (Gomes, 1915)	nariguda	2	Fr/Pd	A/-/-
<i>Hydrodynastes gigas</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	surucucu-do-pantanal	2	CP	-
<i>Philodryas agassizii</i> (Jan, 1863)	papa-aranha	2	Fr/Pd	A/-/-
<i>Philodryas ornata</i> (Amazal, 1933)	parelha-clara	2	Fr	A/-/-
<i>Philodryas olfersii</i> (Liechtenstein, 1823)	cobra-cipó, cobra-verde	1	Fr/CP/Pd	-
<i>Philodryas patagoniensis</i> (Girard, 1858)	papa-pinto	2	Fr	-
<i>Boirama maculata</i> (Boulenger, 1896)	muçurana	2	PP	-
<i>Oxyrhopus gabbei</i> (Hoge & Romano, 1978)	falsa-coral	1	Fr/CP/Pd	-
<i>Oxyrhopus rhombifer</i>	falsa-coral	2	Fr	A/-/-
<i>Oxyrhopus trigeminus</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	falsa-coral	2	Fr/Pd	-
<i>Pseudoboa nigra</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	cobra-preta, muçurana	2	Fr	-
<i>Rhachidelus brasili</i> Boulenger, 1905	cobra-gueta	2	Fr	-
<i>Erythrolamprus ocellatus</i>	falsa-coral	1	Fr/CP/Pd	-
<i>Erythrolamprus alvarezi</i> (Wagler in Spix, 1824)	jararacinha-do-campo	2	Fr	-
<i>Erythrolamprus poecilogyrus</i>	cobra-de-capim	2	Fr	-
<i>Erythrolamprus reginae</i>	cobra-de-capim	2	Fr/Pd	-
<i>Xenopholis undulatus</i> (Jensen, 1900)	cobra	2	Fr/Pd	-
Elapidae Boie, 1827				
<i>Micruroides frontalis</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	coral-verdadeira	2	Fr	-
<i>Micruroides lemniscatus</i>	coral-verdadeira	2	Fr	-
Viperidae Oppel, 1811				
<i>Bothrops alternatus</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	urutu, urutu-cruzeiro	3, 4	Fr/Ib	-
<i>Bothrops nebulosus</i> (Boulenger, 1907)	jararaca, cotiarinha	2	Fr	A/VU/NT
<i>Bothrops moojeni</i> Hoge, 1906	caçoca, jararaca	2	Pd	-
<i>Bothrops neuwiedi</i> (Wagler in Spix, 1824)	jararaca-cruzeira	2	Fr/Pd	DD/-/-
<i>Crotalus durissus</i>	cascavel	1, 2	CP/Fr/Pd	-

(Fonte: De Pina et al. (2016a))

De Pina et al. (2016b) também realizaram o levantamento de mamíferos na Bacia do Rio Canoas baseando-se nos registros de exemplares depositados nas coleções científicas cadastradas no portal SpeciesLink. Segundo esses autores, das 21 espécies de mamíferos registrados na bacia, 9 estão incluídas em alguma categoria de ameaça nas listas oficiais de fauna ameaçada do Brasil e dos estados de Minas Gerais e São Paulo (Tabela 3.1.6(5)). Por

sua vez, Mayor (2018) registrou a presença de 5 espécies da mastofauna na Fazenda Retiro do Café, conforme mostrado na tabela 3.1.6(6).

Tabela 3.1.6(5): Mamíferos registrados por dados secundários na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas.

Nome do Taxon	Nome Popular	Ref.	Município	Categoria SP*/ MG**/ BR***
Didelphimorphia				
Didelphidae				
<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	gambá, same	1	Fr/CP/Pd	-
Pilosa				
Myrmecophagidae				
<i>Myrmecophaga tridactyla</i> Linnaeus, 1758	tamanduá-bandeira	1, 2	Fr/CP/Pd	A/ VU/ VU
<i>tamanduá tetractyla</i> (Linnaeus, 1758)	tamanduá-de-colete, tamanduá-mirim	1, 2	Fr/CP/Pd	-
Cingulata				
Dasypodidae				
<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	tatu, tatu-galinha	1	Fr/CP/Pd	-
<i>Dasypus septemcinctus</i> Linnaeus, 1758	tatu, tatu-mulita, tatui	1	Fr/CP/Pd	-
<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	tatu-peludo, tatu-peba	1	Fr/CP/Pd	-
Artiodactyla				
Tayassuidae				
<i>Pecari tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	cateto, caritutu	2	Fr	NT/ VU/ -
Carnivora				
Canidae				
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	cachorro-do-mato, graxaim, raposa	1	Fr/CP/Pd	-
<i>Chrysocyon brachyurus</i> (Illiger, 1815)	lobo-guará, guará	1, 2	Fr/CP/Pd	A/ VU/ VU
<i>Lycalopex vetulus</i> (Lund, 1842)	raposinha	1	Fr/CP/Pd	A/ -/ VU
Felidae				
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	onça-parda, suçuarana, leão-baio	2	Fr/Pd	A/ VU/ VU
<i>Puma yagouaroundi</i> (E. Geoffroy, 1803)	jaguarundi, gato-mourisco	2	Fr	-/ -/ VU
Mustelidae				
<i>Galeotis vittata</i> (Schreber, 1776)	furão-grande	1	Fr/CP/Pd	-
<i>Lontra longicaudus</i> (Olfers, 1818)	lontra	1	Fr/CP/Pd	NT/ VU/ NT
Procyonidae				
<i>Procyon cancrivorus</i> (G. Cuvier, 1798)	guaxinin, mão-pelada	1, 2	Fr/CP/Pd	-
Chiroptera				
Molossidae				
<i>Eumops glaucurus</i> (Wagner, 1843)	morcego	3	Fr	DD/ -/ -
<i>Molossus molossus</i> (Pallas, 1766)	morcego	2	Pd	-

(Fonte: De Pina et al. (2016b))

Tabela 3.1.6(6): Mamíferos registrados presentes na área de pastagem da gleba Fazenda Retiro do Café (Franca - SP).

ORDEM/Família/Espécie	Nome popular	Tipo de registro	Grau de Ameaça		
			SP	Brasil	IUCN
CARNIVORA Felidae <i>Leopardus wiedii</i> (Schinz, 1821)	Gato-maracajá	AF	AE	VU	NT
Procyonidae <i>Procyon cancrivorus</i> (Cuvier, 1798)	Mão-pelada	Ves	-	-	LC
CINGULATA Dasypodidae <i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Tatu-galinha	Ves	-	-	LC
DIDELPHIMORPHIA Didelphidae <i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	Gambá-de-orelha-branca	AF	-	-	LC
PRIMATES Cebidae <i>Callithrix penicillata</i> (É. Geoffroy, 1812)	Sagui-de-tufos-pretos	Voc	-	-	LC

(Fonte: Mayor (2018))

Legenda: Tipo de registro: Ves – Vestígio; Voc - Vocalização; AF – Armadilha Fotográfica. Grau de ameaça para o Estado de São Paulo segundo o Decreto Estadual no 60.133/2014: AE– Ameaçado de Extinção. Grau de ameaça para o Brasil segundo a Portaria MMA No 444, de 17 de dezembro de 2014, e mundial segundo a Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas de Extinção da IUCN (2017): VU– Vulnerável; NT – Quase Ameaçada; LC – De Menor Risco.

Usando a base de dados Global Biodiversity Information Facility - GBIF (<https://www.gbif.org/>), a equipe do presente projeto verificou a existência de 153 registros de espécies de animais, 36 de vegetais e 1 registro de espécie do reino Fungi na porção da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas no município de Franca (Tabela 3.1.6(7)). A localização de cada um destes registros foi cadastrada por meio das coordenadas geográficas e podem ser identificadas no anexo digital 3.1.6(1) em uma tabela e um arquivo vetorial *shapefile*.

Tabela 3.1.6(7): Registros de espécimes animais e vegetais na porção da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas no município de Franca (SP).

ID	Reino	Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie
1	Animalia	Arthropoda	Arachnida	Araneae	Salticidae	Menemerus	<i>Menemerus bivittatus</i>
2	Animalia	Arthropoda	Arachnida	Araneae	Theridiidae	Latrodectus	<i>Latrodectus geometricus</i>
3	Animalia	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Apidae	Tetragonisca	<i>Tetragonisca angustula</i>
4	Animalia	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Eumenidae	Polybia	<i>Polybia occidentalis</i>
5	Animalia	Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Erebidae	Dysschema	<i>Dysschema sacrificia</i>
6	Animalia	Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	Dione	<i>Dione juno</i>

ID	Reino	Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie
7	Animalia	Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	Methona	<i>Methona themisto</i>
8	Animalia	Chordata	Amphibia	Anura	Bufonidae	Rhinella	<i>Rhinella diptycha</i>
9	Animalia	Chordata	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	Buteo	<i>Buteo albicaudatus</i>
10	Animalia	Chordata	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	Buteogallus	<i>Buteogallus meridionalis</i>
11	Animalia	Chordata	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	Chondrohierax	<i>Chondrohierax uncinatus</i>
12	Animalia	Chordata	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	Ictinia	<i>Ictinia plumbea</i>
13	Animalia	Chordata	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	Rupornis	<i>Rupornis magnirostris</i>
14	Animalia	Chordata	Aves	Accipitriformes	Cathartidae	Cathartes	<i>Cathartes aura</i>
15	Animalia	Chordata	Aves	Accipitriformes	Cathartidae	Coragyps	<i>Coragyps atratus</i>
16	Animalia	Chordata	Aves	Accipitriformes	Cathartidae	Sarcorampus	<i>Sarcorampus papa</i>
17	Animalia	Chordata	Aves	Apodiformes	Apodidae	Chaetura	<i>Chaetura meridionalis</i>
18	Animalia	Chordata	Aves	Apodiformes	Apodidae	Tachornis	<i>Tachornis squamata</i>
19	Animalia	Chordata	Aves	Apodiformes	Trochilidae	Chionomesa	<i>Chionomesa lactea</i>
20	Animalia	Chordata	Aves	Apodiformes	Trochilidae	Chlorostilbon	<i>Chlorostilbon lucidus</i>
21	Animalia	Chordata	Aves	Apodiformes	Trochilidae	Eupetomena	<i>Eupetomena cirrochloris</i>
22	Animalia	Chordata	Aves	Apodiformes	Trochilidae	Phaethornis	<i>Phaethornis pretrei</i>
23	Animalia	Chordata	Aves	Apodiformes	Trochilidae	Phaethornis	<i>Phaethornis ruber</i>
24	Animalia	Chordata	Aves	Apodiformes	Trochilidae	Thalurania	<i>Thalurania furcata</i>
25	Animalia	Chordata	Aves	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	Nyctidromus	<i>Nyctidromus albicollis</i>
26	Animalia	Chordata	Aves	Cariamiformes	Cariamidae	Cariama	<i>Cariama cristata</i>
27	Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Charadriidae	Vanellus	<i>Vanellus chilensis</i>
28	Animalia	Chordata	Aves	Columbiformes	Columbidae	Columbina	<i>Columbina squammata</i>
29	Animalia	Chordata	Aves	Columbiformes	Columbidae	Columbina	<i>Columbina talpacoti</i>
30	Animalia	Chordata	Aves	Columbiformes	Columbidae	Leptotila	<i>Leptotila verreauxi</i>
31	Animalia	Chordata	Aves	Columbiformes	Columbidae	Patagioenas	<i>Patagioenas picazuro</i>
32	Animalia	Chordata	Aves	Columbiformes	Columbidae	Zenaida	<i>Zenaida auriculata</i>
33	Animalia	Chordata	Aves	Coraciiformes	Alcedinidae	Chloroceryle	<i>Chloroceryle amazona</i>
34	Animalia	Chordata	Aves	Coraciiformes	Alcedinidae	Chloroceryle	<i>Chloroceryle americana</i>
35	Animalia	Chordata	Aves	Coraciiformes	Momotidae	Baryphthengus	<i>Baryphthengus ruficapillus</i>
36	Animalia	Chordata	Aves	Cuculiformes	Cuculidae	Guira	<i>Guira guira</i>
37	Animalia	Chordata	Aves	Cuculiformes	Cuculidae	Piaya	<i>Piaya cayana</i>

ID	Reino	Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie
38	Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Caracara	<i>Caracara plancus</i>
39	Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Falco	<i>Falco femoralis</i>
40	Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Falco	<i>Falco sparverius</i>
41	Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Herpetotheres	<i>Herpetotheres cachinnans</i>
42	Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Milvago	<i>Milvago chimachima</i>
43	Animalia	Chordata	Aves	Gruiformes	Rallidae	Aramides	<i>Aramides cajanea</i>
44	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Cardinalidae	Saltator	<i>Saltator similis</i>
45	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Coerebidae	Coereba	<i>Coereba flaveola</i>
46	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Corvidae	Cyanocorax	<i>Cyanocorax chrysops</i>
47	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Corvidae	Cyanocorax	<i>Cyanocorax cristatellus</i>
48	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Emberizidae	Ammodramus	<i>Ammodramus humeralis</i>
49	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Emberizidae	Arremon	<i>Arremon flavirostris</i>
50	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Emberizidae	Zonotrichia	<i>Zonotrichia capensis</i>
51	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Estrildidae	Estrilda	<i>Estrilda astrild</i>
52	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Fringillidae	Euphonia	<i>Euphonia chlorotica</i>
53	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Furnarius	<i>Furnarius rufus</i>
54	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Lepidocolaptes	<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>
55	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Sittasomus	<i>Sittasomus griseicapillus</i>
56	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Synallaxis	<i>Synallaxis frontalis</i>
57	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Synallaxis	<i>Synallaxis ruficapilla</i>
58	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Synallaxis	<i>Synallaxis spixi</i>
59	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Xenops	<i>Xenops rutilans</i>
60	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Hirundinidae	Notiochelidon	<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>
61	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Hirundinidae	Stelgidopteryx	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>
62	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Hirundinidae	Tachycineta	<i>Tachycineta leucorrhoa</i>
63	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Icteridae	Gnorimopsar	<i>Gnorimopsar chopi</i>
64	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Icteridae	Icterus	<i>Icterus cayanensis</i>
65	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Icteridae	Molothrus	<i>Molothrus bonariensis</i>
66	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Icteridae	Psarocolius	<i>Psarocolius decumanus</i>
67	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Icteridae	Pseudoleistes	<i>Pseudoleistes guirahuro</i>
68	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Mimidae	Mimus	<i>Mimus saturninus</i>
69	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Parulidae	Basileuterus	<i>Basileuterus culicivorus</i>

ID	Reino	Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie
70	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Parulidae	Geothlypis	<i>Geothlypis aequinoctialis</i>
71	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Parulidae	Myiothlypis	<i>Myiothlypis flaveola</i>
72	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Passeridae	Passer	<i>Passer domesticus</i>
73	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Pipridae	Antilophia	<i>Antilophia galeata</i>
74	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Pipridae	Chiroxiphia	<i>Chiroxiphia caudata</i>
75	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Pipridae	Manacus	<i>Manacus manacus</i>
76	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thamnophilidae	Herpsilochmus	<i>Herpsilochmus atricapillus</i>
77	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thamnophilidae	Taraba	<i>Taraba major</i>
78	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thamnophilidae	Thamnophilus	<i>Thamnophilus caerulescens</i>
79	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thamnophilidae	Thamnophilus	<i>Thamnophilus doliatus</i>
80	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Coryphospingus	<i>Coryphospingus cucullatus</i>
81	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Dacnis	<i>Dacnis cayana</i>
82	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Eucometis	<i>Eucometis penicillata</i>
83	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Hemithraupis	<i>Hemithraupis ruficapilla</i>
84	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Schistochlamys	<i>Schistochlamys ruficapillus</i>
85	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Sicalis	<i>Sicalis flaveola</i>
86	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Sicalis	<i>Sicalis luteola</i>
87	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Sporophila	<i>Sporophila caerulescens</i>
88	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Sporophila	<i>Sporophila lineola</i>
89	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Stilpnia	<i>Stilpnia cayana</i>
90	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Tachyphonus	<i>Tachyphonus coronatus</i>
91	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Tangara	<i>Tangara cyanoventris</i>
92	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Tersina	<i>Tersina viridis</i>
93	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Thraupis	<i>Thraupis palmarum</i>
94	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Thraupis	<i>Thraupis sayaca</i>
95	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Trichothraupis	<i>Trichothraupis melanops</i>
96	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Volatinia	<i>Volatinia jacarina</i>
97	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Troglodytidae	Cantorchilus	<i>Cantorchilus leucotis</i>
98	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Troglodytidae	Troglodytes	<i>Troglodytes aedon</i>
99	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Turdidae	Turdus	<i>Turdus amaurochalinus</i>
100	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Turdidae	Turdus	<i>Turdus leucomelas</i>
101	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Turdidae	Turdus	<i>Turdus rufiventris</i>

ID	Reino	Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie
102	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Camptostoma	<i>Camptostoma obsoletum</i>
103	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Colonia	<i>Colonia colonus</i>
104	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Corythopsis	<i>Corythopsis delalandi</i>
105	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Elaenia	<i>Elaenia flavogaster</i>
106	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Fluvicola	<i>Fluvicola nengeta</i>
107	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Lathrotriccus	<i>Lathrotriccus euleri</i>
108	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Leptopogon	<i>Leptopogon amaurocephalus</i>
109	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Megarynchus	<i>Megarynchus pitangua</i>
110	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Myiarchus	<i>Myiarchus ferox</i>
111	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Myiarchus	<i>Myiarchus tyrannulus</i>
112	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Myiodynastes	<i>Myiodynastes maculatus</i>
113	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Myiopagis	<i>Myiopagis caniceps</i>
114	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Myiopagis	<i>Myiopagis viridicata</i>
115	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Myiozetetes	<i>Myiozetetes similis</i>
116	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Phaeomyias	<i>Phaeomyias murina</i>
117	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Pitangus	<i>Pitangus sulphuratus</i>
118	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Platyrinchus	<i>Platyrinchus mystaceus</i>
119	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Pyrocephalus	<i>Pyrocephalus rubinus</i>
120	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Serpophaga	<i>Serpophaga subcristata</i>
121	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Todirostrum	<i>Todirostrum cinereum</i>
122	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Todirostrum	<i>Todirostrum poliocephalum</i>
123	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Tolmomyias	<i>Tolmomyias sulphureus</i>
124	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Tyrannus	<i>Tyrannus melancholicus</i>
125	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Tyrannus	<i>Tyrannus savana</i>
126	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Xolmis	<i>Xolmis velatus</i>
127	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Vireonidae	Cyclarhis	<i>Cyclarhis gujanensis</i>
128	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Vireonidae	Vireo	<i>Vireo olivaceus</i>
129	Animalia	Chordata	Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	Bubulcus	<i>Bubulcus ibis</i>
130	Animalia	Chordata	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Mesembrinibis	<i>Mesembrinibis cayennensis</i>
131	Animalia	Chordata	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Theristicus	<i>Theristicus caudatus</i>
132	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Galbulidae	Galbula	<i>Galbula ruficauda</i>
133	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Campephilus	<i>Campephilus melanoleucos</i>

ID	Reino	Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie
134	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Colaptes	<i>Colaptes campestris</i>
135	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Dryocopus	<i>Dryocopus lineatus</i>
136	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Picumnus	<i>Picumnus albosquamatus</i>
137	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Veniliornis	<i>Veniliornis passerinus</i>
138	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Ramphastidae	Ramphastos	<i>Ramphastos toco</i>
139	Animalia	Chordata	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Amazona	<i>Amazona aestiva</i>
140	Animalia	Chordata	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Aratinga	<i>Aratinga aurea</i>
141	Animalia	Chordata	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Aratinga	<i>Aratinga auricapillus</i>
142	Animalia	Chordata	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Aratinga	<i>Aratinga leucophthalma</i>
143	Animalia	Chordata	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Brotogeris	<i>Brotogeris chiriri</i>
144	Animalia	Chordata	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Diopsittaca	<i>Diopsittaca nobilis</i>
145	Animalia	Chordata	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Forpus	<i>Forpus xanthopterygius</i>
146	Animalia	Chordata	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Pionus	<i>Pionus maximiliani</i>
147	Animalia	Chordata	Aves	Strigiformes	Strigidae	Athene	<i>Athene cunicularia</i>
148	Animalia	Chordata	Aves	Strigiformes	Strigidae	Megascops	<i>Megascops choliba</i>
149	Animalia	Chordata	Aves	Trogoniformes	Trogonidae	Trogon	<i>Trogon surrucura</i>
150	Animalia	Chordata	Pisces	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	Poecilia	<i>Poecilia reticulata</i>
151	Animalia	Chordata	Pisces	Perciformes	Cichlidae	Australoheros	<i>Australoheros facetus</i>
152	Animalia	Chordata	Pisces	Siluriformes	Trichomycteridae	Trichomycterus	<i>Trichomycterus brasiliensis</i>
153	Animalia	Platyhelminthes		Tricladida	Geoplanidae	Paraba	<i>Paraba pankaru</i>
154	Fungi	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Physalacriaceae	Oudemansiella	<i>Oudemansiella cubensis</i>
155	Plantae	Bryophyta	Bryopsida	Dicranales	Dicranaceae	Dicranella	<i>Dicranella hilariana</i>
156	Plantae	Tracheophyta	Liliopsida	Poales	Bromeliaceae	Tillandsia	<i>Tillandsia pohliana</i>
157	Plantae	Tracheophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Cynodon	<i>Cynodon dactylon</i>
158	Plantae	Tracheophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Urochloa	<i>Urochloa brizantha</i>
159	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Cosmos	<i>Cosmos sulphureus</i>
160	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Boraginales	Heliotropiaceae	Heliotropium	<i>Heliotropium indicum</i>
161	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Cactaceae	Pereskia	<i>Pereskia aculeata</i>
162	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Caryophyllaceae	Drymaria	<i>Drymaria cordata</i>
163	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Cucurbitales	Begoniaceae	Begonia	<i>Begonia aconitifolia</i>
164	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Ericales	Primulaceae	Myrsine	<i>Myrsine gardneriana</i>
165	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Mimosa	<i>Mimosa pudica</i>

ID	Reino	Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie
166	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Paubrasilia	<i>Paubrasilia echinata</i>
167	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Acanthaceae	Ruellia	<i>Ruellia brevifolia</i>
168	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago major</i>
169	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Verbenaceae	Lantana	<i>Lantana camara</i>
170	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Verbenaceae	Lippia	<i>Lippia alba</i>
171	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Verbenaceae	Lippia	<i>Lippia origanoides</i>
172	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Laurales	Siparunaceae	Siparuna	<i>Siparuna guianensis</i>
173	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malpighiales	Euphorbiaceae	Euphorbia	<i>Euphorbia hirta</i>
174	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malpighiales	Euphorbiaceae	Jatropha	<i>Jatropha multifida</i>
175	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malpighiales	Euphorbiaceae	Ricinus	<i>Ricinus communis</i>
176	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malpighiales	Turneraceae	Turnera	<i>Turnera subulata</i>
177	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Sidastrum	<i>Sidastrum paniculatum</i>
178	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Malvales	Thymelaeaceae	Daphnopsis	<i>Daphnopsis racemosa</i>
179	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Lythraceae	Cuphea	<i>Cuphea carthagenensis</i>
180	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia cuspidata</i>
181	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Melastomataceae	Pleroma	<i>Pleroma stenocarpum</i>
182	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Myrtaceae	Myrciaria	<i>Myrciaria glazioviana</i>
183	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Rosales	Cannabaceae	Trema	<i>Trema micrantha</i>
184	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Rhaphiolepis	<i>Rhaphiolepis loquata</i>
185	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Sapindales	Sapindaceae	Cupania	<i>Cupania vernalis</i>
186	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Solanales	Convolvulaceae	Ipomoea	<i>Ipomoea indica</i>
187	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Solanales	Convolvulaceae	Ipomoea	<i>Ipomoea saopaulista</i>
188	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	Nicandra	<i>Nicandra physalodes</i>
189	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	Solanum	<i>Solanum americanum</i>
190	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	Solanum	<i>Solanum subumbellatum</i>

(Fonte: GBIF (2023))

3.2. Dinâmica socioeconômica e demográfica

A análise socioeconômica é uma parte do estudo que visa identificar e compreender as principais características e problemas socioeconômicos tanto para o município de Franca, quanto para a AIE do rio Canoas, levando em conta tópicos relacionados à padrões demográficos, características da economia local e análise de indicadores, permitindo subsidiar planos de ação, políticas e programas específicos para cada área.

A existência e disponibilidade de dados demográficos e socioeconômicos atualizados e desagregados para se caracterizar unidades de análise inframunicipal se constituem em desafios constantes encontrados pelos pesquisadores. Uma das principais fontes desses tipos de dados são os Censos Demográficos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O último Censo estava planejado para ocorrer em 2020, porém foi adiado inicialmente para 2021 por conta de os recursos previstos para sua realização terem sido realocados para o combate à pandemia da Covid-19 (AMORIM, 2021). No entanto, também por falta de recursos, teve novo adiamento (G1, 2021) e só começou a ser realizado em agosto de 2022 (RODRIGUES, 2022), com previsão de encerramento para o final de outubro daquele ano (ABDALA, 2022). Tal previsão, contudo, não foi atingida, tanto por dificuldades no recrutamento de recenseadores, como pela recusa de parte da população em receber esses profissionais (O GLOBO, 2022). Franca e região não foram exceção em relação a esses problemas, conforme relatado em reportagens publicadas ao longo desse período (CARVALHO, 2022; LEONI E CÉSAR, 2022). O IBGE finalizou oficialmente a coleta de dados do Censo em 28/02/2023 (AMORIM, 2023), porém ainda realizou posteriormente a chamada Pesquisa Pós-Enumeração para aumentar a precisão dos dados buscando coletar dados de moradores que ainda não haviam respondido o questionário (FELIPE, 2023). A previsão oficial do IBGE é que os primeiros resultados do Censo sejam divulgados no final de abril (SILVEIRA, 2023), portanto, após a finalização do presente relatório. Sendo assim, os dados para caracterização socioeconômica aqui usados se basearam em grande parte no Censo de 2010, que é a principal fonte de dados desagregados disponíveis até o momento. Esses dados foram complementados e comparados com outros dados mais atualizados sobre o município (como os disponibilizados pela Fundação Seade), mas que não são possíveis de serem desagregados para a AIE. Espera-se que até a conclusão do

presente projeto, os dados do Censo atual sejam disponibilizados para a equipe, o que permitirá a atualização deste relatório. Tratativas em relação a isso já têm sido feitas com o Sr. Marcos Paulo Santos Gallo, Coordenador de área do IBGE em Franca.

3.2.1. Dados demográficos

De acordo com os dados do Censo demográfico do IBGE em 2010, o município de Franca possuía 318.331 habitantes e a análise de condições de vida locais indicava que a renda per capita mensal era de R\$ 718,48, cerca de 1,5 salários-mínimos (considerando o salário-mínimo da época). As estimativas preliminares do Censo de 2022 disponibilizadas pelo IBGE inferem que a população de Franca teve um aumento de aproximadamente 15% nos últimos 12 anos, atingindo 370.378 habitantes (IBGE, 2022), dados que ainda precisam ser confirmados e consolidados pelo censo atual.

A Figura 3.2.1(1) sintetiza os dados demográficos do município de Franca de 2022, destacando a diminuição relativa da população mais jovem (0 a 14 anos) ao longo das últimas 2 décadas e aumento relativo da população mais velha (a partir de 60 anos) nesse mesmo período, tendências que devem se manter nas próximas décadas.

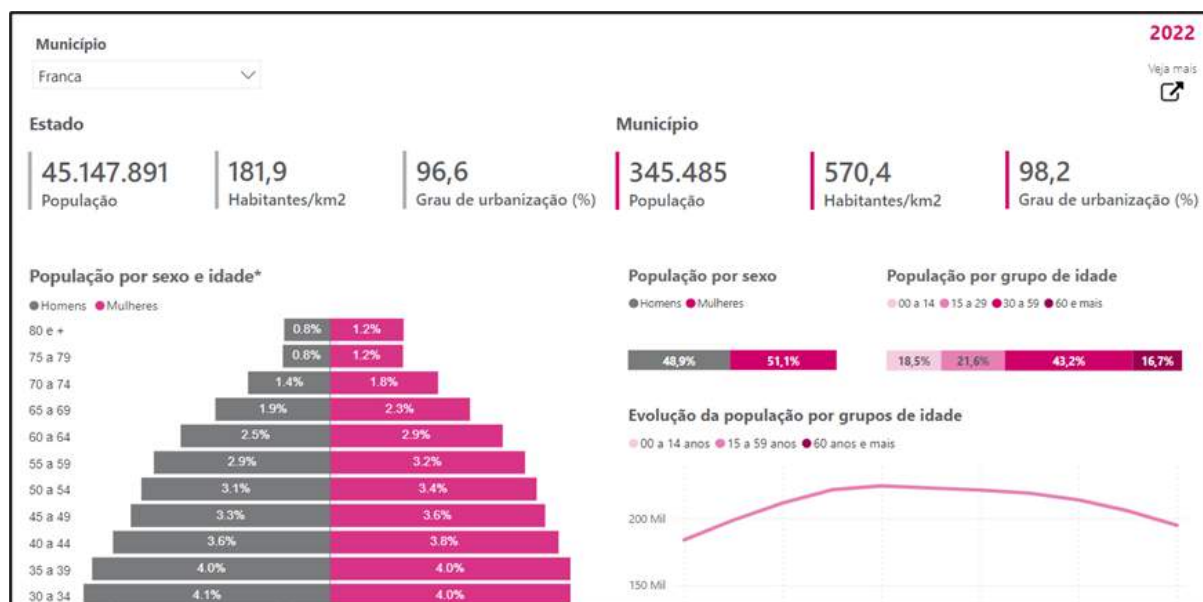


Figura 3.2.1(1): Síntese dos dados demográficos do município de Franca (SP).

(Fonte: Seade Municípios (<https://municipios.seade.gov.br/>).)

A análise demográfica da AIE Canoas parte da estimativa de população analisando os setores censitários de 2010 que compõe a bacia e a dinâmica de uso do solo local, visando identificar os setores que realmente apresentam domicílios dentro da área de estudo, reduzindo assim ao máximo as inconsistências e anomalias provenientes da descontinuidade dos limites da bacia em relação aos polígonos dos setores. Nesse contexto, podemos estimar a população na AIE do Canoas em 4.172 habitantes, residentes em aproximadamente 1.294 domicílios, representados por 5 setores censitários principais onde a maioria de suas áreas está dentro da Bacia. Dentre esses setores, o IBGE classifica 3 deles como rurais, e 2 deles como urbanos, conforme demonstra a Figura 3.2.1(2).

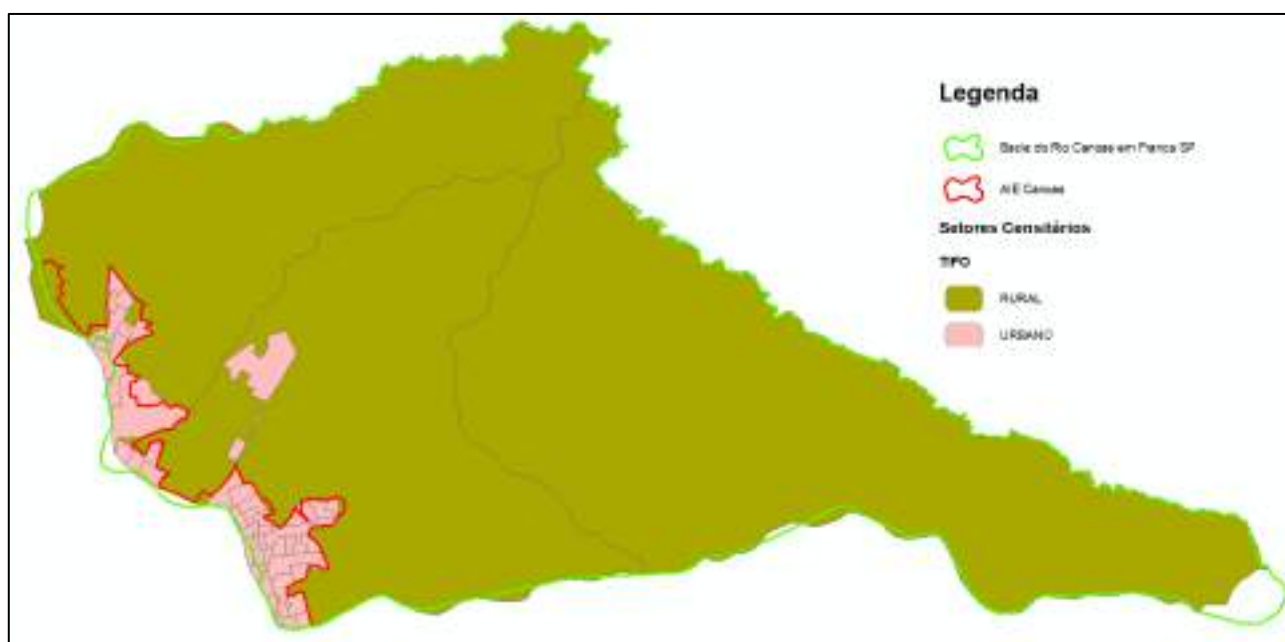


Figura 3.2.1(2) – Setores Censitários IBGE 2010 na AIE Canoas

Nota-se, então, que a ocupação deste território é de baixo adensamento populacional, contemplando uma densidade demográfica de 22,82 habitantes por quilômetro quadrado, enquanto o município de Franca apresenta uma densidade demográfica muito superior, de aproximadamente 525,7 habitantes por quilômetro quadrado.

Já quando olhamos para dentro de cada setor, a análise de densidade demográfica mostra disparidades entre os setores rurais e urbanos, conforme apresentado na Figura 3.2.1(3), onde vê-se com clareza que os setores urbanos concentram a maior parte da população da bacia em um reduzido espaço reproduzindo uma densidade muito alta,

enquanto nos setores rurais a densidade é muito inferior, já que o contingente populacional é reduzido em grandes áreas em proporção.

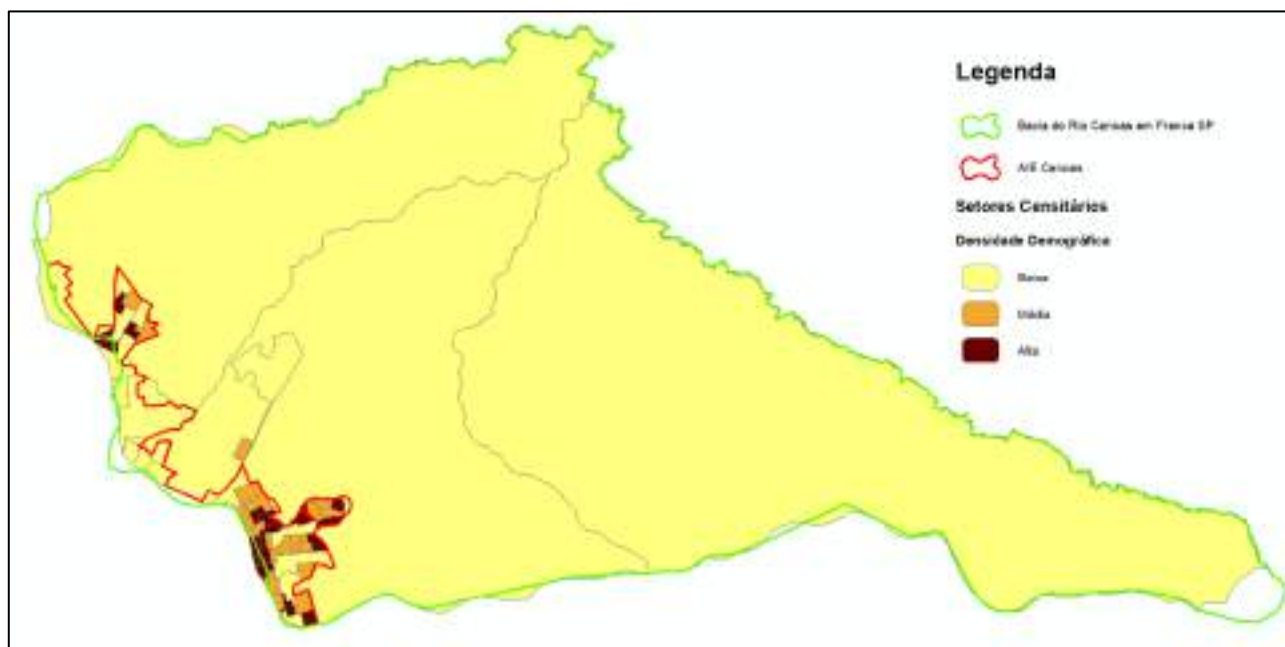


Figura 3.2.1(3) – Densidade demográfica por setor censitário na AIE Canoas

Os dados demográficos apresentados anteriormente demonstram que o padrão de ocupação humana da AIE do rio Canoas é fortemente distinto da do município de Franca, indicando também dessemelhanças em critérios econômicos. Nesse mesmo contexto socioespacial, infere-se que a renda per capita na AIE do Canoas em 2010 era de R\$ 695,34, cerca de 1,36 salários-mínimos da época, valor 3,5 % menor do que para o município de Franca como um todo. Além disso, foi diagnosticado que, dentro da AIE, a renda per capita dos setores censitários urbanos era aproximadamente 42% maior do que nos setores censitários rurais.

3.2.2. Aglomerados Urbanos Subnormais

Quanto à tendência dos municípios de médio e grande porte do Brasil em terem como reflexo do crescimento urbano a expansão dos aglomerados subnormais - formas de ocupação irregular de terrenos de propriedade alheia – públicos ou privados – para fins de habitação em áreas urbanas e, em geral, caracterizados por um padrão urbanístico irregular (IBGE, 2020) - o levantamento mais recente do IBGE demonstrou que nem a AIE do rio

Canoas, nem o município de Franca apresentam áreas com essas características, indicando que o processo de expansão urbana nesses locais ainda ocorre sem a formação de espaços como grotas, baixadas, cortiços, favelas, dentre outros do gênero.

3.2.3. Economia

3.2.3.1. Estrutura Produtiva e Ocupacional

A comparação do desempenho econômico dos municípios do estado de São Paulo pode ser feita por meio das informações disponibilizadas pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados do estado de São Paulo (SEADE), que avalia o Produto Interno Bruto SEADE, uma medida de valor de mercado de todos os bens e serviços produzidos, sendo uma importante medida utilizada por diferentes instituições para monitorar e identificar tendências e desafios no campo econômico (SEADE Municípios, 2020). De acordo com o ranking do PIB SEADE, o município de Franca está em 40º lugar dentre todos os municípios do estado, tendo como principal atividade o setor terciário, voltado à venda de serviços e bens imateriais, seguido pelo setor secundário, que representa as indústrias locais. Por fim, vem a contribuição do setor agropecuário, voltado à produção de commodities agrícolas e pecuária. Entretanto, conforme evidenciado no item Usos e Ocupação do Solo e detalhado mais adiante, na AIE Canoas é a atividade agropecuária que predomina.

Em relação aos valores de transformação industrial por setor de atividade, o setor de couros e artefatos de couros representam mais de 70% desses valores (Figura 3.2.3.1(2)). Na pecuária tem destaque os rebanhos bovinos que correspondem a 86% dos rebanhos no município (Figura 3.2.3.1(3)). Por sua vez, o café apresenta relevante representatividade na produção agrícola, conforme mostrado na mesma figura.

Distribuição do PIB Municipal, 2020

Agropecuária Impostos líquidos de subsídios Indústria Serviços



Distribuição do Valor Adicionado por Setor, 2020

Agropecuária Indústria Serviços (exceto administração pública) Serviços de administração pública



Figura 3.2.3.1(1) – Distribuição do PIB e de valores adicionados por setor para o município de Franca

(Fonte: SEADE Painel Municípios <https://municipios.seade.gov.br/>)

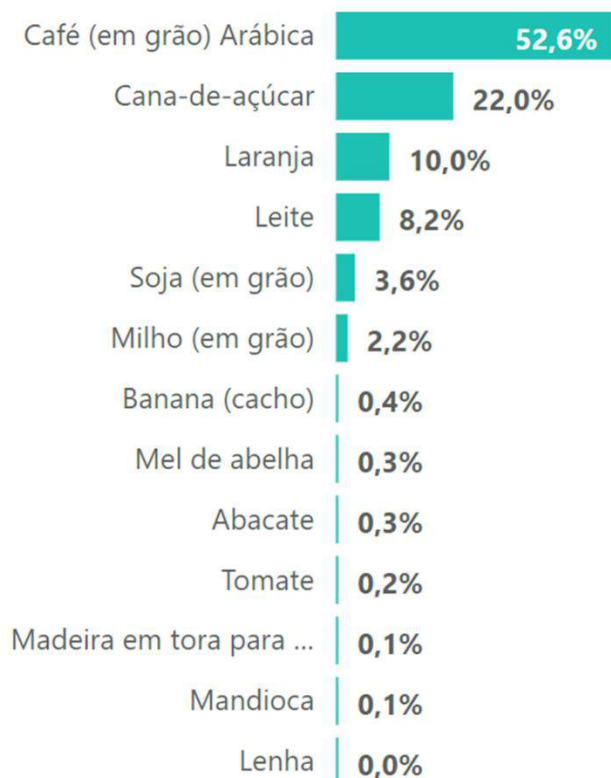
Valor da Transformação Industrial por setor de atividade, 2017



Figura 3.2.3.1(2) – Valores da transformação industrial por setor de atividades para o município de Franca

(Fonte: SEADE Painel Municípios <https://municipios.seade.gov.br/>)

Produção agropecuária, 2021



Rebanho, 2021

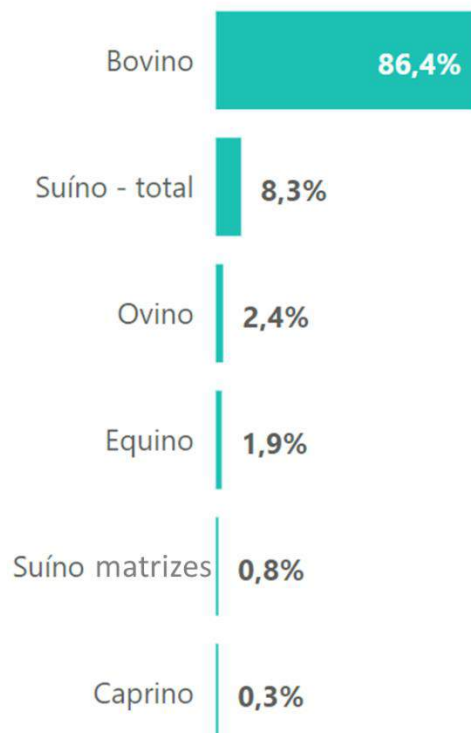


Figura 3.2.3.1(3) – Valores da produção agrícola e de rebanhos para o município de Franca

(Fonte: SEADE Painel Municípios <https://municipios.seade.gov.br/>)

Em relação à distribuição do emprego formal em Franca (Figura 3.2.3.1(4)), o comércio varejista é o maior empregador do município, seguido de atividades relacionadas a couros. Já os maiores salários médios estão relacionados às atividades de captação, tratamento e distribuição de água e às atividades de pesquisa e desenvolvimento científico.

Distribuição do emprego formal por divisão da CNAE



Salário Médio por divisão da CNAE



Figura 3.2.3.1(4): Distribuição do emprego formal (a) e do salário médio (b) por divisão do CNAE (recorte para as principais atividades) no município de Franca (SP).

(Fonte: SEADE Painel Municípios <https://municipios.seade.gov.br/>)

No que tange às atividades econômicas da AIE Canoas, as visitas a campo e a análise da carta de uso do solo feitas por nossa equipe (Figura 3.8(1) e 3.8(2)) identificaram os principais padrões locais de apropriação antrópica do território permitindo avaliar quais são as principais atividades econômicas que ocorrem na bacia.

Em uma análise geral, os usos antrópicos (não-floresta) da AIE Canoas (que indicam efetivamente as atividades econômicas da área) são majoritariamente destinados à atividades agropecuárias, destacando assim a vocação socioeconômica do local para atividades consideradas não urbanas (IBGE,2020).

A classe de uso que ocupa a maior parte da AIE corresponde às pastagens, com mais de 6000 hectares alocados que, em geral, são destinados à pecuária extensiva de pequeno porte com baixo desenvolvimento tecnológico de produção, fator que pode explicar a menor taxa de renda no local em relação ao município de Franca. Na Figura 3.2.3.1(5), é possível comparar como essa atividade se distribuía nas propriedades não só da AIE, como em Franca e nos municípios vizinhos, nos anos de 2007/2008 e 2016/17.

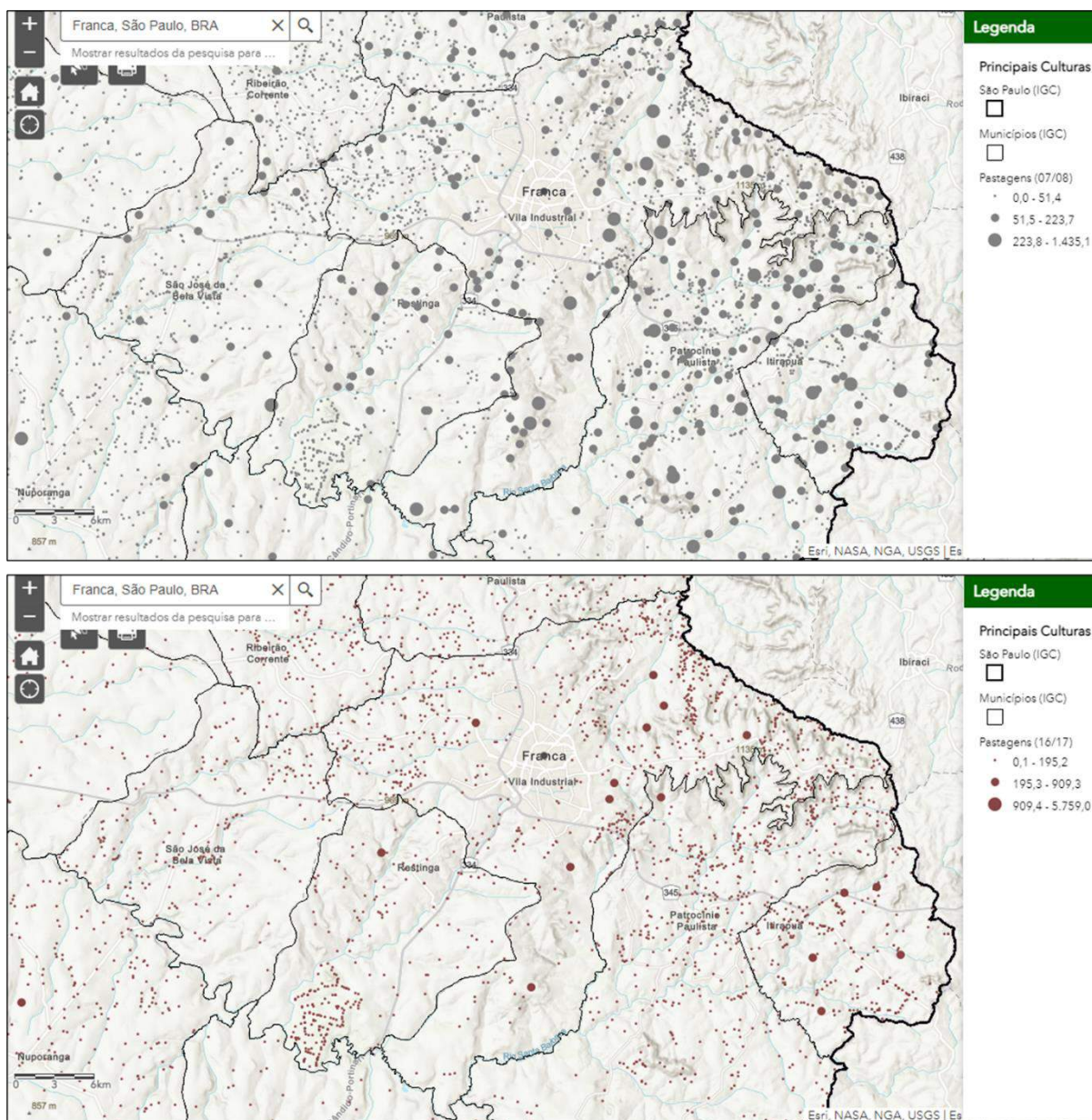


Figura 3.2.3.1(5): Propriedades rurais com pastagens no município de Franca (SP) e entorno.

Fonte: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI:

<https://geo.cati.sp.gov.br/portal/apps/webappviewer>

Em segundo lugar, ocupando quase 4.000 hectares aparecem as culturas permanentes, caracterizadas por cultivos agrícolas de ciclo vegetativo longo (mais de um ano), que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio, tais como o café e a laranja. A Fig. 3.2.3.1(6) como a variação na produção de café entre os anos de 2007/2008 e 2016/17 nas propriedades rurais da região de Franca, incluindo as propriedades localizadas na AIE.

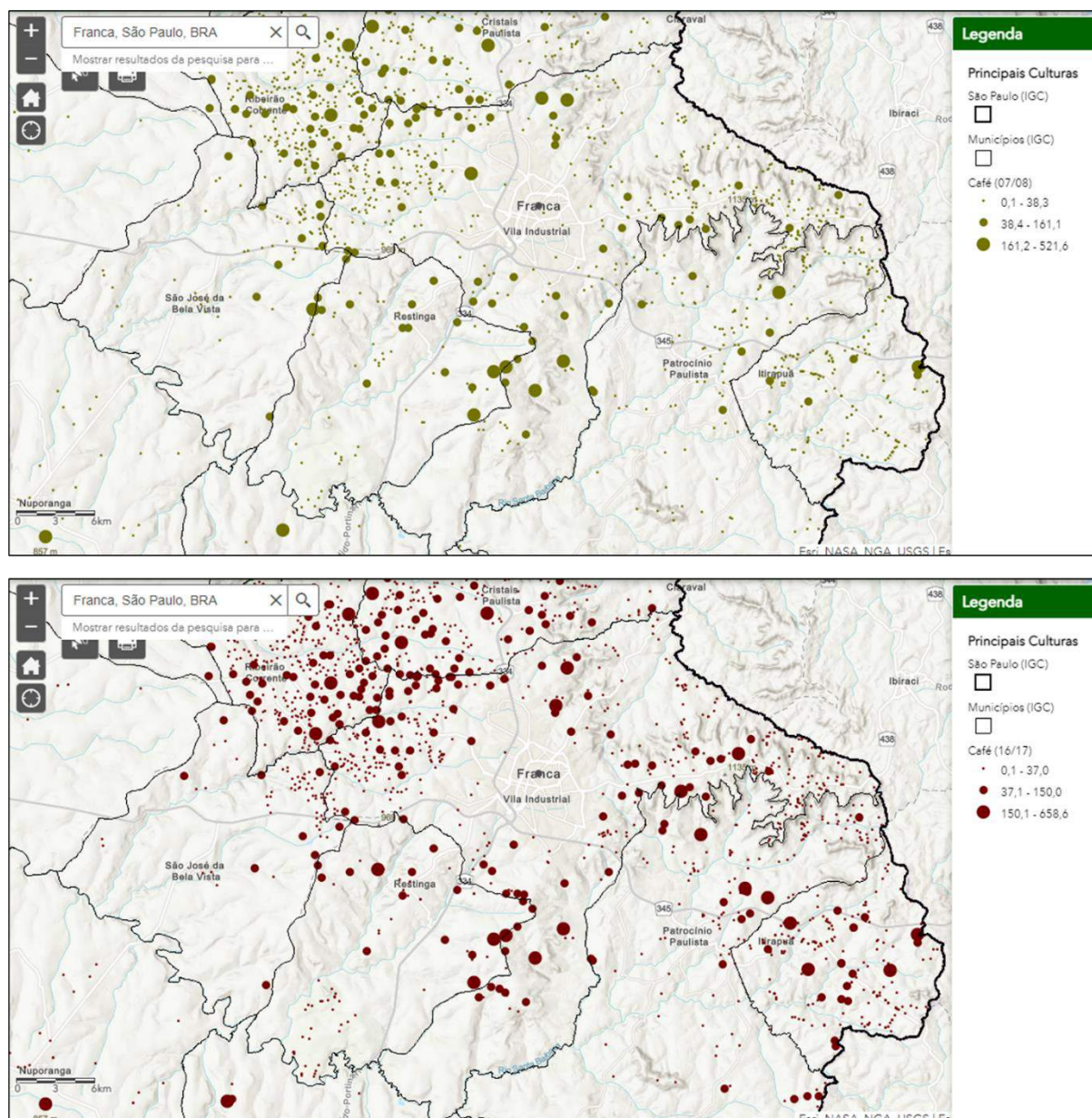


Figura 3.2.3.1(6): Propriedades rurais com produção de café no município de Franca (SP) e entorno.

Fonte: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI:

<https://geo.cati.sp.gov.br/porta/apps/webappviewer>

As lavouras temporárias, que ocupam pouco mais de 2.000 hectares na área de estudo, representam áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, que após a colheita, necessitam de um replantio para produzir novamente (MAPBIOMAS, 2021) sendo representadas principalmente pelo cultivo da cana-de-açúcar. Esta produção na bacia remete à uma das mais importantes commodities do estado ao qual está inserida, tendo em vista que São Paulo é o maior produtor do Brasil deste insumo (54% do total), voltado à

produção de açúcar e de etanol. Já a Figura 3.2.3.1(7) evidencia que a presença da cana-de-açúcar no município de Franca era pouco significativa nos anos de 2007/8, enquanto em 2016/17 essa atividade aumentou, inclusive na AIE.

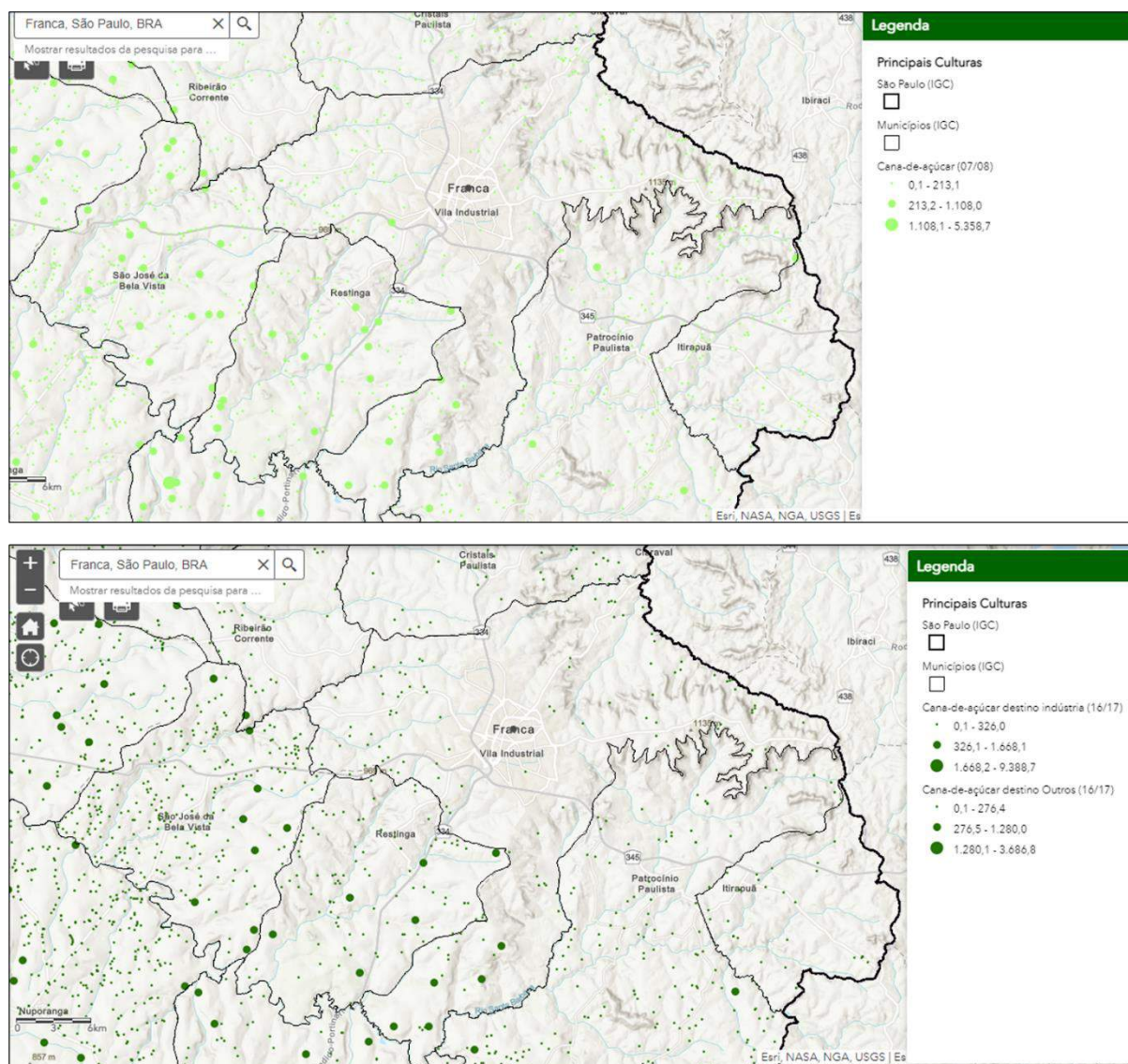


Figura 3.2.3.1(7): Propriedades rurais com produção de cana-de-açúcar no município de Franca (SP) e entorno.

Fonte: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI:

<https://geo.cati.sp.gov.br/porta/apps/webappviewer>

As áreas urbanizadas ocupam pouco mais de 2.000 hectares da bacia e correspondem a ocupações de baixo adensamento populacional, como chácaras privadas, condomínios de chácaras e casas de veraneio.

Foi identificado também a silvicultura de eucalipto na região, a espécie florestal mais cultivada no país, que apresenta um ciclo de rotação de em média 6 a 7 anos contendo diversas destinações econômicas, tais como diversos fins, tais como papel e celulose para indústrias do ramo, carvão, lenha, óleos essenciais, serraria, ornamentação dentre outros.

3.2.3.2. Perfil socioeconômico e indicadores sociais

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida que visa aferir a qualidade de vida de uma sociedade a partir da avaliação de parâmetros relacionados à renda, saúde e educação. Já o IDH municipal (IDHM), de acordo com o governo brasileiro, representa um ajuste do índice para a realidade municipal, refletindo as especificidades e desafios em escalas locais no alcance do desenvolvimento humano. O IDHM é calculado para todos os municípios brasileiros e divisões intramunicipais (aproximações de bairros) das regiões metropolitanas do país. Também são calculados cerca de 200 indicadores sociais e econômicos, utilizando como base as informações dos Censos Demográficos (IBGE) de 1991, 2000 e 2010.

De acordo com os dados disponibilizados pelo Atlas Brasil, o município de Franca apresenta um IDHM de 0,780, considerado de nível Alto, enquanto o Índice de Gini, que avalia a estrutura da desigualdade de renda no país, apontava para um valor de 0,45 em 2010, considerado moderado.

No que diz respeito à educação, o município possui uma rede de ensino bem desenvolvida, oferecendo escolas municipais, estaduais e particulares. Quanto à alfabetização, o censo de 2010 indicou que 90% dos cidadãos eram alfabetizados, sendo a mesma taxa diagnosticada a nível local na AIE Canoas, um bom indicativo de que a estrutura organizacional do sistema de educação municipal contemplava eficazmente áreas fora do eixo de alta urbanização.

Para o ano de 2019, dados da Prefeitura Municipal revelam que a taxa de escolarização das crianças entre 6 e 14 anos de idade era de 99,8%, superior à taxa brasileira diagnosticada pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) (2021) que era de 96,2% (pior taxa que o Brasil atingiu em 6 anos).

Além disso, o município também possui uma unidade da Universidade Estadual Paulista (UNESP) e também instituições de ensino superior privadas, demonstrando que não só o ensino básico é oferecido. Um outro indicador importante para a análise do município é o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), no qual Franca apresenta níveis acima das médias do estado de São Paulo (Figura 3.2.3.2(1)).



Figura 3.2.3.2(1): Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) do município de Franca (SP).

Fonte: Seade Municípios (<https://municipios.seade.gov.br/>).

Em relação à saúde, Franca possui uma rede de atendimento composta por diversas unidades básicas de saúde, um hospital municipal e outras unidades de atendimento especializado. Em 2019, a taxa de mortalidade infantil no município era de 9,1 por mil nascidos vivos.

Quanto à segurança pública, Franca apresenta índices relativamente baixos de criminalidade. Em 2019, a taxa de homicídios no município era de 6,1 por 100 mil habitantes, de acordo com o Atlas da Violência, elaborado pelo IPEA em parceria com o Fórum Brasileiro de Segurança Pública.

3.2.3.3. Índice Paulista de Vulnerabilidade (IPVS)

O Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) é uma ferramenta criada pela Fundação Seade em parceria com a Secretaria de Estado de Assistência e Desenvolvimento Social de São Paulo para medir o grau de vulnerabilidade social dos municípios do estado de São Paulo levando em consideração diversas variáveis relacionadas a fatores socioeconômicos, como renda, educação, trabalho, habitação, saúde, vulnerabilidade social e violência.

Com base nesses indicadores, é possível classificar os municípios em quatro faixas de vulnerabilidade social: muito baixa, baixa, média e alta e assim orientar políticas públicas e programas sociais, bem como auxiliar a alocação de recursos em áreas prioritárias.

A Figura 3.2.3.3(1) ilustra as classes do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) para os setores censitários que constituem a AIE Canoas:



Figura 3.2.3.3(1): Índice Paulista de Vulnerabilidade Social por setores censitários na AIE Canoas

Nota-se que, em geral, foram diagnosticadas vulnerabilidades sociais Muito Baixa e Baixa na extensão da AIE Canoas, reflexo das condições de vida da população local em relação aos principais critérios socioeconômicos analisados. Ademais, a baixa densidade demográfica nos setores é um fator que contribui diretamente para que as mazelas sociais

sejam amenizadas no local. Tal situação pode ser alterada futuramente caso ocorram mudanças no padrão de uso e ocupação nessa área.

3.3. Recursos hídricos

3.3.1. Caracterização da rede hidrográfica

Os dados sobre a rede hidrográfica disponíveis para a Bacia do Rio Canoas são oriundos da cartografia sistemática nacional em escala 1:50.000 vetorizadas das cartas do IBGE e disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas por meio do portal SNIRH, sendo esta rede hidrográfica adotada oficialmente pela agência e denominada Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO). Esta base vetorial será utilizada para os estudos hidrológicos, bem como as áreas de contribuição de cada trecho que são denominadas de “Ottobacias” e que também são disponibilizadas pela ANA. Na figura 3.3.1(1) pode-se visualizar a rede hidrográfica BHO para a bacia hidrográfica do Rio Canoas. O mapa da rede hidrográfica BHO está disponibilizado no anexo 3.3.1(1).

Para a área da AIE Canoas é disponibilizada pelo portal DataGeo SP a base cartográfica do IGC em escala 1:10.000. Para este estudo foi vetorizada a rede hidrográfica a partir desta base e com auxílio das imagens de sensoriamento remoto disponíveis foi realizado um ajuste dos vetores para a sua atualização, já que a base do IGC foi restituída a partir de fotografias aéreas do ano de 1990. Na figura 3.3.1(2) pode-se visualizar a rede hidrográfica IGC Ajustada para a AIE Canoas. O mapa da rede hidrográfica IGC Ajustada está disponibilizado no anexo 3.3.1(2). Esta base vetorial da hidrografia será utilizada na identificação das Áreas de Preservação Permanente, tanto as margens de rios como as nascentes.

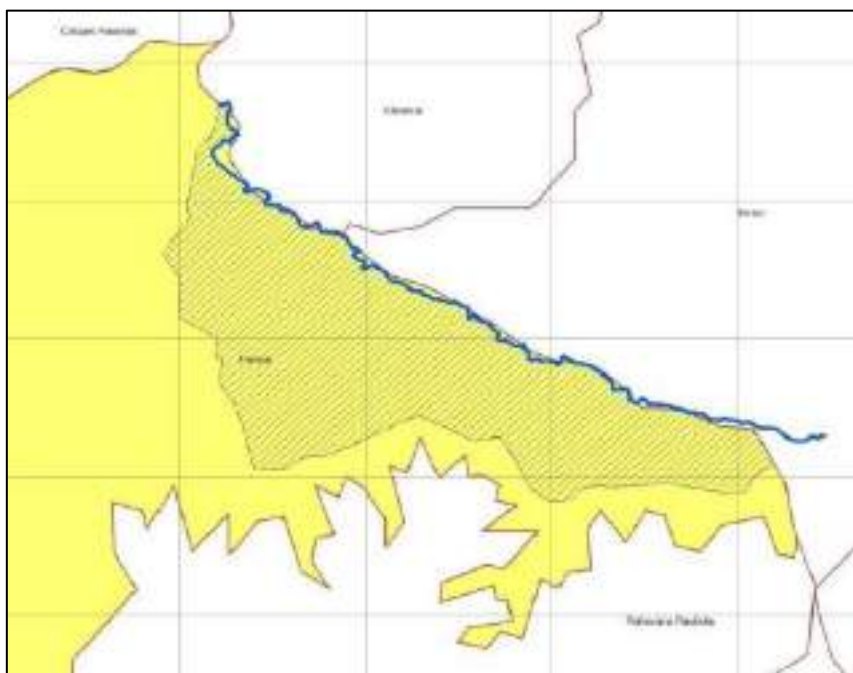


Figura 3.3.2(1) - Área do projeto realizado pela Difusão Consultoria
(Difusão Consultoria, 2011)

O levantamento abrangeu 26 propriedades rurais nas quais foram identificadas 43 nascentes. Além da identificação foi realizado um cadastro físico ambiental, bem como o registro fotográfico de cada uma das nascentes, o que permitiu classificá-las por meio de um Índice de Qualidade Ambiental das Nascentes (IQAN). No gráfico da figura 3.3.2(2) pode-se verificar o resultado da aplicação do INQA e na figura 3.3.2(3) a localização das nascentes identificadas no projeto.

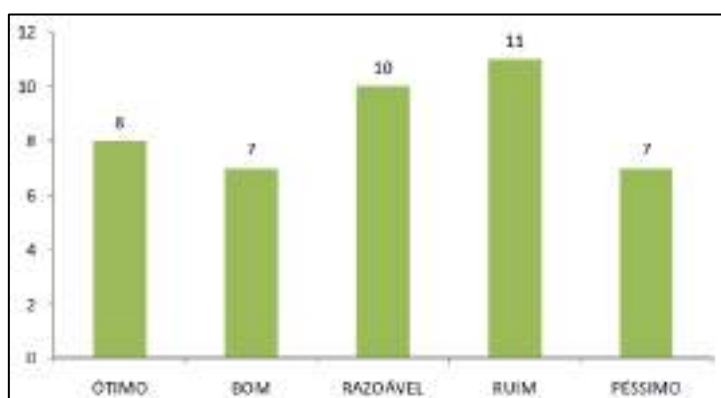


Figura 3.3.2(2) - Gráfico do Resultado do INQA
(Difusão Consultoria, 2011)

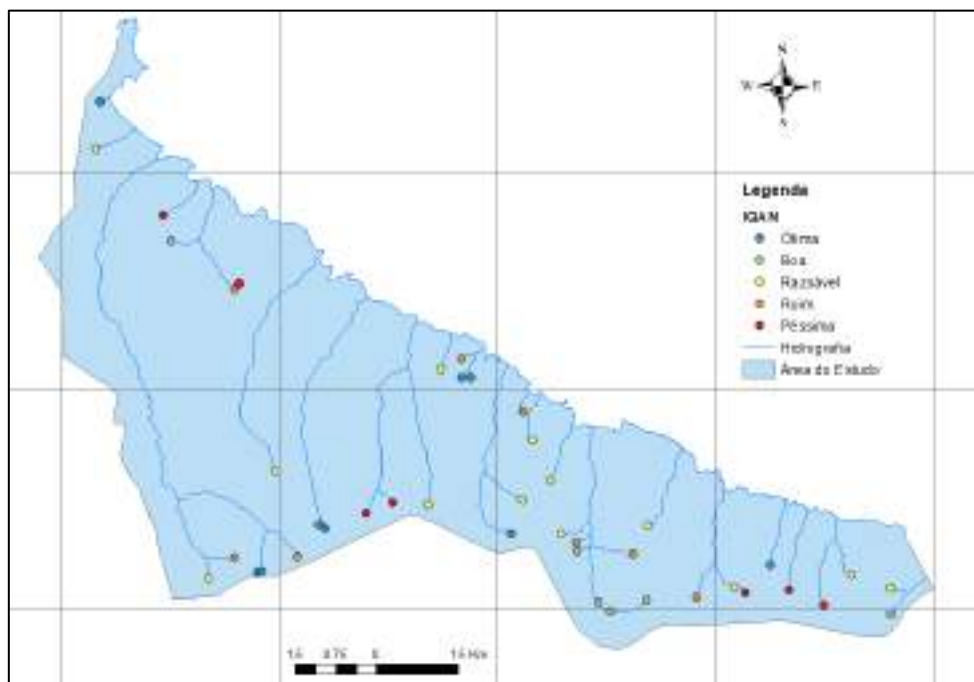


Figura 3.3.2(3) - Localização das nascentes identificadas pela Difusão Consultoria

(Difusão Consultoria, 2011)

O segundo estudo denominado Mapa de Georreferenciamento das Principais Nascentes da Bacia Hidrográfica do Canoas no Município de Franca - SP, apresentando por Bertelli et al. (2020) identificou 158 nascentes na AIE Canoas, sendo 99 (78,21 ha) com cobertura nativa e 59 (46,61 ha) nascentes degradadas, que necessitam de restauração ecológica. Na figura 3.3.2(4) visualiza-se o mapa apresentado no estudo.

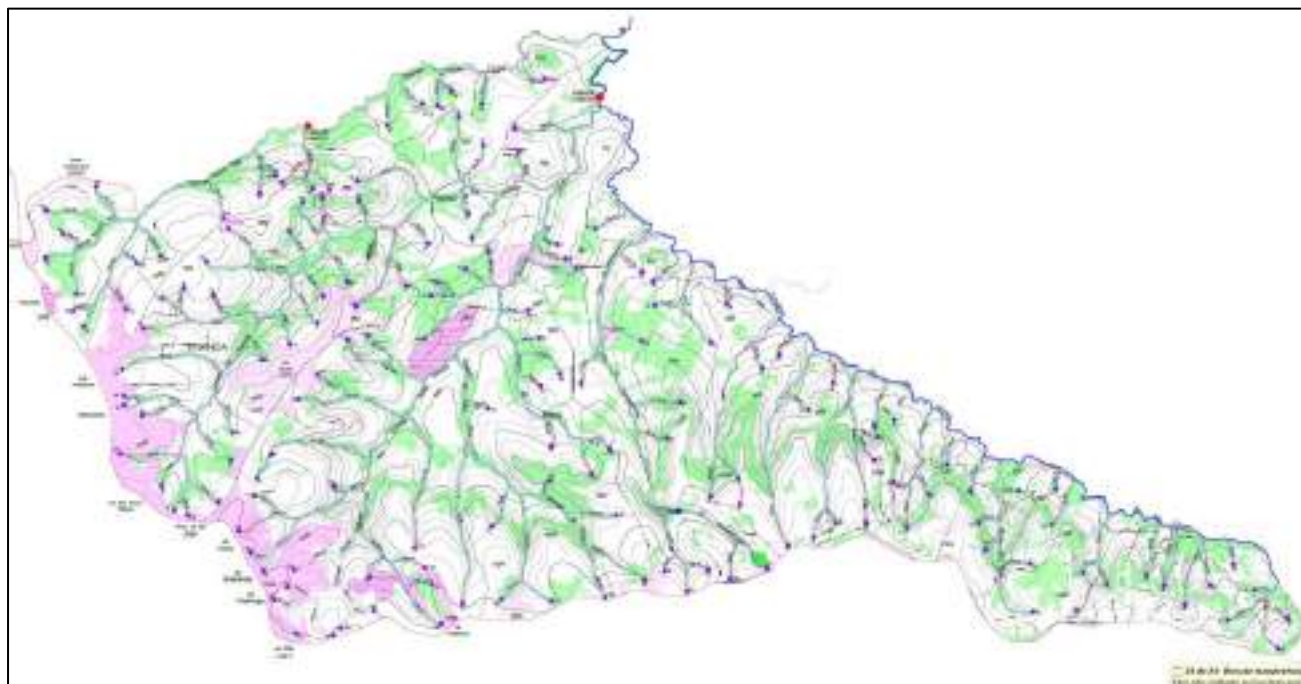


Figura 3.3.2(4) - Mapa de nascentes Estudo Bertelli

(adaptado de Bertelli., 2020)

Utilizando a rede hidrográfica do IGC 1:10.000 ajustada também foi possível determinar as posições das nascentes. Nessa base foram identificadas 202 posições de nascentes.

Seguiu-se com uma análise destas três bases e assim pode-se depreender que as posições de nascentes do estudo de Bertelli (2020) são compatíveis com a hidrografia 1:50.000, entretanto as suas posições estão deslocadas em relação às bases cartográficas oficiais, principalmente na porção leste da AIE Canoas, com algumas diferenças da ordem de 200 metros. As posições das nascentes apresentadas no estudo da Difusão Consultoria apresentam boa aderência com a hidrografia da escala 1:10.000 e principalmente quando sobrepostas às imagens de sensoriamento remoto disponíveis. Como essas posições foram levantadas em campo optamos por ajustar as posições das nascentes da cartografia 1:10.000 por esta base quando disponíveis neste trabalho que foi restrito a uma porção da área de estudo. Nas figuras 3.3.2(5) (a) e (b) são apresentadas as três bases sobrepostas.

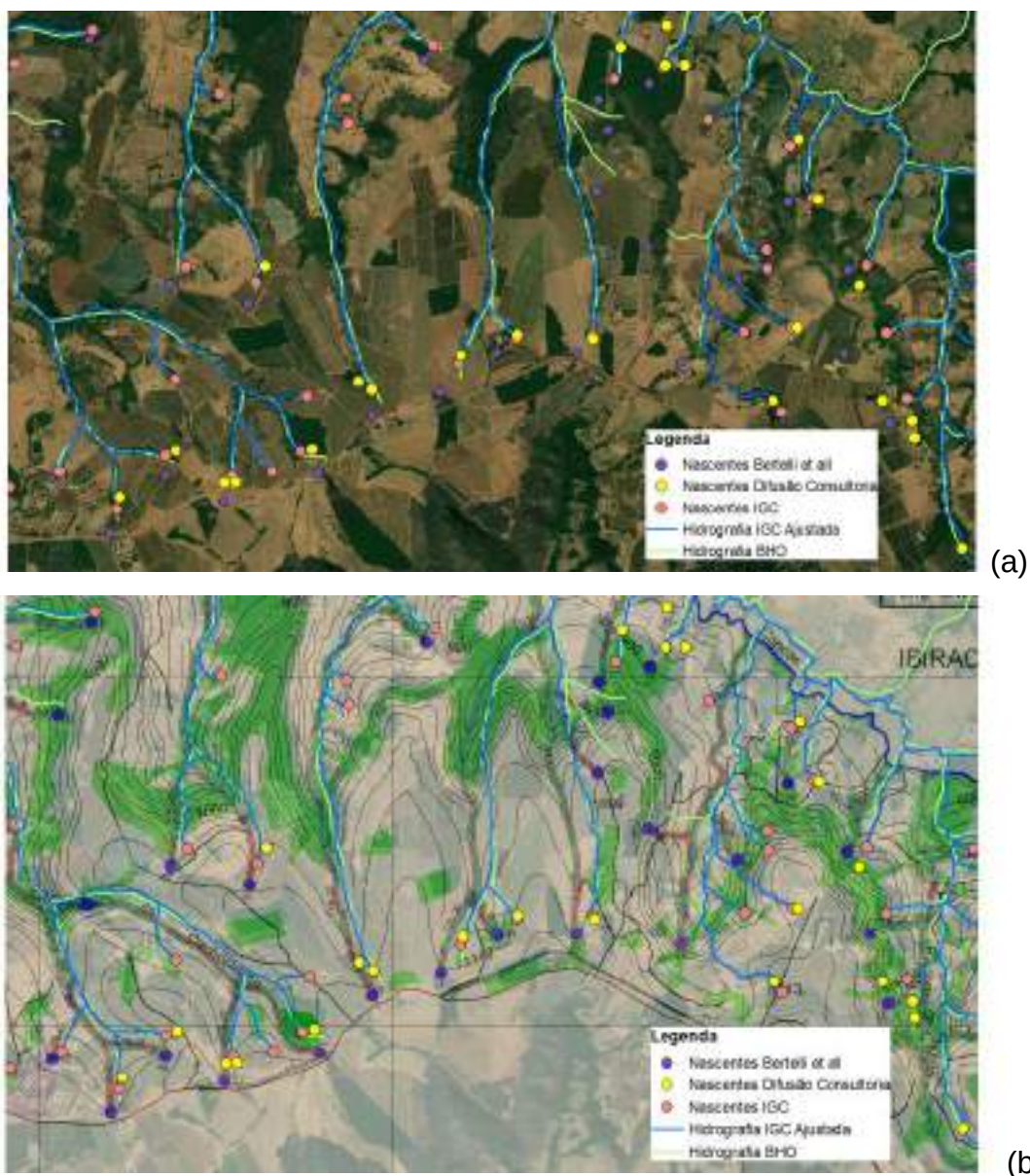


Figura 3.3.2(5) - (a) Sobreposição das nascentes (b) Sobreposição das nascentes com mapa georreferenciado com transparência de 50%

Alguns ajustes foram realizados com a ajuda dos arquivos fotográficos do relatório do estudo da Difusão consultoria. Ao final destes ajustes, a base de nascentes resultou em 219 posições. Na figura 3.3.2(6) apresenta-se a base de nascentes ajustadas para este projeto. O mapa de Nascentes IGC Ajustadas é apresentado no anexo 3.3.2(1).

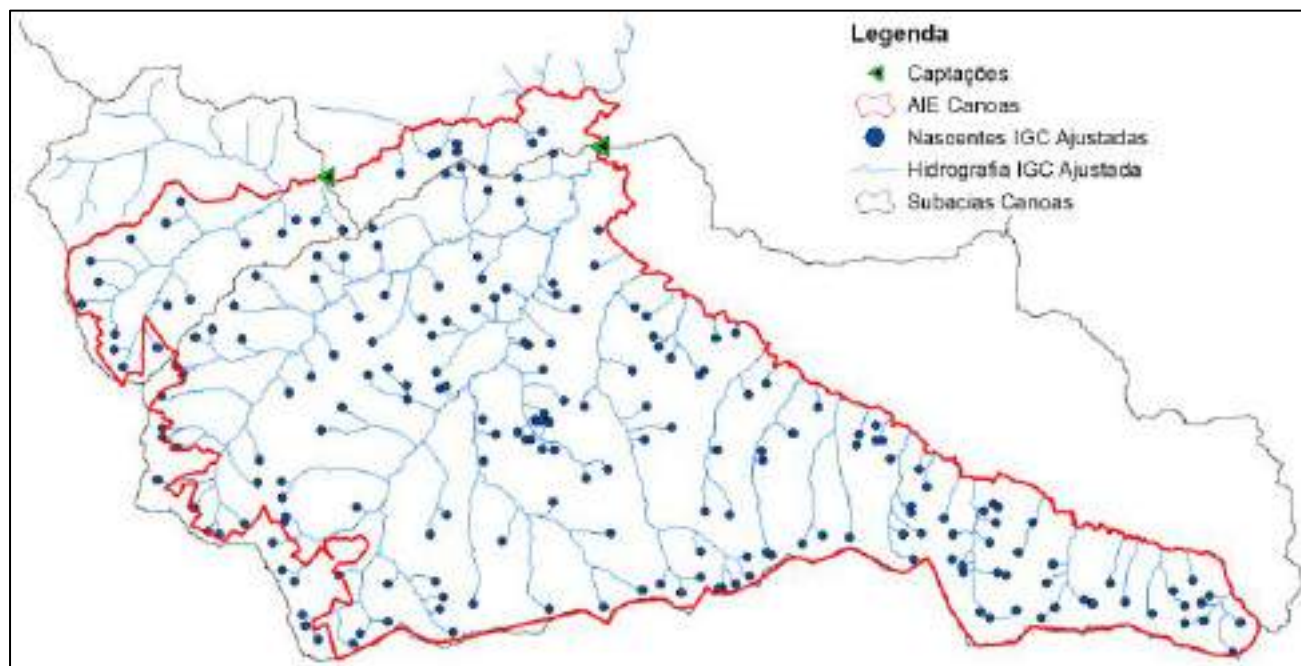


Figura 3.3.2(6) - Base de nascentes

3.3.3. Caracterização morfométrica das sub-bacias dos afluentes da margem esquerda do Rio Canoas na AIE Canoas

A morfometria refere-se basicamente a determinação de áreas, comprimentos, declividades e índices geométricos. Por meio dos parâmetros morfométricos podemos compreender o funcionamento de uma bacia hidrográfica. Segundo Machado et al. (2005), a análise de aspectos relacionados à área da bacia como rede de drenagem e relevo pode levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica entre elementos de natureza geológica, climatológica, biogeográfica e topográfica. O estudo das características morfológicas e hidrológicas em uma bacia hidrográfica, aliada ao conhecimento do uso da terra, pode auxiliar no processo de avaliação de possíveis efeitos da perturbação das características do ecossistema em suas condições naturais de equilíbrio, visando estabelecer parâmetros adequados para a sua exploração (OLSZEWSKI et al., 2011).

Para a caracterização morfométrica das sub-bacias utilizou-se como referência a rede de drenagem BHO bem como suas Ottobacias. As questões referentes à altimetria foram

baseadas nos modelos digitais de elevação ALOS PALSAR, SRTM e MDT SP SMA com base nas curvas de nível IBGE na escala de 1:50.000.

As sub-bacias caracterizadas foram numeradas a partir da cabeceira do Rio Canoas de montante para jusante totalizando 25 sub-bacias. Na figura 3.3.3(1) pode-se visualizar as sub-bacias. O mapa das sub-bacias da margem esquerda do Rio Canoas na AIE Canoas é apresentado no anexo 3.3.3(1).

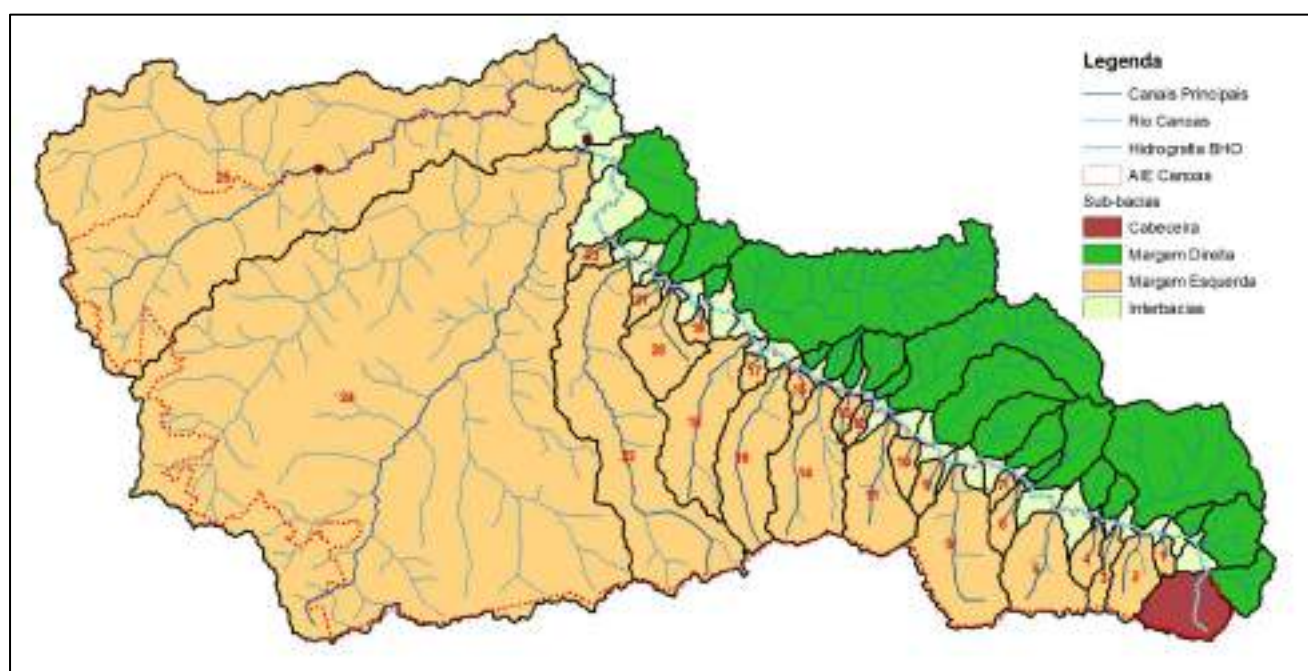


Figura 3.3.3(1) – Sub-bacias dos afluentes da margem esquerda do Rio Canoas na AIE Canoas

Na tabela 3.3.3(1) apresentamos os parâmetros morfométricos calculados.

Tabela 3.3.3(1): Parâmetros morfométricos

Sigla	Descrição
SB	Sub-bacia
A	Área (Km²)
P	Perímetro (Km)
DT	Drenagem Total (Km)
DD	Densidade de Drenagem (Km/Km²)
CCP	Comprimento Canal Principal (Km)
CEB	Comprimento Eixo da Bacia (Km)
IC	Índice de Circularidade
KC	Coefficiente de Compacidade
Ff	Fator de Forma
DM	Declividade Média (%)

Os parâmetros IC, KC e Ff foram calculados de acordo com as fórmulas apresentadas na tabela 3.3.3(2).

Tabela 3.3.3(2): Fórmulas para os parâmetros IC, KC e Ff.

Parâmetro	Fórmula	Descrição	Fonte
Fator de forma (Ff)	$Ff = \frac{A}{L^2}$	Valores próximos de 1 apresentam geometria quadrada. Valores abaixo de 1 apresentam geometria retangular. A - área (km²); L - Comprimento do eixo da bacia (km)	Horton (1932) e Lima (2008)
Índice de Circularidade (Ic)	$IC = 12,57 \times \frac{A}{P^2}$	Valores próximos de 1 apresentam geometria circular. Valores a baixos de 1 apresentam geométrica estreita e alongada. A - área (km²); P - perimetro (km)	Cardoso <i>et al.</i> (2006) e Granell-Pérez (2004)
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	Relação entre o perimetro da bacia com o perimetro de um circulo de mesma área, quanto mais próximo de 1 mais circular a bacia representa. A - área (km²); P - perimetro (km)	Villela e Mattos (1975)

Os resultados dos parâmetros morfométricos calculados para as 25 sub-bacias são apresentados na tabela 3.3.3(3).

Tabela 3.3.3(3): Parâmetros morfométricos calculados para as sub-bacias

SB	A	P	DT	DD	CCP	CE	IC	KC	Ff	DM
1	0,41	2,95	0,58	1,43	0,58	1,05	0,59	1,30	0,39	11,48
2	1,92	6,08	2,32	1,21	1,64	2,24	0,65	1,23	0,86	18,89
3	0,83	5,41	1,30	1,56	1,30	2,21	0,36	1,66	0,38	16,28
4	0,92	4,42	1,26	1,37	1,26	1,76	0,59	1,29	0,52	20,06
5	3,78	8,75	3,07	0,81	1,63	2,52	0,62	1,26	1,50	17,78
6	0,88	4,76	1,18	1,35	1,18	1,93	0,49	1,42	0,45	22,24
7	0,34	2,79	0,46	1,37	0,46	1,17	0,54	1,35	0,29	16,70
8	6,13	11,99	5,98	0,98	4,04	4,17	0,54	1,36	1,47	17,24
9	0,75	3,85	0,75	1,00	0,75	1,52	0,63	1,25	0,49	27,38
10	0,83	4,22	0,81	0,97	0,81	1,60	0,59	1,30	0,52	20,82
11	4,03	9,59	3,84	0,95	2,89	3,54	0,55	1,34	1,14	20,47
12	0,42	3,41	0,82	1,94	0,82	1,34	0,46	1,47	0,31	18,35
13	0,46	3,24	1,04	2,27	1,04	1,25	0,55	1,34	0,37	13,94
14	5,50	11,51	8,51	1,55	4,14	3,93	0,52	1,37	1,40	15,71
15	0,51	2,99	0,79	1,56	0,79	1,13	0,71	1,17	0,45	20,51
16	5,32	12,24	5,58	1,05	4,95	4,78	0,45	1,49	1,11	19,85
17	0,49	2,94	0,48	0,98	0,48	1,00	0,71	1,18	0,49	14,72
18	5,72	13,44	6,55	1,15	4,60	4,47	0,40	1,57	1,28	18,73
19	0,45	3,12	0,53	1,18	0,53	0,87	0,58	1,30	0,52	11,71
20	2,88	8,29	2,70	0,94	2,11	2,85	0,53	1,37	1,01	10,01
21	0,63	3,88	0,97	1,54	0,97	1,43	0,52	1,37	0,44	11,45
22	15,70	25,80	18,76	1,19	10,33	8,90	0,30	1,82	1,76	12,73
23	0,63	4,05	0,94	1,50	0,94	1,49	0,48	1,43	0,42	6,82
24	98,55	52,11	136,15	1,38	16,62	13,91	0,46	1,47	7,08	12,71
25	50,01	44,68	67,56	1,35	16,47	13,20	0,31	1,77	3,79	11,39

Com base nos modelos digitais de elevação disponíveis foram traçados os perfis longitudinais, desde as nascentes, dos afluentes da margem esquerda do Rio Canoas na AIE Canoas, bem como as curvas hipsométricas das respectivas sub-bacias. Estes perfis e as curvas hipsométricas estão apresentados no anexo 3.3.3(2). A figura 3.3.3(2) apresenta o perfil longitudinal do Rio Canoas na AIE Canoas.

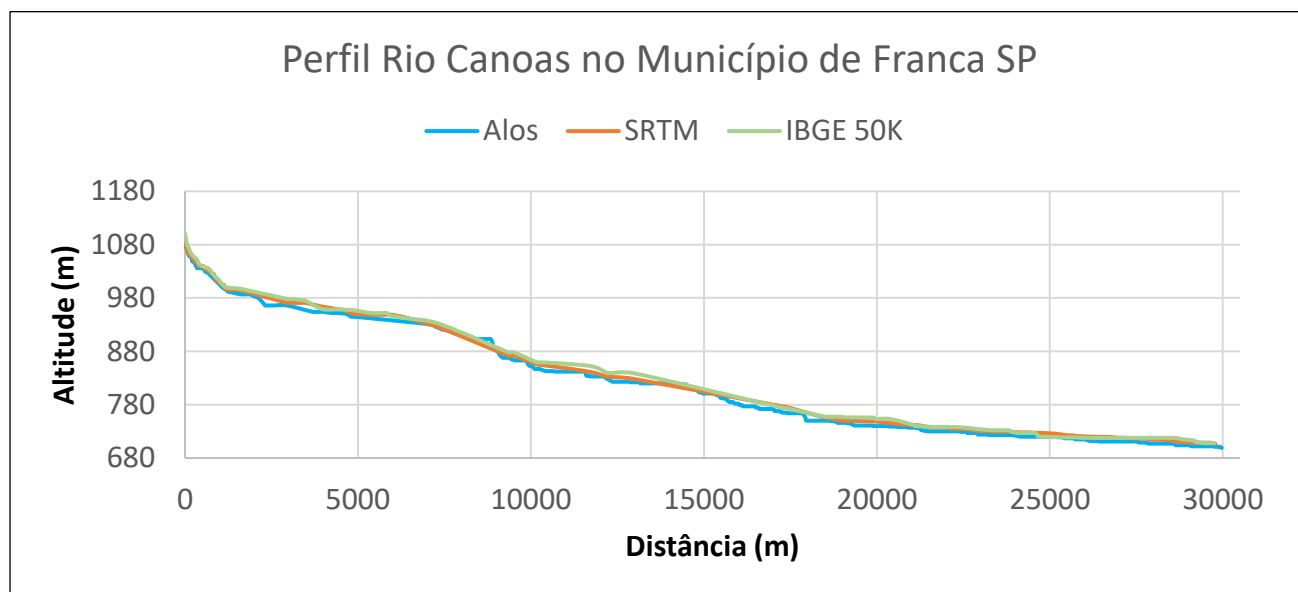


Figura 3.3.3(2) – Perfil do Rio Canoas na AIE Canoas

3.3.4. Unidades Aquíferas Aflorantes

A caracterização hidrogeológica contempla diversos objetivos específicos aplicados ao planejamento e à gestão ambiental de um determinado território. Em termos hidrogeológicos, de acordo com o apresentado no estudo Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo e nas Diretrizes de Utilização e Proteção, de 2013, realizado pela Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos e pela Universidade Estadual Paulista (SÃO PAULO, 2013), a AIE Canoas está inserida no contexto de dois sistemas aquíferos principais, o aquífero Guarani e o aquífero Serra Geral. Os mapeamentos utilizados neste estudo possuem escala de apresentação de 1:1.000.000. Na figura 3.3.4(1) apresenta-se a disposição dos aquíferos na AIE Canoas, e o mapa das unidades aquíferas aflorantes é apresentado no anexo 3.3.4(1). Na tabela 3.3.4(1) estão apresentados os percentuais de área de cada unidade aquífera identificada na área da bacia do Rio Canoas em Franca.

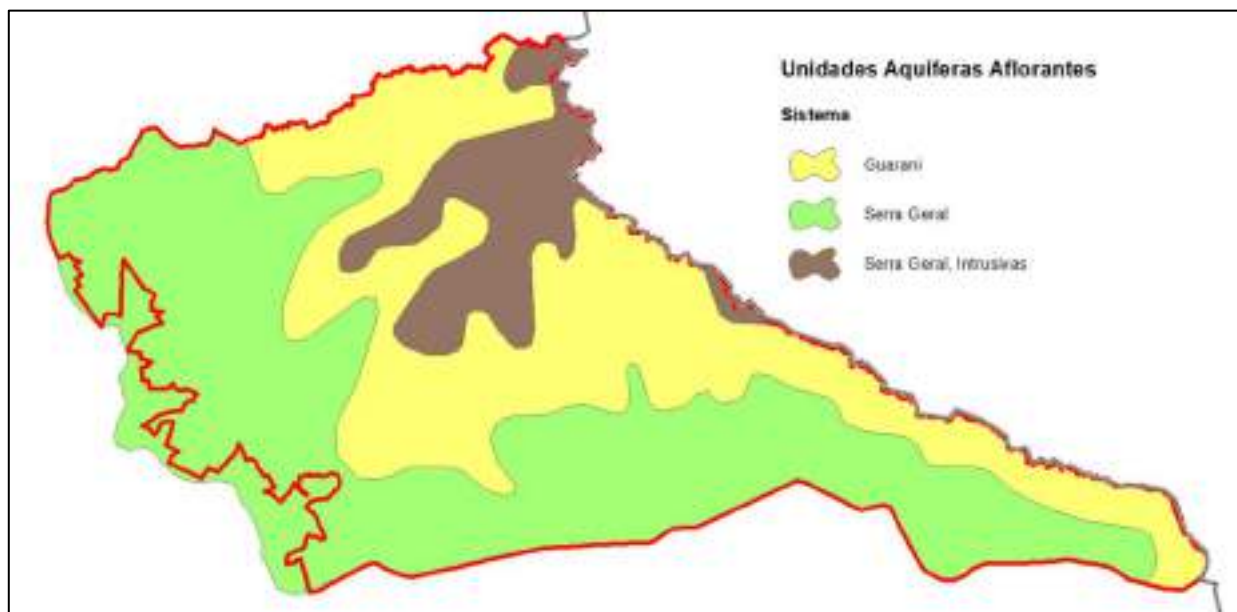


Figura 3.3.4(1) – Unidades Aquíferas Aflorantes na AIE Canoas

Tabela 3.3.4(1) – Percentuais de área na bacia das unidades aquíferas

Unidade Aquífera	Area (km ²)	%
Serra Geral	101.29	52.80%
Serra Geral, Intrusivas	20.62	10.75%
Guarani	69.94	36.46%

Bertelli et al. (2022), apresentou um mapeamento de unidades aquíferas na mesma área apontando um percentual da ordem de 40% para a unidade Guarani.

Para uma melhor compreensão desses sistemas aquíferos devemos observar as características dos solos sedimentares constituintes. Essas camadas sedimentares são estabelecidas pela deposição de sedimentos associados a processos de intemperismo ao longo principalmente do período Triássico. Podemos assim definir unidades litoestratigráficas constituindo um conjunto de rochas que se distinguem e se delimitam com base em seus caracteres litológicos independente de sua história geológica ou de conceitos cronológicos. Na AIE Canoas, segundo o mapa geológico do estado de São Paulo CPRM 2006, em escala 1:750.000, observam-se cinco formações litológicas distintas. Na figura 3.3.4(2) apresenta-se a disposição das formações litológicas na AIE Canoas, e o mapa das formações litológicas é apresentado no anexo 3.3.4(2).

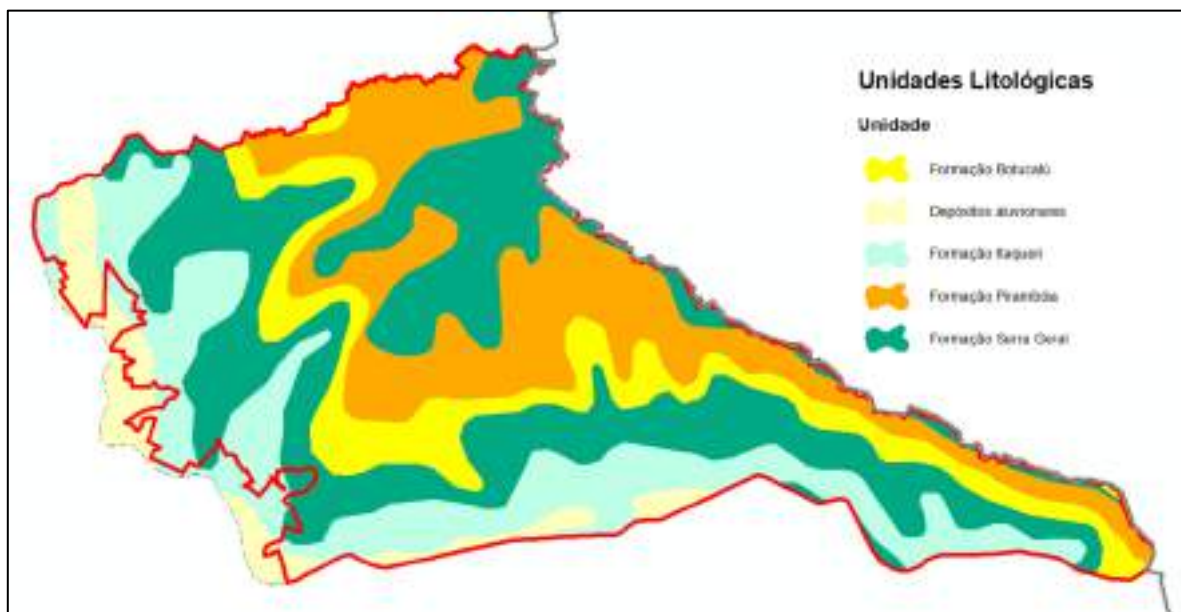


Figura 3.3.4(2) – Unidades Litológicas na AIE Canoas

Da análise destes dados, é possível afirmar que o Sistema Aquífero Guarani (SAG) tem sua área aflorante ligada às formações Botucatu (basal) e Pirambóia (topo), sendo estas formações constituintes das áreas de recarga do aquífero.

O SAG é considerado uma das maiores reservas de água subterrânea no mundo e ainda que tenha a sua maior parcela de área no Brasil, possui áreas na Argentina, Paraguai e Uruguai, sendo um aquífero transfronteiriço.

As áreas de afloramento do SAG, onde ocorre a recarga direta no aquífero, representam regiões onde o aquífero encontra-se mais vulnerável à contaminação, devido às suas características estruturais. Nestas regiões mais vulneráveis existem áreas de solos arenosos, friáveis e permeáveis com baixa capacidade de reter poluentes. Assim, o uso e ocupação inadequada do solo podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas, ficando evidente a necessidade de disciplinamento da ocupação territorial nestas áreas.

O tema de preservação das áreas de recarga do SAG no estado de São Paulo, bem como em outras áreas aflorantes no Brasil, vem sendo fruto de diferentes estudos e pela sua importância devido ao crescimento do abastecimento de água por meio de águas subterrâneas (no estado de São Paulo cerca de 73% dos municípios são abastecidos, mesmo que parcialmente, por águas subterrâneas, CETESB 2022) tem suscitado ações de

gestão e instrumentos de planejamento que visam promover a gestão coordenada e sustentável das águas subterrâneas do SAG.

Em 2016 a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) publicou o Estudo de Vulnerabilidade Natural à Contaminação e Estratégias de Proteção do SAG nas Áreas de Afloramento. Este estudo apresentou resultados e estratégias de proteção do SAG nas áreas de afloramento obtidos a partir de estudos realizados na escala 1:250.000 nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. O estudo não contemplou o estado de São Paulo pois este estado foi complementado pelo estudo Sistema Aquífero Guarani: Subsídios ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA) da Área de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo, conduzido pelo IPT/CPLA, no ano de 2011, também na escala de 1:250.000.

O PDPA é um requisito e instrumento previsto na Lei de Proteção de Mananciais (Lei Estadual SP nº 9.866/97) para a criação de Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM) que visa a gestão do território, privilegiando as especificidades regionais e a descentralização das ações necessárias à recuperação e proteção dos mananciais.

A intenção foi apresentar uma proposta de APRM para o SAG que compreendesse a área de afloramento no estado de SP com uma área de amortecimento (buffer) de 2 Km. Na figura 3.3.4(3) apresenta-se a proposta de delimitação da APRM-SAG.

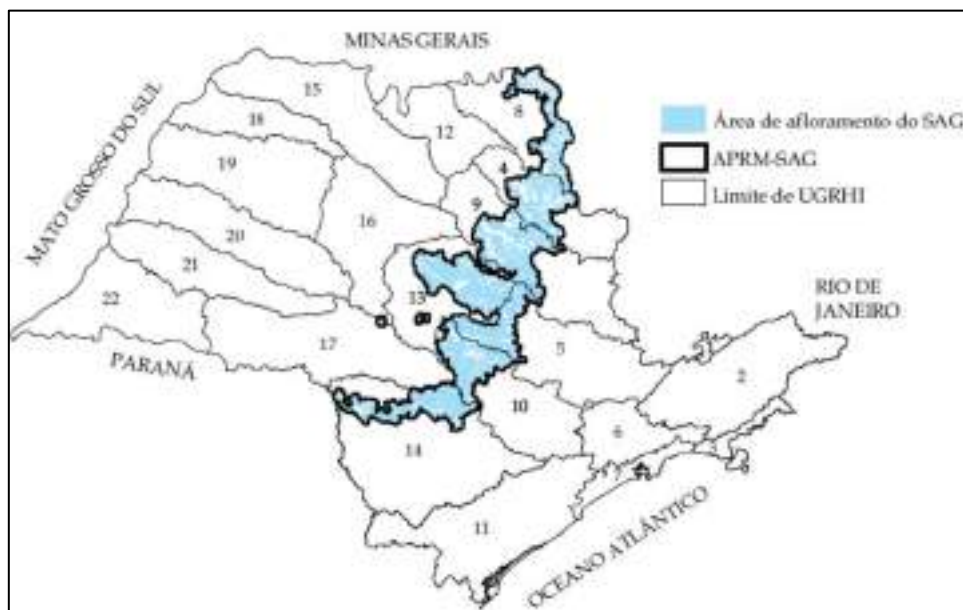


Figura 3.3.4(3) - Delimitação da proposta da APRM SAG

Apesar da intenção de criação da APRM SAG e destes estudos preliminares, bem como a proposição de uma minuta de lei para a sua efetivação, ainda hoje a APRM não foi constituída.

Mesmo assim, importantes resultados deste estudo foram disponibilizados e podem orientar ações de gestão nas áreas de afloramento do SAG. Os dados apresentados pelo IPT/CPLA se basearam no mapeamento geológico do estado de São Paulo de 1981 do IPT em uma escala de 1:250.000 que representa um acréscimo na qualidade das informações.

Na figura 3.3.4(4) apresenta-se a diferença na delimitação do afloramento do SAG na proposta de APRM em relação aos dados DAEE/LEBAC 2013.

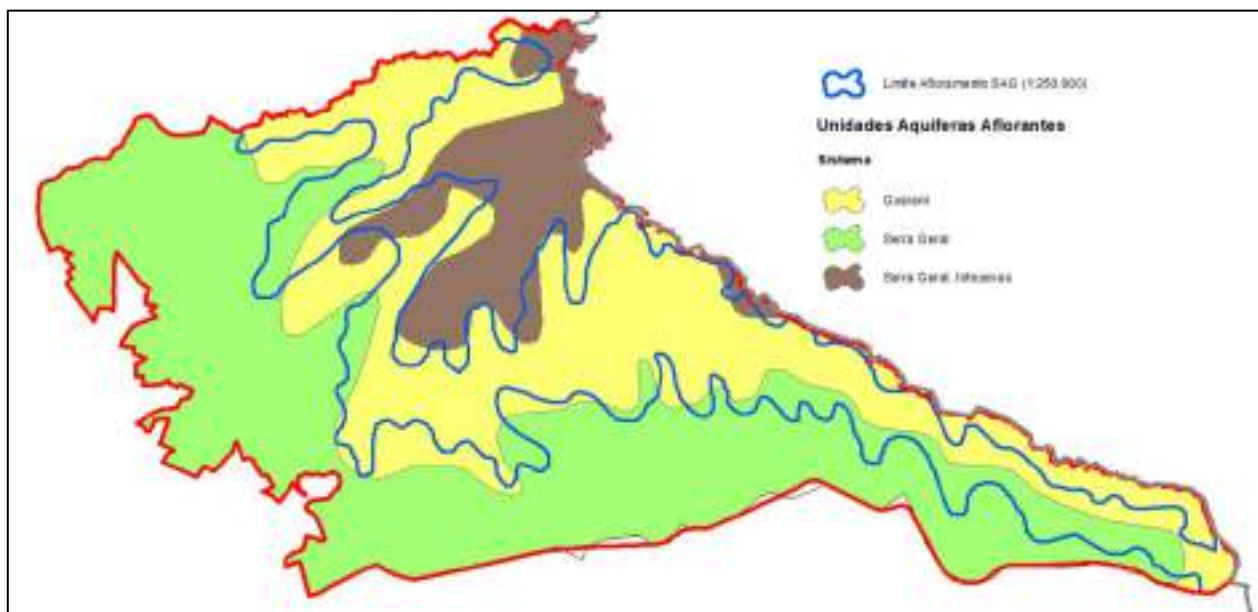


Figura 3.3.4(4) - Diferença na delimitação do afluente do SAG

Na figura 3.3.4(5) apresenta-se o mapeamento das unidades litológicas, na APRM-SAG dentro da AIE Canoas, segundo a base de dados 1:250.000

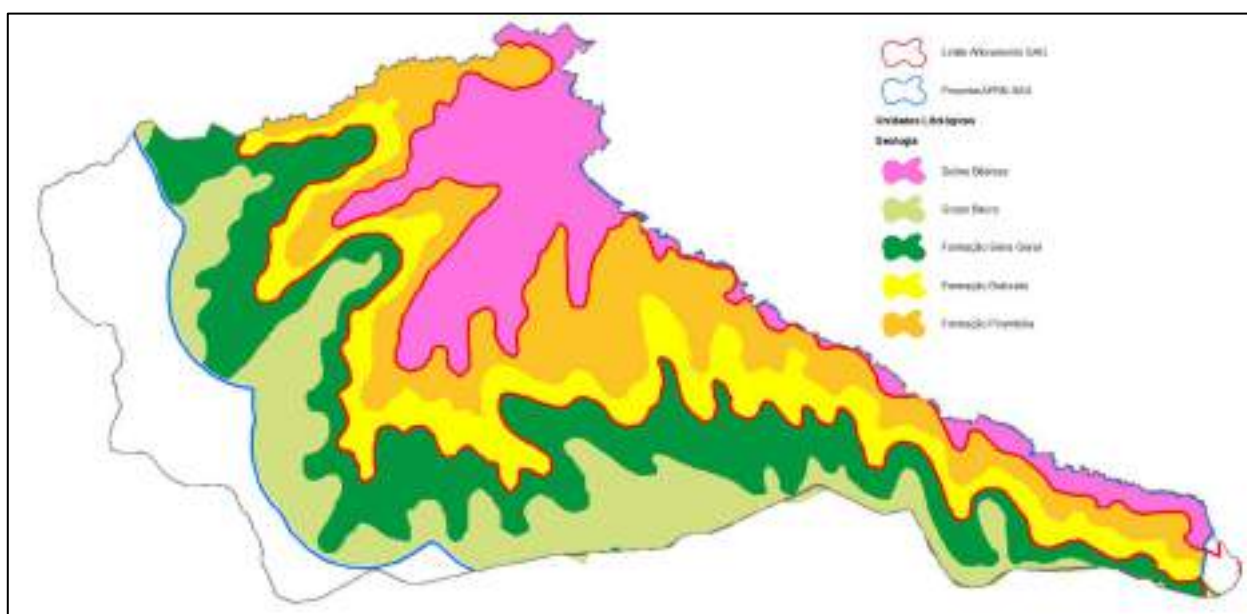


Figura 3.3.4(5) – Unidades Litológicas na APRM-SAG 1:250.000

Um importante produto deste estudo de subsídios ao PDPA à APRM-SAG é o índice de vulnerabilidade natural do SAG à contaminação.

O método de mapeamento da vulnerabilidade natural à poluição de aquíferos consistiu na hierarquização de índices relativos à maior ou menor sensibilidade à poluição da zona não saturada (zona vadosa ou de aeração) do perfil pedológico (FOSTER et al., 2002). É citado na literatura como “Método GOD”, que consiste na avaliação de três parâmetros hidrogeológicos, quais sejam: grau de confinamento da água subterrânea (G); ocorrência de estratos de cobertura (O); e distância até o nível da água subterrânea (D).

O grau de confinamento (G) foi classificado conforme estudos regionais do SAG realizados por DAEE/IG/IPT/CPRM (Rocha, 2005) e IG/CETESB/DAEE (Hirata et al., 1997). Para a determinação da ocorrência de estratos de cobertura (O) utilizou-se o Mapa Geológico do Estado de São Paulo 1: 250.000 (Convênio DAEE/UNESP, 1980) e estudos de IPT (1981), Caetano-Chang & Wu (1992), Milani et al. (1994) e Gianini et al. (2004). E, por último, para obter a distância até o nível d’água subterrânea (D) foram avaliadas as profundidades do nível estático de 127 poços medidos em campanha de cadastramento realizada em 2009 pelo IPT (2010). Em seguida, os intervalos de nível estático foram associados aos intervalos de cotas topográficas observadas nos mapas em escala 1: 250.000 da região.

Na figura 3.3.4(6) apresentam-se os Índices de Vulnerabilidade Natural do SAG na AIE Canoas.

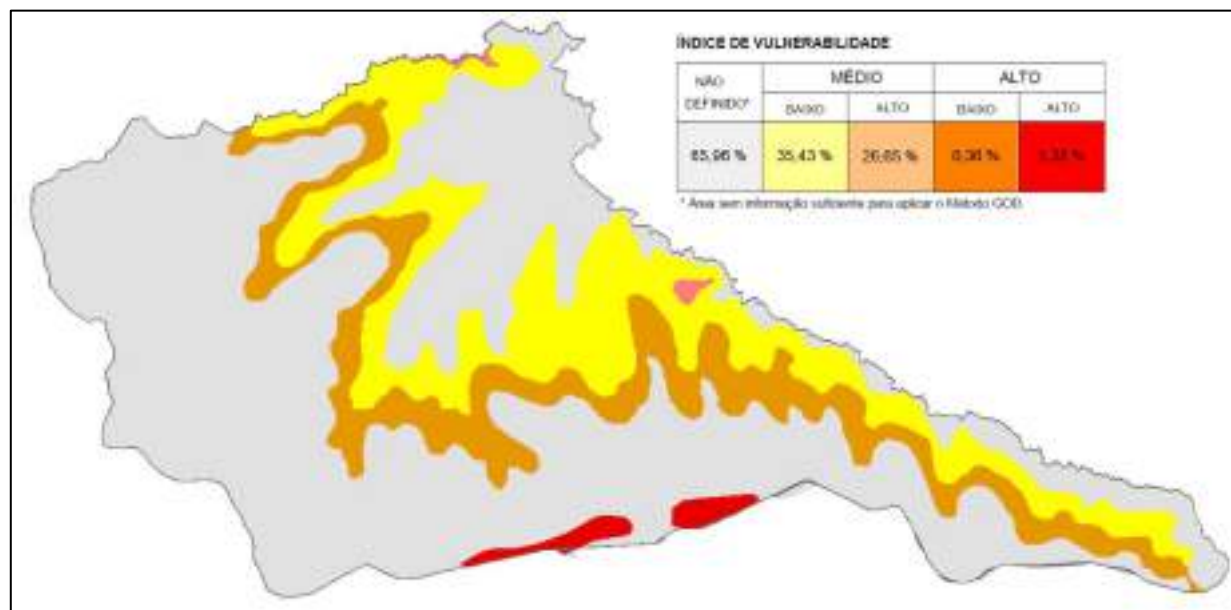


Figura 3.3.4(6) – Índice de Vulnerabilidade Natural à Contaminação da Área de Afloramento do SAG na bacia

Ainda que a maior parte da área não tenha definido um índice, em torno de 35% da área possui algum tipo de vulnerabilidade predominando a média vulnerabilidade natural à contaminação.

A Lei de proteção de mananciais preconiza que as APRM sejam compartimentadas em áreas de intervenção, com diretrizes e normas ambientais e urbanísticas, compatíveis com a proteção e recuperação dos mananciais.

Para a proposta da APRM-SAG as Áreas de Intervenção foram divididas em: Áreas de Restrição à Ocupação (ARO); Áreas de Ocupação Dirigida (AOD) e Áreas de Recuperação Ambiental (ARA).

As AROs são aquelas de essencial interesse para a proteção dos recursos hídricos do SAG, sendo consideradas como de preservação permanente e restrição máxima à ocupação. Nessa categoria, estão enquadradas as Unidades de Conservação de Proteção Integral, definidas pela do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, as Áreas de Preservação Permanente (APP) e de reserva legal e outras áreas declaradas pelo Poder Público como de especial interesse para a preservação ambiental e dos recursos hídricos.

A AOD é constituída pelas áreas de interesse para consolidação ou a implantação de usos rurais ou urbanos. A fim de compatibilizar a necessária proteção das áreas vulneráveis e a manutenção da recarga natural direta do SAG com a diversidade de ocupação na APRM, foi necessária uma subdivisão da AOD em 3 (três) categorias, tendo-se estabelecido: Subárea de Cuestas, que compreende a faixa de escarpas das cuevas basálticas presentes na área de estudo; Subárea de Proteção Especial, que compreende as áreas consideradas altamente vulneráveis à contaminação, destinadas à proteção e conservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; e Subárea de Ocupação Controlada, que compreende as demais áreas da categoria AOD.

As ARAs, por sua vez, representam áreas com ocupação em condições incompatíveis com a proteção da APRM-SAG, pela possibilidade de comprometimento da quantidade e qualidade das suas águas, exigindo intervenções de caráter corretivo. As ARAs compreendem as áreas degradadas, as áreas sem infraestrutura urbana, as áreas contaminadas, entre outras, podendo estar localizadas tanto nas AROs e AODs.

Na área da bacia do Rio Canoas em Franca, neste estudo, não foram apontadas AROs e ARAs. Na figura 3.3.4(7) são apresentadas para essa região as áreas de intervenção AOD.

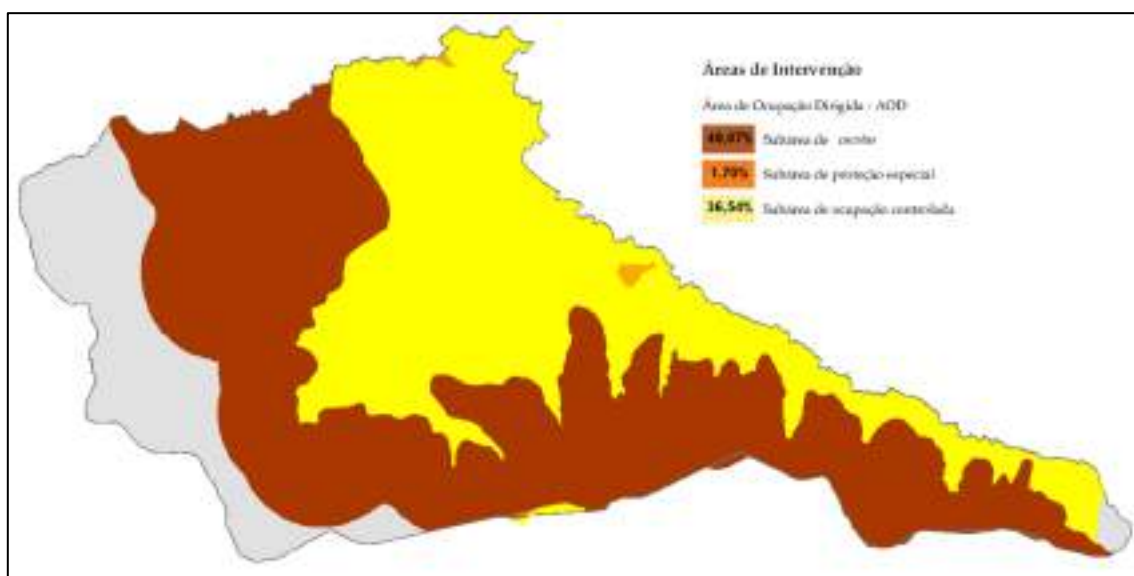


Figura 3.3.4(7) - Áreas de Intervenção da proposta APRM-SAG na área da bacia

Prioritariamente a bacia foi dividida em áreas de cuestas e de ocupação controlada, com uma pequena porção definida como de proteção especial.

A questão da proteção do SAG tem representado uma preocupação significativa nos planos de gestão como podemos verificar no Macrozoneamento e Ordenamento do Território da Aglomeração Urbana de Franca, no Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Aglomeração Urbana de Franca (PDUI-AUF) de 2022, que já indica a macrozona de proteção do SAG, como é apresentado na figura 3.3.4(8).

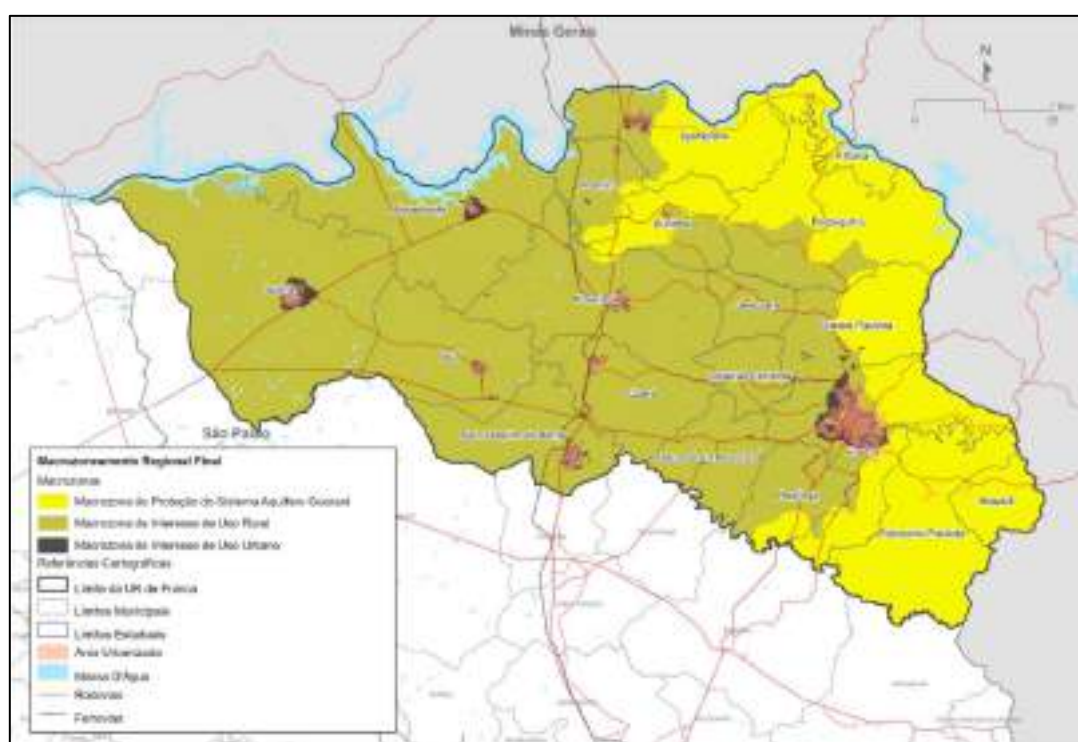


Figura 3.3.4(8) – Macrozoneamento Regional AUF

(FIPE PDUI-AUF, 2022)

O abastecimento de água potável na AIE Canoas é prioritariamente realizado por meio de perfuração de poços para acesso de águas subterrâneas. Em consulta realizada junto a companhia de abastecimento de água no município de Franca (SABESP) constam apenas 419 ligações cadastradas nessa área, o que evidência a importância do abastecimento por meio de águas subterrâneas. Ainda que isso pareça evidente, não se encontra relação com o cadastro de outorga de poços, uma vez que a maioria desses poços não possuem outorgas e tampouco estão cadastrados.

Outro grande problema diz respeito a falta de monitoramento da qualidade de águas subterrâneas nessa região. Na AEI Canoas não existe nenhum ponto específico de monitoramento de águas subterrâneas.

3.3.5. Usos de recursos hídricos

A água tem importância vital, não só para a vida, e está presente em quase todos os processos que nos rodeiam. O seu uso nesses processos pode ser considerado consuntivos quando a água retirada é consumida, parcial ou totalmente, no processo a que se destina, não retornando para o corpo hídrico, ou não consuntivos quando o uso não afeta diretamente a quantidade de água, embora dela dependam.

Os principais usos consuntivos da água são o abastecimento humano (urbano e rural), o abastecimento animal, a indústria de transformação, a mineração, a termoeletricidade, a irrigação e a evaporação líquida de reservatórios artificiais. Como exemplos de usos não consuntivos da água temos a navegação, a pesca, o turismo e o lazer.

A evolução dos usos da água está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do País, e segundo estimativas tendem a continuar crescendo nos próximos anos podendo alcançar uma retirada média superior a 2500.m³/s em 2030 como podemos observar na figura 3.3.5(1).

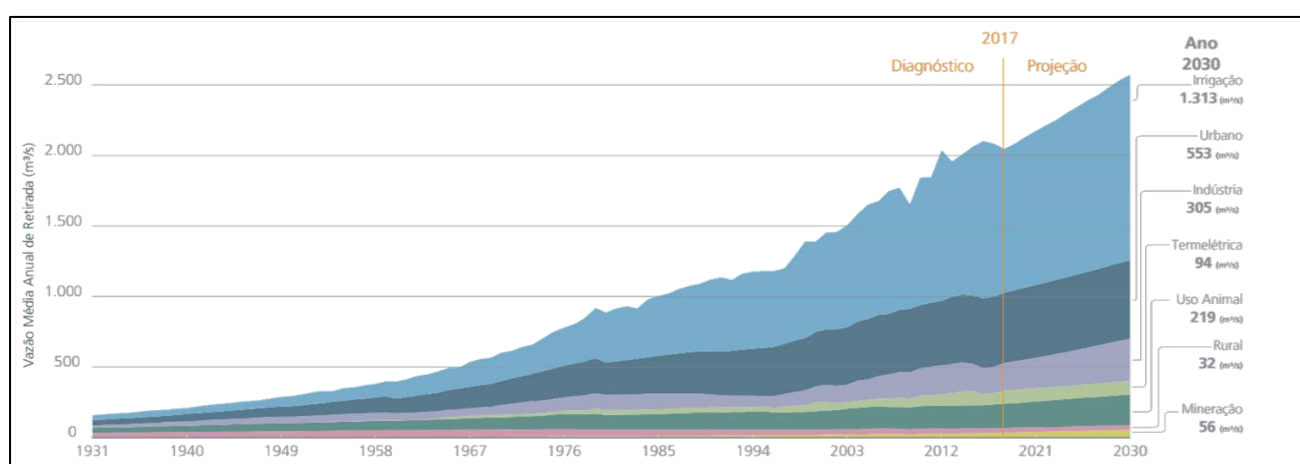


Figura 3.3.5(1) - Evolução da retirada de água no Brasil

(ANA, 2019)

A estimativa de usos consuntivos é um desafio pois os cadastros como os de censos agropecuários e de outorgas de uso são precários e imprecisos quanto aos volumes utilizados, além de que em determinados casos as bases de espacialização e agregação são distintas das áreas de estudo. Desta forma, métodos indiretos de estimativa baseados em coeficientes técnicos podem ser uma alternativa para o cálculo do uso da água.

A partir dos cadastros de outorgas do DAEE e do IGAM disponibilizados via consulta on line foram extraídos os dados para a área de interesse com base nas coordenadas cadastradas. Relativamente aos dados do IGAM foram separados os dados que estavam na área a montante do ponto de captação da SABESP no Rio Canoas.

Infelizmente os dados destes cadastros não possuem todas as informações e/ou não estão preenchidos de forma adequada, sem uma padronização das informações, principalmente em relação aos usos a que se destinam e as vazões de captação ou lançamento.

Na AIE Canoas foram identificados 168 registros de outorga, na figura 3.3.5(2) apresenta-se a distribuição espacial dessas outorgas, o mapa de outorgas é apresentado no anexo 3.3.5(1). Na tabela 3.3.5(1) apresentamos as quantidades de outorgas por tipos declarados e na figura 3.3.5(3) o gráfico com os respectivos percentuais. Os dados do IGAM apresentaram apenas 4 registros de outorgas do tipo captação superficial.

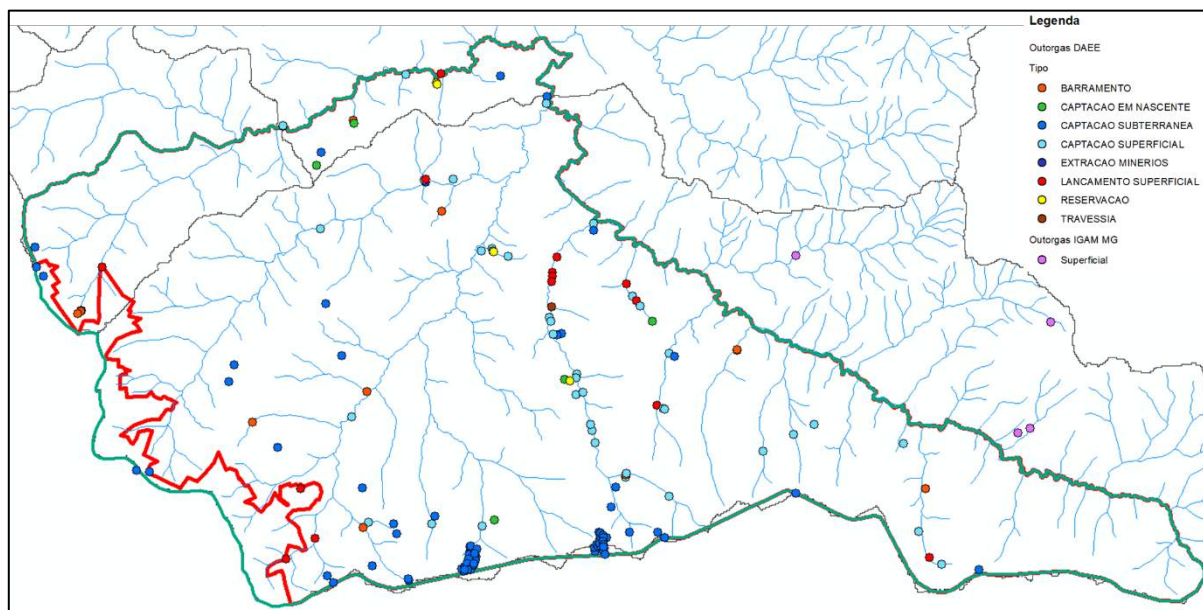


Figura 3.3.5(2) – Pontos de Outorgas DAE e IGAM

Tabela 3.3.5(1) : Quantitativo de outorgas por tipo declarado

Tipo de Outorga	Quantidade
Barramentos	12
Captação Superficial	55
Captação Subterrânea	78
Extração de Minérios	1
Lançamento Superficial	17
Reservação	4
Travessia	1

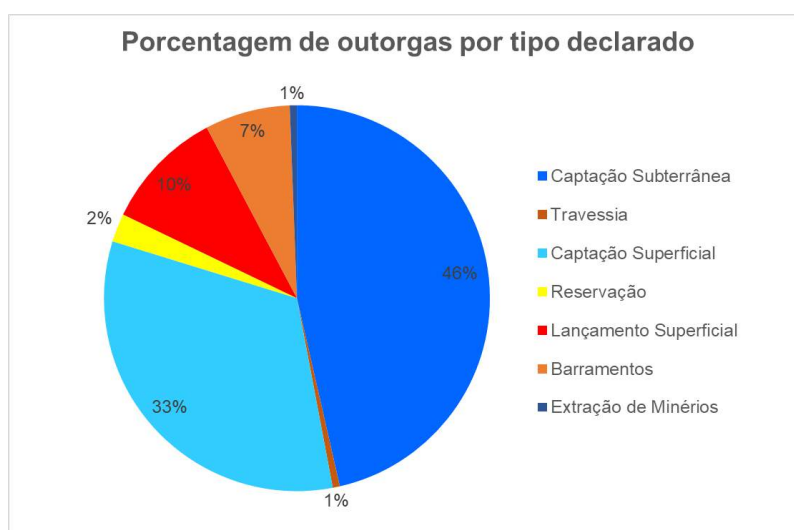


Figura 3.3.5(3) – Porcentagem de outorgas por tipo declarado

Nas figuras 3.3.5(4 a 6) são apresentados exemplos de alguns tipos de uso encontrados na bacia.



Figura 3.3.5(4) – Exemplo de uso – captação superficial para irrigação de hortaliças
(Foto PMA, 2021)



Figura 3.3.5(5) – Exemplo de uso – Extração de areia



Figura 3.3.5(6) – Exemplo de uso – captação superficial para abastecimento humano

A ANA publicou em 2019 o Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil onde apresenta detalhadamente uma metodologia robusta para a estimativa de usos da água para cada tipo de consumo. Como resultado destes estudos foi disponibilizado uma base de dados de usos consuntivos por microbacias segundo as Ottobacias da BHO multiescala 2017 5K. Os valores estimados em m³/s para cada tipo de uso podem ser acessados para cada Ottobacia.

Na figura 3.3.5(7) são apresentadas as Ottobacias da BHO multiescala 2017 5K correspondentes à área de estudo.

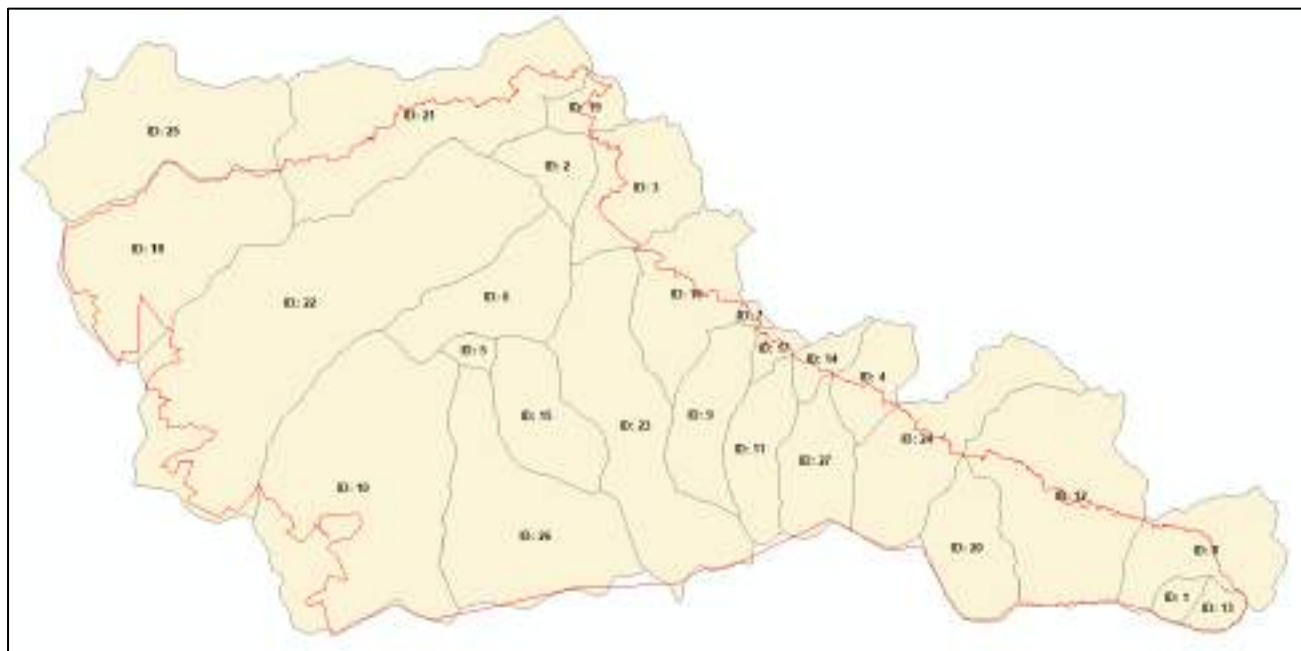


Figura 3.3.5(7): Ottobacias da BHO Multiescala 2017 5K

Nas tabelas 3.3.5(2 a 8) são apresentados os valores de usos consuntivos estimados para cada Ottobacias segundo o estudo publicado pela ANA.

Tabela 3.3.5(2): Usos Consuntivos Humano Urbano por Ottobacias

Consumo Humano Urbano (m³/s)				
ID	COBACIA	Retirada	Consumo	Captação *
1	86874992	0.0	0.0	0.0
2	8687481	0.0	0.0	0.0
3	8687491	0.000005578	0.000001116	0.0
4	86874957	0.0	0.0	0.0
5	8687485	0.002984954	0.000596991	0.0
6	8687483	0.009766404	0.001953281	0.0
7	86874951	0.0	0.0	0.0
8	86874991	0.0	0.0	0.0
9	86874952	0.0	0.0	0.0
10	8687487	0.048019875	0.009603975	0.0
11	86874954	0.0	0.0	0.0
12	86874973	0.0	0.0	0.0
13	86874993	0.0	0.0	0.0
14	86874955	0.0	0.0	0.0
15	8687484	0.0	0.0	0.0
16	8687493	0.0	0.0	0.0
17	86874953	0.0	0.0	0.0
18	8687463	0.006190580	0.001238116	0.0
19	868747	0.0	0.0	0.592337677
20	86874972	0.0	0.0	0.0
21	8687461	0.0	0.0	0.148467066
22	8687482	0.050426142	0.010085228	0.0
23	8687492	0.001646767	0.000329353	0.0
24	86874971	0.0	0.0	0.0
25	8687462	0.0	0.0	0.0
26	8687486	0.005444626	0.001088925	0.0
27	86874956	0.0	0.0	0.0

* Vazão de retirada humana urbana utilizando pontos de captação superficiais do ATLAS ÁGUAS (ANA)

Tabela 3.3.5(3): Usos Consuntivos Humano Rural por Ottobacias

Consumo Humano Rural (m³/s)			
ID	COBACIA	Retirada	Consumo
1	86874992	0.000073679	0.000058943
2	8687481	0.000150502	0.000120401
3	8687491	0.000128322	0.000102657
4	86874957	0.000093254	0.000074603
5	8687485	0.000118312	0.000094650
6	8687483	0.000194858	0.000155886
7	86874951	0.000086403	0.000069123
8	86874991	0.000174309	0.000139447
9	86874952	0.000071006	0.000056804
10	8687487	0.000134757	0.000107806
11	86874954	0.000082609	0.000066087
12	86874973	0.000147033	0.000117627
13	86874993	0.000117333	0.000093866
14	86874955	0.000089152	0.000071321
15	8687484	0.000072259	0.000057807
16	8687493	0.000103157	0.000082526
17	86874953	0.000087743	0.000070194
18	8687463	0.000254669	0.000203735
19	868747	0.000172775	0.000138220
20	86874972	0.000128872	0.000103097
21	8687461	0.000139323	0.000111459
22	8687482	0.000191757	0.000153406
23	8687492	0.000133566	0.000106853
24	86874971	0.000150150	0.000120120
25	8687462	0.000150164	0.000120131
26	8687486	0.000169899	0.000135919
27	86874956	0.000097081	0.000077665

Tabela 3.3.5(4): Usos Consuntivos Industrial por Ottobacias

Consumo Industrial (m³/)			
ID	COBACIA	Retirada	Consumo
1	86874992	0.0	0.0
2	8687481	0.0	0.0
3	8687491	0.000003110	0.000000584
4	86874957	0.0	0.0
5	8687485	0.001664532	0.000312353
6	8687483	0.005446145	0.001021981
7	86874951	0.0	0.0
8	86874991	0.0	0.0
9	86874952	0.0	0.0
10	8687487	0.026777839	0.005024920
11	86874954	0.0	0.0
12	86874973	0.0	0.0
13	86874993	0.0	0.0
14	86874955	0.0	0.0
15	8687484	0.0	0.0
16	8687493	0.0	0.0
17	86874953	0.0	0.0
18	8687463	0.003020656	0.000560353
19	868747	0.0	0.0
20	86874972	0.0	0.0
21	8687461	0.0	0.0
22	8687482	0.028119672	0.005276718
23	8687492	0.000918305	0.000172322
24	86874971	0.0	0.0
25	8687462	0.0	0.0
26	8687486	0.003036146	0.000569739
27	86874956	0.0	0.0

Tabela 3.3.5(5): Usos Consuntivos de Mineração por ottobacias

Consumo Mineração (m³/s)			
ID	COBACIA	Retirada	Consumo
1	86874992	0.0	0.0
2	8687481	0.000000123	0.000000063
3	8687491	0.000000002	0.000000001
4	86874957	0.0	0.0
5	8687485	0.0	0.0
6	8687483	0.0	0.0
7	86874951	0.0	0.0
8	86874991	0.0	0.0
9	86874952	0.0	0.0
10	8687487	0.0	0.0
11	86874954	0.0	0.0
12	86874973	0.0	0.0
13	86874993	0.0	0.0
14	86874955	0.0	0.0
15	8687484	0.0	0.0
16	8687493	0.0	0.0
17	86874953	0.0	0.0
18	8687463	0.0	0.0
19	868747	0.0	0.0
20	86874972	0.0	0.0
21	8687461	0.000003399	0.000001748
22	8687482	0.000010866	0.000005589
23	8687492	0.000011705	0.000006020
24	86874971	0.0	0.0
25	8687462	0.0	0.0
26	8687486	0.0	0.0
27	86874956	0.0	0.0

Tabela 3.3.5(6): Usos Consuntivos de Dessedentação Animal por ottobacias

Consumo Dessedentação Animal (m³/s)			
ID	COBACIA	Retirada	Consumo
1	86874992	0.000051165	0.000038338
2	8687481	0.000148972	0.000111626
3	8687491	0.000322419	0.000242568
4	86874957	0.000135043	0.000101527
5	8687485	0.000016769	0.000012565
6	8687483	0.000184274	0.000138078
7	86874951	0.000012694	0.000009532
8	86874991	0.000252023	0.000187206
9	86874952	0.000247645	0.000185561
10	8687487	0.000951609	0.000713046
11	86874954	0.000231966	0.000173813
12	86874973	0.000603314	0.000448894
13	86874993	0.000053549	0.000040121
14	86874955	0.000068130	0.000051216
15	8687484	0.000265975	0.000199296
16	8687493	0.000345187	0.000259234
17	86874953	0.000051099	0.000038355
18	8687463	0.000383029	0.000286996
19	868747	0.000067247	0.000050579
20	86874972	0.000229987	0.000172330
21	8687461	0.000708720	0.000530690
22	8687482	0.001105771	0.000828560
23	8687492	0.000621728	0.000465865
24	86874971	0.000441117	0.000328536
25	8687462	0.000651081	0.000487284
26	8687486	0.000563847	0.000422494
27	86874956	0.000204755	0.000153424

Tabela 3.3.5(7): Usos Consuntivos de Agricultura Irrigada por ottobacias

Consumo Agricultura Irrigada (m³/s)			
ID	COBACIA	Retirada	Consumo
1	86874992	0.0	0.0
2	8687481	0.0	0.0
3	8687491	0.0	0.0
4	86874957	0.0	0.0
5	8687485	0.0	0.0
6	8687483	0.0	0.0
7	86874951	0.0	0.0
8	86874991	0.0	0.0
9	86874952	0.0	0.0
10	8687487	0.0	0.0
11	86874954	0.0	0.0
12	86874973	0.0	0.0
13	86874993	0.0	0.0
14	86874955	0.0	0.0
15	8687484	0.0	0.0
16	8687493	0.0	0.0
17	86874953	0.0	0.0
18	8687463	0.0	0.0
19	868747	0.000000218	0.000000202
20	86874972	0.0	0.0
21	8687461	0.0	0.0
22	8687482	0.018224401	0.011033013
23	8687492	0.002730924	0.001653295
24	86874971	0.0	0.0
25	8687462	0.0	0.0
26	8687486	0.0	0.0
27	86874956	0.0	0.0

Tabela 3.3.5(8): Usos Consuntivos - Totalização por ottobacias

Consumo Total (m³/s)			
ID	COBACIA	Retirada	Consumo
1	86874992	0.000124844	0.000097281
2	8687481	0.000299597	0.000232090
3	8687491	0.000459431	0.000346925
4	86874957	0.000228297	0.000176130
5	8687485	0.004784567	0.001016559
6	8687483	0.015591681	0.003269226
7	86874951	0.000099097	0.000078654
8	86874991	0.000426332	0.000326654
9	86874952	0.000318650	0.000242366
10	8687487	0.075884080	0.015449746
11	86874954	0.000314575	0.000239900
12	86874973	0.000750347	0.000566521
13	86874993	0.000170882	0.000133987
14	86874955	0.000157282	0.000122538
15	8687484	0.000338234	0.000257104
16	8687493	0.000448344	0.000341760
17	86874953	0.000138841	0.000108549
18	8687463	0.009848934	0.002289200
19	868747	0.000240240	0.000189000
20	86874972	0.000358858	0.000275427
21	8687461	0.000851442	0.000643897
22	8687482	0.098078610	0.027382514
23	8687492	0.006062996	0.002733709
24	86874971	0.000591268	0.000448656
25	8687462	0.000801245	0.000607415
26	8687486	0.009214518	0.002217078
27	86874956	0.000301836	0.000231089

Na figura 3.3.5(8) são apresentados os totais de consumo em m³/s por Ottobacias especializados em 5 classes de percentis. O anexo 3.3.5(2) apresenta o mapa de Consumo Total por Ottobacias.

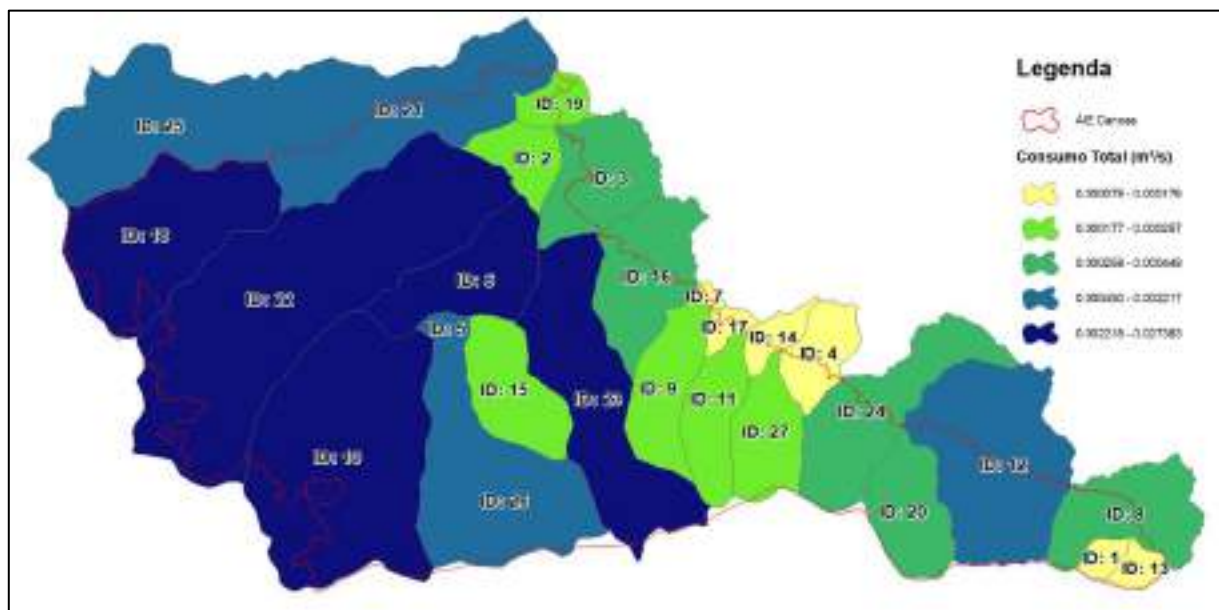


Figura 3.3.5(8) – Consumo Total (m³/s) por Ottobacias

Não existem dados registrados e/ou cadastro de usos não consuntivos na área de estudo, assim não foram levantadas informações sobre esses usos, o que não implica em que os usos múltiplos dos recursos hídricos serão desconsiderados nas avaliações que se seguirem.

Cabe aqui destacar que de acordo com o estudo Potencial Hidrelétrico Remanescente no Estado de São Paulo, da Secretaria Estadual de Energia e Mineração, de 2016, foram inventariados a jusante da área de estudo, no Rio Canoas, dois locais propícios à implantação de empreendimentos de aproveitamento hidrelétrico. Na figura 3.3.5(9) apresenta-se a localização desses locais em relação à AIE Canoas. Nas tabelas 3.3.5(9 e 10) são apresentadas as características dos aproveitamentos inventariados.



Figura 3.3.5(9) - Inventário de Potenciais Hidrelétricos na Bacia do Rio Canoas

Tabela 3.3.5(9) – Dados do inventário de potencial hidrelétrico (aspectos gerais)

Nome do Aproveitamento	Área de Drenagem [km²]	NA Reservatório [m]	Área Reservatório [km²]	Crista Barragem [m]	Altura Barragem [m]
P-RCAN-2	252.380	688.000	1.590	285.000	16.000
P-RCAN-1	412.630	664.000	3.600	215.000	26.000

Tabela 3.3.5(10) – Dados do inventário de potencial hidrelétrico (aspectos energéticos)

Nome do Aproveitamento	Vazão de Projeto [m³/s]	Vazão Residual [m³/s]	Queda Líquida [m]	Potência [MW]	Fator de Capacidade [%]	Energia Gerada Anual [MWh]
P-RCAN-1	9,19	0,38	35,28	2,75	65,45	15.760,09
P-RCAN-2	5,63	0,23	25,64	1,22	63,72	6.826,52

3.3.6. Disponibilidade hídrica

A disponibilidade hídrica é a informação básica de apoio à decisão sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos, que tem como objetivos “assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”, conforme disposto no artigo 11 da Lei Federal 9433 (BRASIL, 1997). Ainda, segundo a mesma Lei 9433, Art. 7º, parágrafo III, a outorga deve estar vinculada a estudos referentes ao “balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais”.

A disponibilidade dos recursos hídricos é representada pelas vazões médias e mínimas. A vazão média de longa duração representa a disponibilidade de água potencial, sendo seu conhecimento essencial para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, visto que essa é a máxima vazão possível de ser regularizada, abstraindo-se as perdas por evaporação e infiltração. As vazões mínimas caracterizam a disponibilidade hídrica natural ao longo da hidrografia e são utilizadas como vazão de referência para concessão de outorgas e na elaboração de projetos de irrigação.

A utilização da vazão mínima como vazão de referência para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos apresenta como vantagem a simplicidade de sua implementação e a minimização dos riscos de falhas no atendimento das demandas, cuja garantia de atendimento ou de permanência é necessária para que os usuários possam realizar um melhor planejamento de suas atividades e investimentos em seus empreendimentos.

A Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) utilizada pela ANA na gestão de recursos hídricos é base no qual é obtida a disponibilidade hídrica por meio das vazões de referência nas sub-bacias afluentes ao Rio Canoas. Na figura 3.3.6(1) é ilustrado a hidrografia da BHO e as redes de monitoramento fluviométrico (ANA e DAEE) localizadas na região de interesse.

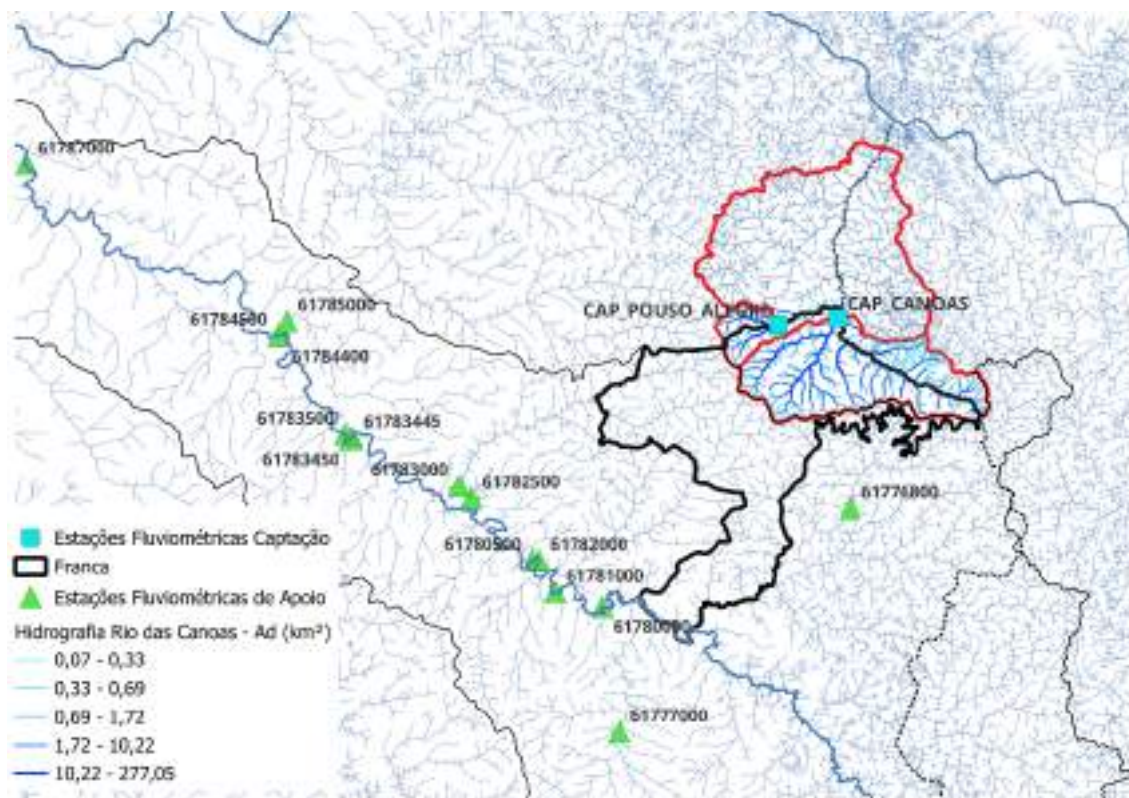


Figura 3.3.6(1) - Hidrografia da BHO e as redes de monitoramento fluviométrico
(ANA e DAEE)

Uma rede hidrometeorológica, mesmo que densa, dificilmente atenderá com seus dados às necessidades de informação dos diversos setores que utilizam os recursos hídricos. Sempre haverá a necessidade de se determinar a disponibilidade hídrica onde se originam as demandas, que muitas vezes são locais sem monitoramento ou com dados constituindo séries de curta duração ou com longos períodos apresentando falhas de observação. Para contornar esta situação, são utilizadas técnicas de regionalização que possibilitam a transferência de informações de uma região monitorada para outra que não possua coleta sistemática de dados.

Dentre as possibilidades existentes para estimar a vazão em locais sem dados por meio de técnicas de regionalização é o método da vazão específica, método tradicionalmente utilizado por órgãos gestores de recursos hídricos no Brasil. O método da vazão específica possui a vantagem de ser facilmente aplicável. Basicamente, o processo consiste em multiplicar um valor de vazão específica, obtido a partir de um posto fluviométrico na vizinhança, pelo valor área de drenagem do local de interesse. A qualidade

da estimativa depende do grau de homogeneidade hidrológica entre o posto “doador” e o local de interesse. Os resultados tendem a ser bons quando os locais estão próximos (distância tende a zero) e quando tem área de drenagem similar (razão entre a área de drenagem no local com dados e a área de drenagem no local sem dados tende a 1).

O método de estimativa de vazões em locais sem dados pela vazão específica, consiste em considerar como região homogênea a área incremental entre duas ou mais estações, admitindo-se em cada região (área incremental) uma vazão específica incremental homogênea, resultado da diferença entre a vazão do posto de jusante e as vazões dos postos imediatamente a montante dividida pelas respectivas diferenças de área (ANA 2020 NOTA TÉCNICA Nº 75/2020/SPR).

Uma das vantagens do método da vazão específica é a relação linear entre a vazão incremental e a área de drenagem. Esta relação linear diminui o risco de ser definida uma região cuja vazão incremental é negativa e mantém a continuidade de vazões ao longo da rede de drenagem.

O método pode ser descrito matematicamente por duas equações:

$$Q_{e_k} = \left(\sum_{i=1}^N Q_{m_{k,i}} \right) + q_k \cdot \left(A_k - \left(\sum_{i=1}^N A_{m_{k,i}} \right) \right) \quad (1)$$

$$q_k = \frac{Q_J - \sum_{i=1}^M Q_{m_{j,i}}}{A_J - \sum_{i=1}^M A_{m_{j,i}}} \quad (2)$$

Onde K é um local sem dados; J é um posto fluviométrico com dados localizado a jusante de K; A, B, e C são locais com dados (postos fluviométricos) a montante de J; Q_{e_k} é a vazão estimada no local sem dados; $Q_{m_{k,i}}$ é a vazão observada em cada um dos N postos fluviométricos localizados a montante de K; $Q_{m_{j,i}}$ é a vazão observada em cada um dos M postos fluviométricos localizados a montante de J; A_k é a área de drenagem no ponto K; $A_{m_{k,i}}$ é a área de drenagem a montante de cada um dos N postos fluviométricos a montante de K; A_j é a área de drenagem no ponto J; $A_{m_{j,i}}$ é a área de drenagem a montante de cada um dos M postos fluviométricos a montante de J; e q_k é a vazão específica estimada na região incremental entre o ponto J e os postos fluviométricos localizados a montante.

Os resultados da disponibilidade hídrica foram obtidos nas sub-bacias afluentes ao Rio Canoas aplicando o método das vazões específicas considerando as estações fluviométricas na captação do Canoas e do Pouso Alegre usando como estações de apoio as estações fluviométricas selecionadas na região e ilustradas na Figuras 3.3.6(1). O gráfico da figura 3.3.6(2) ilustra a série de vazões específicas das duas estações. Cabe ressaltar séries passaram por uma análise de consistência com base em outliers identificados na série, seguindo os procedimentos preconizados pela ANA em estudos de disponibilidade hídrica. As estações de apoio foram utilizadas para fins de preenchimento e extensão das duas estações fluviométricas na captação do Canoas e do Pouso Alegre, os procedimentos utilizados também foram os mesmos preconizados pela ANA em estudos de disponibilidade hídrica.

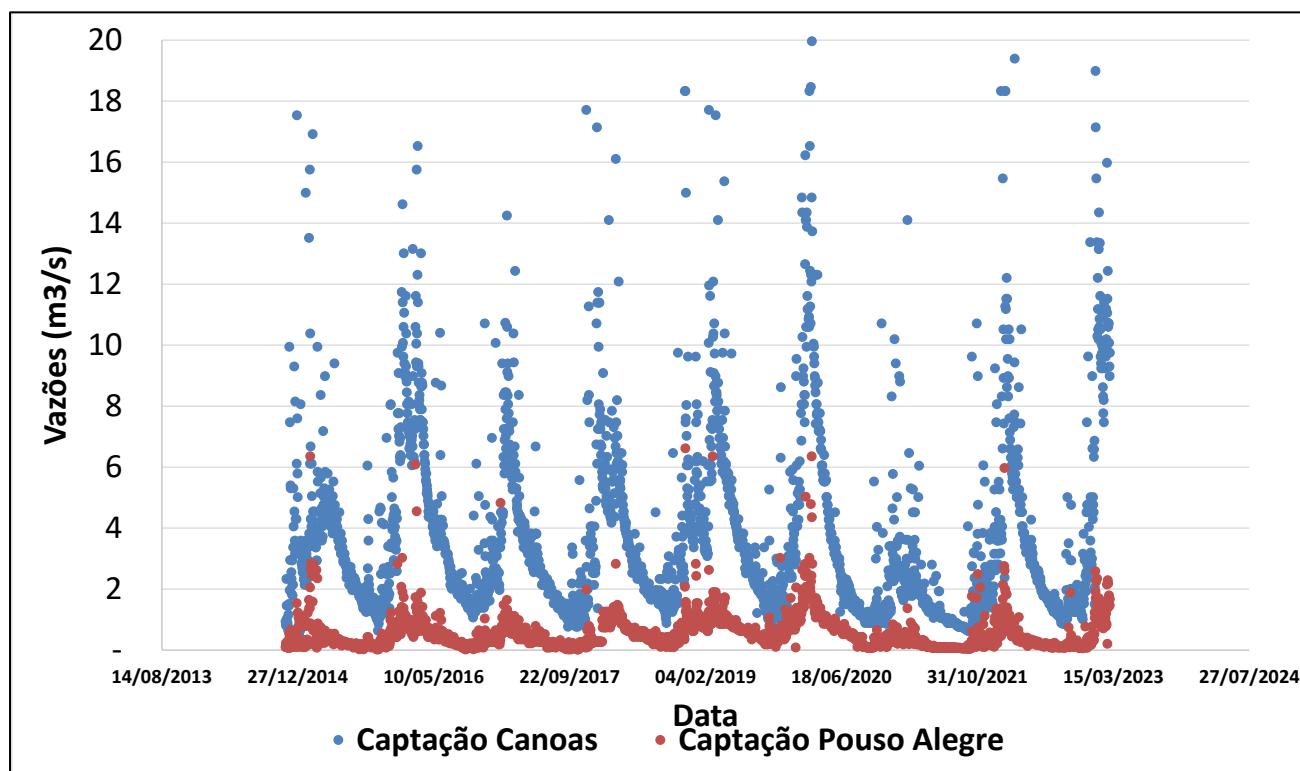


Figura 3.3.6(2) – Gráfico das séries de vazões das estações fluviométricas na captação do Canoas e do Pouso Alegre.

Foram obtidos para cada um dos 563 trechos da hidrografia na região de interesse, diferentes vazões de referência incluindo a Q_{mlt} (total e sazonal), Q_{95} (total e sazonal), Q_{90} (total e sazonal), Q_{710} (total e sazonal) e Q_{80} . Os resultados para todos os trechos foram representados em um arquivo *shapefile* da hidrografia e em planilha Excel e estão

disponibilizados digitalmente conforme o anexo 3.3.6(1). A figura 3.3.6(3) abaixo ilustra os resultados para a Q_{mt} total e a Q_{710} total. As tabelas 3.3.6(1) e 3.3.6(2) apresentam os valores das diferentes vazões de referência calculados nos trechos dos pontos de captação da região de interesse. Nesta tabela as vazões estão em Litros/Segundo (l/s).



(a)



(b)

Figura 3.3.6(3) - Q_{mt} total (a) e a Q_{710} total (a) na região de interesse.

Tabela 3.3.6(1) - Vazões de referência (l/s) calculados nos trechos dos pontos de captação Canoas e Pouso Alegre

Nome	Captação Rio das Canoas	Captação Pouso Alegre
cobacia	868747	86874635
cocursodag	86874	868746
Ad (km²)	227.1	34.8
Q _{mlt}	4214.1	551.9
Q ₉₅	1269.0	110.0
Q ₉₀	1531.0	162.9
Q ₈₀	1967.0	225.0
Q ₇₁₀	734.2	41.7

Tabela 3.3.6(2) - Vazões de referência sazonais (l/s) calculados nos trechos dos pontos de captação Canoas e Pouso Alegre

Nome	Captação Rio das Canoas			Captação Pouso Alegre		
cobacia	868747			86874635		
cocursodag	86874			868746		
Ad (km²)	227.1			34.8		
Mês	Q _{mlt}	Q ₉₅	Q _{7 10}	Q _{mlt}	Q ₉₅	Q _{7 10}
Jan	2557.0	6821.6	2434.6	277.5	845.3	242.5
Fev	2818.0	7562.3	3302.3	332.4	910.9	414.5
Mar	2607.5	7347.0	3467.1	286.4	956.1	317.3
Abr	2608.1	5512.4	2846.2	285.8	671.8	215.2
Mai	1841.9	4353.5	2084.3	241.0	544.8	159.7
Jun	1501.9	3451.8	1600.7	102.0	385.7	126.8
Jul	1376.6	2644.9	1666.6	155.4	323.8	111.1
Ago	1039.4	2085.3	1050.1	111.4	256.6	81.1
Set	916.7	1882.0	1072.5	83.0	204.9	65.4
Out	863.0	1975.3	773.9	66.0	229.1	43.5
Nov	1154.0	2667.2	1007.1	121.0	316.4	140.1
Dez	2033.0	4455.4	1689.7	225.0	553.0	174.7

3.3.7. Balanço hídrico

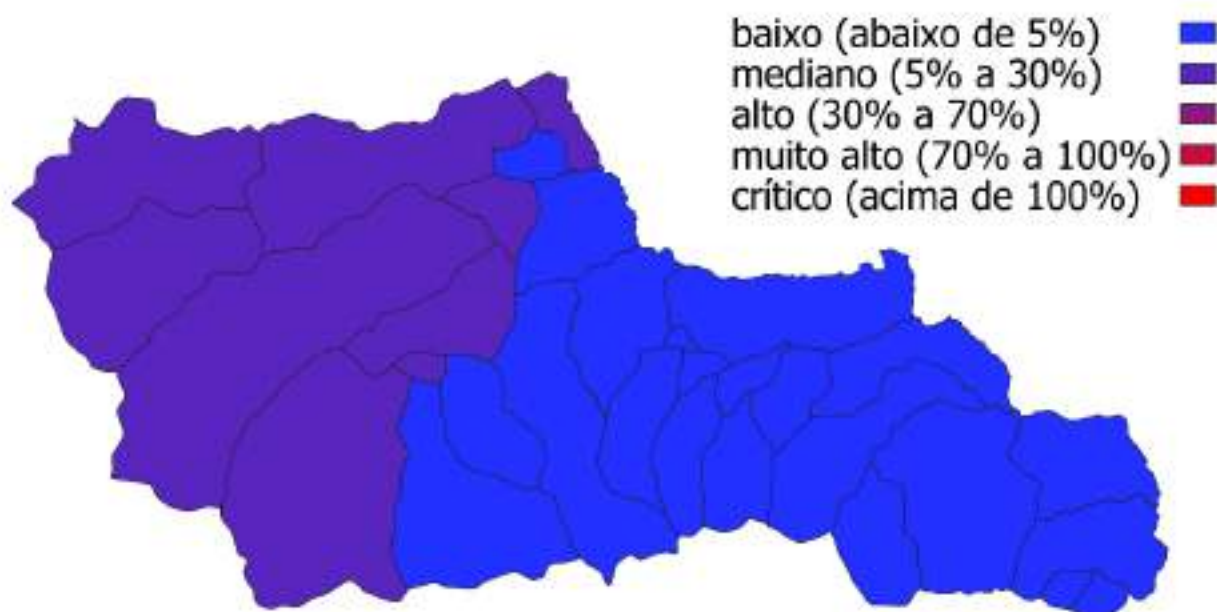
Independentemente da ocorrência de eventos extremos, o Balanço Hídrico se apresenta como uma ferramenta de gestão capaz de identificar pressões e potenciais

conflitos que podem incidir sobre os recursos hídricos diante de diferentes cenários. É, portanto, um elemento fundamental para orientar a gestão e o planejamento nas bacias hidrográficas brasileiras, visando garantir a segurança hídrica.

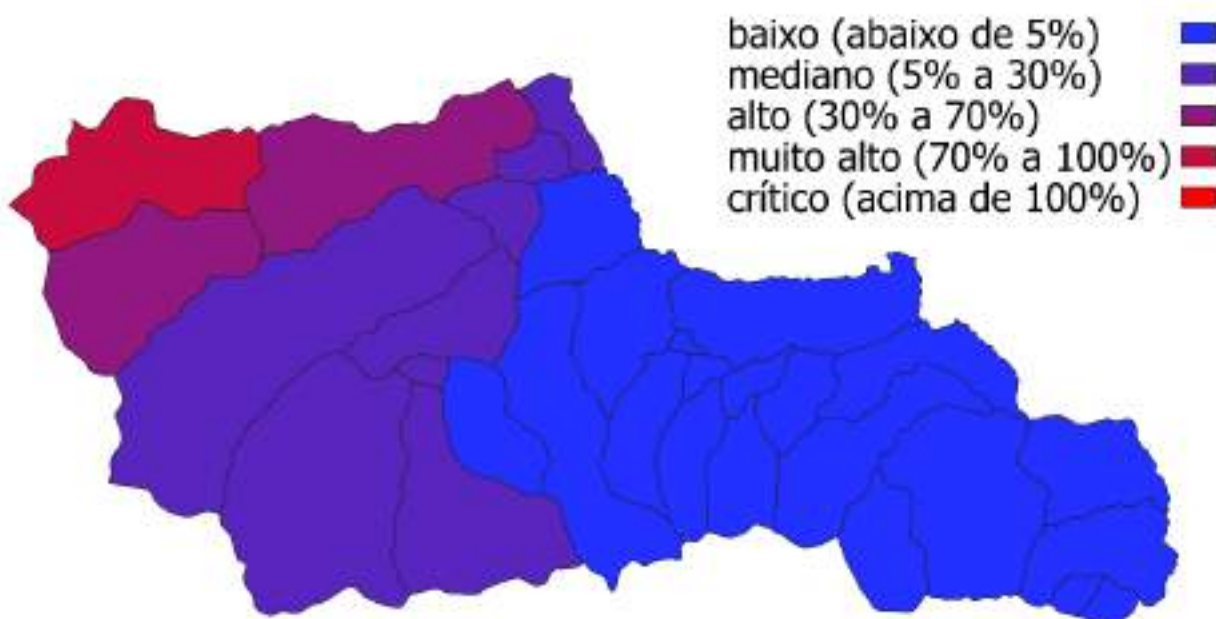
O balanço hídrico quantitativo é um indicador do nível de comprometimento hídrico. Seu papel é identificar quanto da disponibilidade hídrica está sendo utilizada para atendimento de usos consuntivos. Isso é dado pela razão entre a demanda e a oferta e é apresentado em termos de percentuais de comprometimento.

Nos balanços aqui apresentados, a demanda corresponde ao somatório das estimativas de vazão de uso consuntivo para os diversos usos setoriais, associadas ao seu local de utilização. A oferta, por sua vez, corresponde a uma vazão de alta garantia, definida como disponibilidade hídrica, e agrega as seguintes vazões de referência: vazão Q_{95} e vazão $Q_{7,10}$.

O balanço hídrico foi realizado para cada trecho da bacia do rio Canoas, classificando-se o nível de comprometimento hídrico dos trechos em: baixo (abaixo de 5%), mediano (5% a 30%), alto (30% a 70%), muito alto (70% a 100%) e crítico (acima de 100%). A figura 3.3.7(1) ilustra o balanço hídrico na região de interesse para cada trecho da bacia do rio Canoas utilizando como vazões de referência a Q_{95} (a) e a $Q_{7,10}$ (b). Observa-se que os comprometimentos mais elevados aparecem prioritariamente na porção oeste da região, o que coincide com as maiores demandas em trechos da bacia do ponto de captação Pouso Alegre. Para a disponibilidade hídrica $Q_{7,10}$ observa-se nessa bacia do Pouso Alegre trechos com comprometimento hídrico muito alto.



(a)



(b)

Figura 3.3.7(1) – Balanço Hídrico utilizando como vazões de referência a Q_{95} (a) e a Q_{710} (b).

3.4. Qualidade das águas

3.4.1. Águas superficiais (Diagnóstico da Qualidade da Água do Ribeirão dos Bagres e do Rio Canoas)

O monitoramento da qualidade da água é necessário para aperfeiçoar a gestão dos recursos hídricos, diagnosticar a qualidade ambiental dos sistemas aquáticos (i.e., lóticos e lântico) de uma região e assegurar a saúde pública. Esse diagnóstico da qualidade da água foi realizado por meio de variáveis baseadas em dados contínuos coletados ao longo de um período específico (2017 a 2021). Assim, esse monitoramento é representativo das condições de variabilidade ambiental, em relação aos períodos hidrológicos, i.e., de elevadas e baixas precipitações atmosféricas (i.e., seca e chuva). Essa abordagem, com ampla aplicação sobre qualidade de águas em rios, diferenciam as variáveis da água em duas estações climáticas, i.e., época de seca e de cheia (Alam et al., 2007; Mustapha et al., 2012; Nienie et al., 2017; Safieh et al., 2020; Hashim et al., 2022). A consideração das condições ambientais (como clima, chuvas no dia anterior, hora da coleta) pode ser, em alguns casos, especialmente importante para fazer inferências em relação a uma variável específica.

Os objetivos do diagnóstico da água são: (i) avaliar o estado atual e a condição das águas e determinar se as variáveis específicas monitoradas estão atendendo os padrões de qualidade legislaíveis, utilizando a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (Brasil, 2005); (ii) determinar as tendências espaciais e temporais da qualidade da água (no Ribeirão dos Bagres: BAGR 4020 e BAGR 4500) e as tendências temporais da qualidade da água no Rio Canoas (KNOA 2500) e (iii) identificar novos e emergentes problemas de qualidade da água. Assim, para atingir os objetivos relacionados com a qualidade da água, utilizou-se o banco de dados disponibilizado no período de abrangência 2017 a 2021 deste estudo pela CETESB (CETESB, 2018; 2019; 2020a; 2021a; 2022a). Ressalta-se que, no caso de amostragens não contínuas, estas foram geralmente usadas apenas para avaliar locais com informações limitadas, reconhecendo assim a necessidade de monitoramento mais específico e detalhado para um diagnóstico mais preciso. Testes estatísticos foram utilizados para comparar os pontos de monitoramento da CETESB e as estações hidrológicas de seca e de cheia. Primeiramente, testes de normalidade foram aplicados

seguidos de testes paramétricos; quando ocorreu a distribuição normal dos dados e de não-paramétrico quando a normalidade não foi confirmada. Embora o Ribeirão dos Bagres não faça parte da bacia hidrográfica do Rio Canoas, esse ambiente lótico está incluído no termo de referência que norteou esse diagnóstico. Em adição aos dados da CETESB, foram utilizadas as informações fornecidas pela SABESP referentes ao Rio Canoas (001BR002: Av. Dr. Flávio Rocha nº 4951 - ETA adutora e 001BR207: Rod. Tancredo de Almeida Neves km 13,8 + 900 m) e no Córrego Pouso Alegre (001BR008: Est. Municipal Fazenda Pouso Alegre e 001BR004: Av. Dr. Flávio Rocha nº 4951 – ETA). As variáveis limnológicas analisadas foram as que tiveram monitoramento contínuo (cor aparente, turbidez, pH e temperatura da água; Anexo 3.4.1(1) no período de 2017 a 2022.

3.4.1.1. Descrição da Área de Diagnóstico do Ribeirão dos Bagres e do Rio Canoas

A população estimada atualmente de Franca é cerca de 370 mil habitantes (IBGE, 2022) e a área urbana encontra-se nos arredores do Ribeirão dos Bagres, Córrego Cubatão e Córrego Espraiado (Pereira, 2013). A seguir, encontra-se uma breve descrição dos pontos de amostragem da CETESB: (i) Ribeirão dos Bagres (P1 = BAGR 4020: 20°31'14"S e 47°22'28"O e P2 = BAGR 4500: 20°33'18"S e 47°24'50"O): ocupando uma área de aproximadamente 274,75 km, a sub-bacia do Ribeirão dos Bagres possui parte de suas nascentes primárias inseridas na área urbana do município de Franca (SP), sendo este curso de água um dos principais afluentes do Rio Sapucaí Mirim. Como principais afluentes do Ribeirão dos Bagres, podemos citar o Córrego da Alegria, Córrego do Espraiado (situado em área urbana), Córrego da Represa e Ribeirão Santo Antônio, estes, em sua maioria, situados na zona rural (Nascimento, 2015) e (ii) Rio Canoas (P3 = KNOA 2500: 20°25' 49"S e 47°17'38"O): a área de proteção ambiental do Rio Canoas (APA-RC) é de 181,11 km² é importante para a qualidade de vida da população de Franca. A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) capta a água para o abastecimento público do município no Rio Canoas. A caracterização hidrográfica do Rio Canoas indica que seu percurso em Franca é de 27,21 km não existindo áreas urbanas adjacentes (Faria, 2016).

3.4.1.2. Temperatura (Ar e Água) e Precipitação Atmosférica

Na área de estudo referente ao presente diagnóstico da qualidade da água, o clima é tropical de altitude (CWA) com temperatura média mensal de 24 °C, nos meses mais secos a precipitação é ca. 35 mm e nos mais chuvosos pode chegar a 1500 mm. Os verões quentes são chuvosos e os invernos frios e secos (Nascimento, 2015; SIMA-SP/FEHIDRO, 2020). Em relação à temperatura do ar (T_{ar}) e à precipitação atmosférica, a Tabela 3.4.1.2(1) mostra a variação média mensal ($\pm$ DP) no período de 2017 a 2022 e de 1935 a 2022 (i.e., série histórica).

Tabela 3.4.1.2(1). Temperaturas do ar e precipitações médias mensais ($\pm$ DP) no período de 2017 a 2022 (Fonte: Agritempo, 2022) e precipitação média mensal no período de 1935-2022.

	Período: 2017 a 2022				Período: 1935 a 2022	
	T_{ar} (°C)	DP	Precipitação (mm)	DP	Precipitação (mm)	DP
Janeiro	23,26	0,74	229,7	88,5	289,8	104,6
Fevereiro	23,00	0,88	217,3	92,8	231,8	105,0
Março	22,95	0,70	150,6	45,7	189,9	83,0
Abril	21,95	0,79	43,8	24,3	83,8	52,6
Maio	20,31	2,02	36,3	10,9	49,0	40,3
Junho	20,48	0,73	35,6	38,6	23,4	26,3
Julho	19,78	1,26	12,2	13,2	16,8	22,8
Agosto	20,45	1,73	42,7	52,3	18,3	26,1
Setembro	24,65	1,66	67,7	26,6	65,1	60,8
Outubro	24,11	0,61	133,4	64,6	162,2	126,0
Novembro	22,92	0,55	154,7	48,0	220,5	83,5
Dezembro	23,15	0,45	207,3	75,5	283,4	95,3

(Fonte: DAEE, 2022)

Na Tabela 3.4.1.2(2) são apresentadas as variações temporais da temperatura da água ($T_{\text{água}}$) e do ar (T_{ar}) dos pontos de monitoramento (P1 e P2 = Ribeirão dos Bagres e P3 = Rio Canos) da CETESB, na região de Franca. Os valores mínimos de $T_{\text{água}}$ ocorreram em 06/2021 (período de seca) para os três pontos de monitoramento (P1, P2 e P3). Os valores médios máximos da $T_{\text{água}}$ (variação de 24,1 a 28,2 °C) foram observados em 12/2018 para P1, 04/2019 para P2 e 10/2019 para P3. Independentemente do ponto de monitoramento, os maiores valores médios da temperatura da água foram registrados na época de cheia (outubro a março). Ao considerarmos os períodos hidrológicos (Figura

3.4.1.2(1)), os valores médios na época de chuvas foram 1,12 mais elevados que na época de seca (média = 21,9 °C). A comparação apenas entre o período de cheia e seca na T-água mostrou diferença significativa ($P < 0,001$). Em adição aos dados da CETESB (Tabela 3.4.1.2(2)), a SABESP também realizou a avaliação da água bruta para fins de abastecimento no Rio Canos, assim a média da temperatura no período de 2017 a 2022 foi $21,5 \pm 2,7$ °C.

Em relação a T-ar, os valores médios indicados na Figura 1 correspondem aos valores esperados dentro da variação sazonal da região de Franca, sendo 27,7 °C na época de cheia e de 26,6 °C na época de seca para os três pontos de monitoramento. Devemos considerar que os valores da temperatura do ar, durante as campanhas de monitoramento, variam durante as horas do dia em função do: (i) ângulo de incidência e inclinação/obliquidade dos raios solares e (ii) das condições locais de nebulosidade no momento da medição (Christopherson, 2012).

O confronto entre as T-ar e T-água (Figura 3.4.1.2(2)) indicam uma baixa proporcionalidade entre essas duas variáveis. Variações de T-água são decorrentes do regime climático (i.e., da T-ar) e os corpos de água apresentam variações sazonais (na escala de meses) e diurnas (na escala de horas). A temperatura superficial da água (T-água) é influenciada pela: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, extensão da área sombreada pela vegetação ripária (considerando apenas pequenos córregos e riachos), contribuição pela adução de água subterrânea e profundidade (Allan, 1995; CETESB, 2021b). Nesse sentido, a relação entre T-ar e T-água reflete, predominantemente, as condições climáticas (sazonais e diárias) da época e horário da amostragem. Ressalta-se que o calor específico da água é 4,4 vezes maior que o do ar (Laloui e Loria, 2020), o que confere uma elevada estabilidade térmica aos ecossistemas aquáticos. Em condições naturais, a temperatura da água corrente (i.e., rios) varia entre 0 °C e 30 °C (Chapman, 1996), essa faixa de variação na T-água foi observada nos P1, P2 e P3 (Figura 3.4.1.2(1)). Não há valor de referência de qualidade para a T-água na Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

Tabela 3.4.1.2(2). Variações das temperaturas do ar e da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1		P2		Campanhas	P3	
	BAGR 04 020		BAGR 04 500			KNOA 05 500	
	T- água	T-ar	T- água	T-ar		T- água	T-ar
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		(°C)	(°C)
16/02/2017	25,6	29,4	25,7	30,5	2017	in	in
18/04/2017	25,0	27,5	24,0	26,8	2017	in	in
20/06/2017	23,7	26,5	20,7	25,4	2017	in	in
15/08/2017	24,0	29,2	23,7	30,5	2017	in	in
24/10/2017	24,8	28,3	26,0	30,3	2017	in	in
06/12/2017	24,4	22,7	24,3	24,8	2017	in	in
15/02/2018	25,3	25,8	25,4	28,5	20/02/2018	23,7	28,3
17/04/2018	24,5	23,6	24,3	25,1	17/04/2018	20,9	24,4
12/06/2018	24,1	27,7	22,3	25,9	14/06/2018	19,5	27,2
14/08/2018	23,8	30,2	20,5	27,3	15/08/2018	18,4	31,9
23/10/2018	25,2	29,3	25,9	30,5	25/10/2018	22,4	25,1
06/12/2018	25,8	30,0	25,6	29,7	10/12/2018	22,6	27,3
14/02/2019	25,5	29,5	24,9	27	13/02/2019	23,3	25,4
25/04/2019	25,7	29,6	28,2	29,6	24/04/2019	21,8	26,7
12/06/2019	23,3	24,8	21,6	25,7	13/06/2019	19,1	28,2
15/08/2019	22,3	22,8	21,1	23,3	14/08/2019	21,0	27,5
24/10/2019	24,4	27,8	27,3	29,5	23/10/2019	24,1	29,5
10/12/2019	25,1	25,5	24,7	27,4	10/12/2019	23,7	26,6

12/02/2020	24,9	26,4	25,3	28,2	13/02/2020	23	27,1
16/06/2021	22,2	22,9	19,6	23,1	17/06/2021	14,9	23
06/10/2021	24,5	30,8	26,5	30,9	07/10/2021	23,2	23,1

in = inexistente

A poluição térmica da água ocorre pela entrada de efluentes com temperaturas acima ou abaixo da temperatura média natural de um corpo de água. A temperatura natural das águas de um rio é definida pela temperatura que prevalece na ausência de população e indústria no entorno do corpo de água. Qualquer fonte de efluente no local a montante que altere essa condição normal a jusante pode ser interpretada como modificação térmica (Davidson e Bradshaw, 1967). Nesse contexto, os dados referentes à temperatura da água nos P1, P2 e P3 não remetem a poluição térmica, uma vez que se encontram dentro do esperado em função das condições climáticas locais.

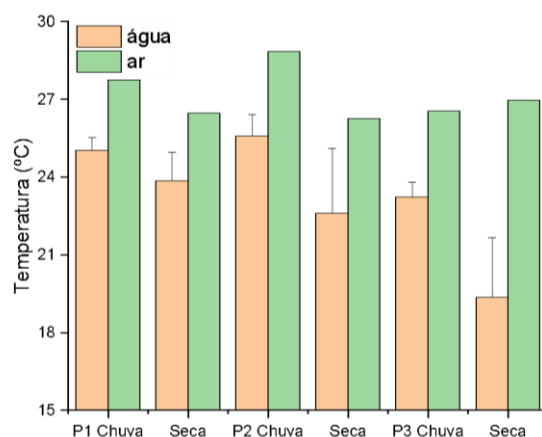


Figura 3.4.1.2(1) Variações das temperaturas médias do ar e da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

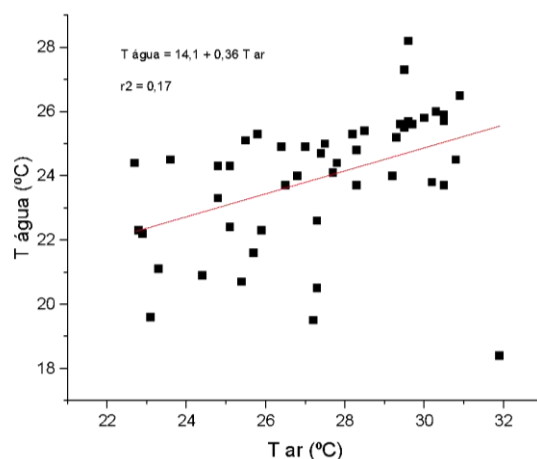
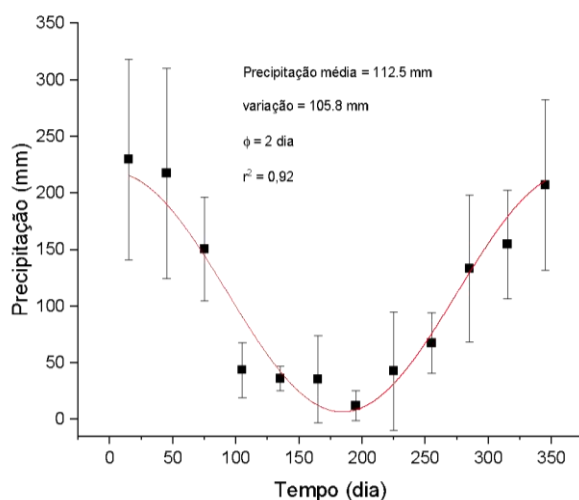


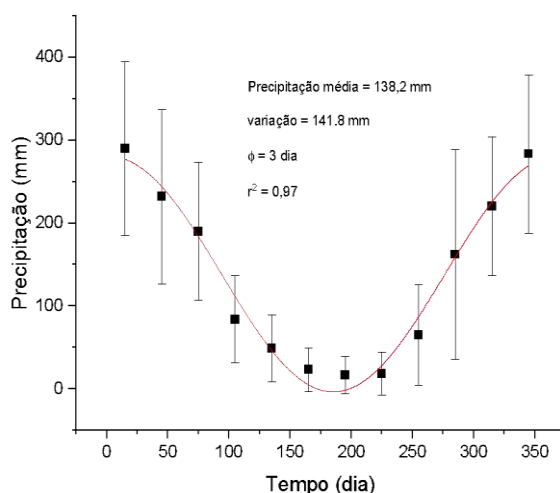
Figura 3.4.1.2(2). Confronto entre as temperaturas do ar e da água nos três pontos de monitoramento limnológico (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. Das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP) no período de 2017 a 2021.

A T-água influencia a maioria dos aspectos físicos (i.e., viscosidade, tensão superficial, calor específico), processos biológicos (i.e., fisiológicos e comportamentais), químicos (taxas de reação) nos ambientes aquáticos. A temperatura da água influencia a taxa de processos fisiológicos, como a respiração, o crescimento e a taxa fotossintética (EPA, 2021a). A diminuição da temperatura da água pode alterar, por exemplo, o período de migração e diminuição da desova para alguns peixes (Namoi Catchment Management Authority, 2013). Em geral, o aumento da temperatura da água pode resultar em: (i) diminuição do oxigênio dissolvido (OD) disponível para vida aquática e (ii) aumento da dissolução de substâncias na água, e.g., metais e sensibilidade dos organismos a toxinas (EPA, 2021a). Os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica (superior e inferior), temperaturas ótimas para seu crescimento, temperatura preferencial (em gradientes térmicos) e limitações de temperatura para migração, desova e incubação dos ovos (Neuheimer et al., 2011).

A precipitação média mensal define 2 períodos hidrológicos, uma estação de seca, com baixas precipitações atmosféricas e, uma estação de cheia, com chuvas de maior volume de água (Tabela 3.4.1.2(1)). Os valores de precipitações mensais no período de 2017 a 2022 e de 1937 a 2022 foram ajustados ao modelo senoidal (Figuras 3.4.1.2(3)a e b).



(a)



(b)

Figura 3.4.1.2(3). Resultados dos ajustes de precipitação mensal na região de Franca (SP) ao modelo senoidal: $y = Média + [Variação \times \cos(\frac{2\pi}{365} \times (t - \phi))]$. (a): Período: 2017 a 2022 (Fonte: Agritempo, 2022), (b): Período: 1935-2022 (Fonte: DAEE, 2022), ϕ = dia do ano que ocorre o maior valor da precipitação, também chamado de acrófase computacional e r^2 = coeficiente de terminação.

Ao comparar esses ajustes foi possível constatar que nos últimos 5 anos, a precipitação média anual foi 18,6% menor que a precipitação média de longo prazo (87 anos). A variação anual da precipitação também foi menor (ca. 25%); entretanto, o período com as maiores precipitações foi mantido (início de janeiro).

3.4.1.3. Potencial Hidrogeniônico (Ph)

O pH é a medida da quantidade relativa de íons de hidrogênio e hidroxila livres na água. O pH é uma medida de acidez/basicidade da água (Tabela 3.4.1.3(1)). O intervalo do pH é de 0 a 14, sendo que o pH 7 é considerado neutro. O pH < 7 indicam acidez e > 7 indicam uma basicidade (USGS, 2019; EPA, 2021b; EPA, 2022a). A acidez da água é controlada por ácidos minerais fortes, ácidos fracos, como carbônico, húmico e fúlvico e, sais hidrolisados de metais (e.g., ferro, alumínio), bem como por ácidos fortes (Chapman, 1996). Como o pH da água pode ser afetado por diversos compostos, essa variável é um importante indicador de qualidade.

A Tabela 3.4.1.3(2) mostra os valores de pH no período de 2017 a 2021 nos P1 e P2 (Ribeirão dos Bagres) e P3 (Rio Canoas). A variação de pH da água foi de 6,40 (10/2018) em P1 a 8,13 (08/2018) em P2. A maioria dos ambientes aquáticos, sem interferência antrópica, apresenta pH na faixa de 5,5 a 8,5 (Dobson e Frid, 2008). Em relação à conformidade com a Resolução CONAMA nº 357, nenhum dos pontos amostrais apresentou valor de pH fora da faixa preconizada para Classes 1, 2, 3 e 4 (variação de 6 a 9; Brasil, 2005). Ao se comparar o pH das águas em função das estações hidrológicas (seca × cheia) e os pontos de monitoramento (P1, P2 e P3), observou-se que o P1 no período de cheia foi significativamente diferente de P2 ($p < 0,001$) e de P2 ($p < 0,001$) e P3 ($p < 0,05$) no período de seca. O pH da água do P2 na cheia foi diferido de P1 na seca ($p < 0,001$). O P2 foi diferente de P3 ($p < 0,001$) na estiagem.

Tabela 3.4.1.3(1). Classificação das águas em função do pH.

Características	pH (faixa)
Ácidas	< 6,5
Neutra	6,5 – 7,5
Baixa basicidade	7,5 a 8,5
Alta basicidade	> 8,5

(Akhtar et al., 2014)

A Figura 3.4.1.3(1) mostra a variação sazonal do pH nos pontos amostrais. Observou-se uma variação de pH da água em função do período hidrológico (cheia e seca, respectivamente) de $6,77 \pm 0,16$ a $6,89 \pm 0,12$ em P1, $7,68 \pm 0,15$ a $7,74 \pm 0,20$ em P2 e $7,19 \pm 0,17$ a $7,38 \pm 0,18$ em P3. O P2 apresentou os maiores valores de pH sendo classificado como sendo de baixa basicidade; os P1 e P3 tiveram suas águas classificadas como neutra (variação de 6,5 – 7,5). As condições mais ácidas, encontradas no P1, podem estar relacionadas aos processos gradativos do carbono orgânico, observados pelas concentrações mais elevadas de COT nesse ponto do Ribeirão dos Bagres (ver Figura 3.4.1.8(1)). A decomposição da matéria orgânica libera CO_2 que se dissolve na água, liberando íons de hidrogênio no ácido carbônico e reduzindo o pH.

A SABESP realizou o monitoramento contínuo do pH nas águas de P3, no período de 2017 a 2022. O pH médio foi $7,2 \pm 0,3$, sendo caracterizada como águas neutras, o que corresponde aos resultados do monitoramento da água realizado pela CETESB (Tabela 3.4.1.3(2)).

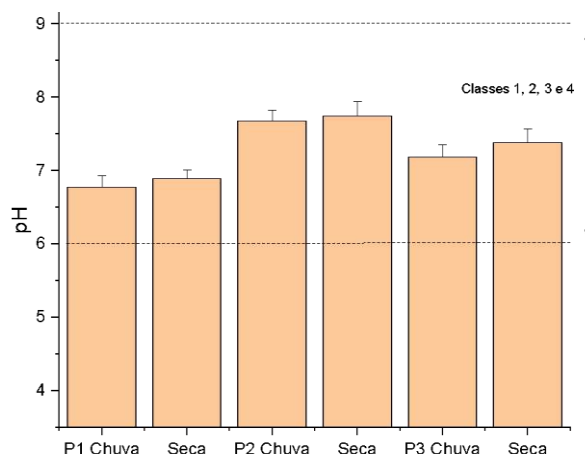


Figura 3.4.1.3(1). Variações do pH da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. Das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Tabela 3.4.1.3(2). Variações do pH da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. Das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	pH	pH		pH
16/02/2017	6,85	7,73	2017	in
18/04/2017	7,03	7,63	2017	in
20/06/2017	6,94	8,02	2017	in
15/08/2017	6,85	7,52	2017	in
24/10/2017	6,92	8,05	2017	in
06/12/2017	6,81	7,7	2017	in
15/02/2018	6,61	7,67	20/02/2018	7,23
17/04/2018	6,81	7,67	17/04/2018	7,22
12/06/2018	7,05	7,75	14/06/2018	7,62
14/08/2018	7,00	8,13	15/08/2018	7,62
23/10/2018	6,40	7,61	25/10/2018	6,86
06/12/2018	6,69	7,64	10/12/2018	7,17
14/02/2019	6,89	7,58	13/02/2019	7,26
25/04/2019	6,68	7,60	24/04/2019	7,17
12/06/2019	6,91	7,66	13/06/2019	7,29
15/08/2019	6,75	7,87	14/08/2019	7,44
24/10/2019	6,92	7,77	23/10/2019	7,46
10/12/2019	6,92	7,67	10/12/2019	7,13
12/02/2020	6,70	7,49	13/02/2020	7,15

16/06/2021	6,90	7,56	17/06/2021	7,33
06/10/2021	6,80	7,54	07/10/2021	7,24

in = inexistente

O principal sistema que controla o pH em águas naturais é o sistema carbonato (Figura 3.4.1.3(2)), o qual é composto por dióxido de carbono atmosférico (CO_2), ácido carbônico (H_2CO_3), íons bicarbonato (HCO_3^-) e íons carbonato (CO_3^{2-}). Em águas naturais, o pH é influenciado pelos íons H^+ , oriundo da dissociação do H_2CO_3 e dos íons OH^- a partir da hidrólise do bicarbonato (Burton Jr. e Pitt, 2001; Allan e Castillo, 2007).

Embora o pH não apresente impacto direto para o consumo da água, é uma variável muito importante na determinação de sua qualidade. A Portaria GM/MS nº 888 indica que seja realizada a mensuração dessa variável tanto em mananciais superficiais quanto subterrâneos para abastecimento de água para consumo humano (Brasil, 2021). O controle do pH é necessário em todas as etapas do tratamento da água para garantir a clarificação e desinfecção. Para a desinfecção eficaz com cloro, o pH deve ser preferencialmente inferior a 8,0 (WHO, 2007), condição apresentada pela água em P3 (captação de água da SABESP de Franca no rio Canoas). Valores extremos de pH podem ser devido a derramamentos acidentais, falhas no tratamento de água ou revestimentos inadequados de tubos (WHO, 2007).

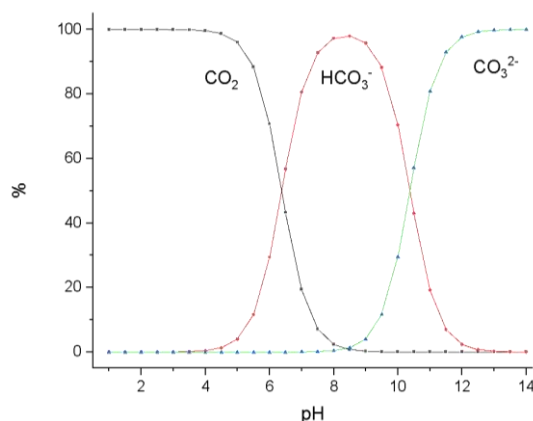


Figura 3.4.1.3(2). Sistema carbonato: relação entre os compostos de carbonato e o pH nas águas doces.

Do ponto de vista ecológico, o pH da água determina a solubilidade de elementos (i.e., quantidade dissolvida na água) e a disponibilidade biológica (i.e., quantidade que pode ser utilizada pelos organismos aquáticos) de elementos, e.g., nutrientes: fósforo e nitrogênio e metais: chumbo, cobre, cádmio. Uma vez que modifica a maioria dos processos químicos e biológicos na água, o pH é um dos fatores ambientais que limitam a distribuição de espécies em habitats aquáticos. A faixa de pH de 6,5 a 9,0 parece fornecer proteção adequada para a vida de peixes de água doce e invertebrados de fundo (Burton Jr. e Pitt, 2001). Os efeitos letais, para a maioria dos organismos, acontecem quando o pH < 5,5 ou próximo a 9,5 (Tabela 3.4.1.3(3)). Entretanto, a capacidade de tamponamento das águas naturais (medida pela alcalinidade) é de extrema importância para a manutenção da vida nos sistemas aquáticos (Wetzel e Likens, 1991), caso haja uma mudança no pH das águas.

Tabela 3.4.1.3(3). Compilação de alguns efeitos na biota, em função do pH da água, indicando a sensibilidade de alguns organismos aquáticos ao rebaixamento de pH.

Faixa	Efeitos para a biota aquática
6,5 – 6,0	Ocorrem diminuições na riqueza de espécies de plâncton e invertebrados bentônicos resultantes da perda de algumas espécies altamente sensíveis aos meios ácidos, mas nenhuma mudança mensurável na abundância das espécies. Alguns efeitos adversos (diminuição do sucesso reprodutivo) podem ocorrer para espécies de peixes. Crustáceos e moluscos desaparecem e os musgos e líquens aumentam.
6,0 – 5,5	Perda de espécies sensíveis. Incremento de algas verdes filamentosas na zona litorânea de lagos ou nos remansos de riachos. Perda de algumas espécies de invertebrados comuns de zooplâncton e comunidades bentônicas.
5,5 – 5,0	Perda de algumas espécies de peixes. Aumento na extensão de colonização e abundância de algas verdes filamentosas. Mudança contínua na composição de espécies e declínio na riqueza de espécies de plâncton, perifíton e comunidades de invertebrados bentônicos. Diminuição na abundância total e biomassa de invertebrados bentônicos e zooplâncton. Inibição da nitrificação.
5,0 – 4,5	Perda da maioria das espécies de peixes, incluindo as espécies de peixes esportivos (e.g., truta e salmão em águas frias). Declínio nas taxas de decomposição de matéria orgânica de todo o sistema, resultando nas alterações de ciclos biogeoquímicos. Diminuição substancial no número de espécies de plâncton e invertebrados bentônicos e declínio adicional na riqueza de espécies de plâncton e perifíton. Perda de espécies de invertebrados bentônicos, incluindo todos os moluscos e muitos insetos e crustáceos. Falha reprodutiva de algumas espécies de anfíbios sensíveis a ácidos.

(de acordo com Mason, 1996 e Baker et al., 1990)

As atividades antrópicas ou características geológicas podem afetar o pH. A região de Franca (Folha Franca SF-23-V-A) possui classificação pedológica de latossolo vermelho que possui as características de associação de latossolo vermelho distrófico típico, A moderado,

textura média, álico com latossolo vermelho distrófico típico, A moderado, textura argilosa, álico, ambos fase relevo ondulado e suave ondulado (São Paulo, 2017). De forma geral, os latossolos são muito intemperizados, com baixa concentração de nutrientes, possuindo capacidade de troca de cátions baixa. Latossolos distróficos e ácidos apresentam variação de pH entre 4,0 e 5,5 (Sousa e Lobato, 2021).

Dentre as atividades antrópicas que influenciam a qualidade da água temos: (i) diminuem o pH das águas: resíduos de mineração, presença de solos ácidos ou rochas que contêm minerais geradores de ácido, como a pirita, presença de usinas que geram gases ácidos, escoamento de carvão, efluentes industriais, lixiviação de aterro, presença de criação de animais confinados, efluentes de laticínios, drenagem recente de áreas alagadas e (ii) aumentam o pH das águas: descargas industriais, presença de solos alcalinos, cal agrícola, aterros industriais fábricas de cimento e sabão e vias de cascalho calcário (EPA, 2022a).

3.4.1.4. Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica (CE) é uma medida da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. É depende dos íons que estão dissolvidos na água, i.e., como os sais dissolvidos conduzem a corrente elétrica, a CE aumenta à medida que a salinidade aumenta. Os principais íons que contribuem para a condutividade elétrica da água são: (i) carregados positivamente: sódio, (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), potássio (K^+) e magnésio (Mg^{2+}) e (ii) carregados negativamente: cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-). Nitratos (NO_3^{2-}) e fosfatos (PO_4^{3-}) são os menores contribuintes para a CE em águas naturais, embora sejam muito importantes biologicamente (CWT, 2004). A CE é afetada pela temperatura, i.e., quanto mais quente a água, maior será o valor (CETESB, 2021b; EPA, 2022b).

Os valores de CE dos pontos amostrais no período de 2017 a 2021 são mostrados na Tabela 6. A variação da CE foi $39,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ (10/2018 para o P3) a $231,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ (10/2019 para o P1). Considerando os períodos de cheia e seca, os valores registrados foram: $169,6 \pm 29,4 \mu\text{S cm}^{-1}$ e $154,0 \pm 13,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ para P1; $175,6 \pm 22,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ e $167,9 \pm 8,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ para P2 e $59,5 \pm 11,4 \mu\text{S cm}^{-1}$ e $60,3 \pm 3,1 \mu\text{S cm}^{-1}$ para P3, respectivamente (Figura 6). A

CE das águas de P1 e P2 foram, em média, 2,8 vezes maiores que P3. A CE nos P1 e P2 foi significativamente diferente ($p < 0,001$) de P3 independente da estação hidrológica (seca × cheia). Diferentemente dos P1 e P2 que se localizam na malha urbana de Franca, o P3 (ponto de captação de água da SABESP) localiza-se em uma área afastada (ca. 20 km de Franca), não existindo áreas urbanas adjacentes. O rio Canoas na região da captação possui remanescente de vegetação em suas margens. Assim como para a T-água, não há valor de referência de qualidade para a CE na Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

As concentrações e as composições iônicas da água variam de acordo com a localidade, podendo ser resultado de processos naturais como intemperismo, processos metabólicos (e.g. decomposição de matéria orgânica) e aduções antrópicas por fontes pontuais e difusas de poluentes (Talling, 2009). Uma vez que indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, a CE representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Assim, mudanças na CE podem ser um indicador da descarga de poluição que foi aduzida no meio aquático (Zuin et al., 2009). Áreas onde o tratamento de esgoto é deficiente, pode apresentar águas de seus rios e córregos com elevada CE devido à presença de cloreto, fosfato e nitrato (Mathur, 2014). A condutividade da maioria das águas doces varia de 10 a 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, mas pode exceder 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, especialmente em águas poluídas ou que recebem grandes quantidades de escoamento superficial (Chapman, 1996). Valores de CE acima de 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ sugerem recursos hídricos impactados (CETESB, 2021b), no caso, os P1 e P2 se enquadram nessas condições (Tabela 3.4.1.4(1) e Figura 3.4.1.4(1)). Por estar inserido na malha urbana de Franca, esses pontos estão sujeitos a adução de efluentes urbanos (e.g., industrial e doméstico).

Tabela 3.4.1.4(1). Variações da condutividade elétrica (CE) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. Das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	CE	CE		CE
	$\mu\text{S cm}^{-1}$	$\mu\text{S cm}^{-1}$		$\mu\text{S cm}^{-1}$
16/02/2017	133,3	176,0	2017	in
18/04/2017	139,3	179,7	2017	in
20/06/2017	176,2	160,0	2017	in
15/08/2017	165,5	159,7	2017	in
24/10/2017	168,1	184,8	2017	in
06/12/2017	145,3	189,6	2017	in
15/02/2018	158,7	176,8	20/02/2018	58,5
17/04/2018	141,8	161,7	17/04/2018	56,7
12/06/2018	162,8	171,6	14/06/2018	59,7
14/08/2018	156,3	171,1	15/08/2018	64,7
23/10/2018	201,0	125,6	25/10/2018	39,0
06/12/2018	148,3	192,1	10/12/2018	64,2
14/02/2019	173,8	156,8	13/02/2019	52,6
25/04/2019	139,9	180,2	24/04/2019	57,1
12/06/2019	163,1	158,0	13/06/2019	58,3
15/08/2019	157,6	169,2	14/08/2019	62,6
24/10/2019	231,0	204,0	23/10/2019	63,4
10/12/2019	172,6	172,7	10/12/2019	63,4

12/02/2020	140,7	158,9	13/02/2020	56,1
16/06/2021	137,4	167,4	17/06/2021	63
06/10/2021	192,5	194,1	07/10/2021	79

in = inexistente

A CE nas águas de córregos e rios é afetada principalmente pela geologia da área por onde a água flui. Por exemplo, ambientes lóticos que passam por áreas com leito rochoso de granito tendem a ter menor condutividade, uma vez que, o granito é composto por materiais que não se ionizam quando em contato com a água. Por outro lado, ambientes lóticos que percorrem áreas com solos argilosos tendem a ter maior condutividade devido à presença de materiais que se ionizam facilmente (Mathur, 2014). A composição percentual média das águas doces (Cole, 1983) apresentam as seguintes proporções de íons: (i) cátions: $\text{Ca}^{2+} = 60,9\%$; $\text{Mg}^{2+} = 19\%$; $\text{Na}^+ = 16,6\%$ e $\text{K}^+ = 3,5\%$ e (ii) ânions: $\text{CO}_3^{2-} = 72,4\%$, $\text{SO}_4^{2-} = 16,1\%$ e $\text{Cl}^- = 11,5\%$.

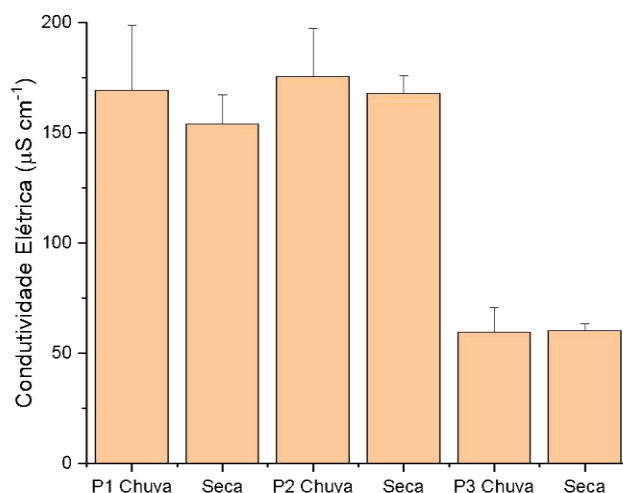


Figura 3.4.1.4(1). Variações da condutividade elétrica (CE) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

A CE de alguns tipos diferentes de águas são: água destilada, $< 2 \mu\text{S cm}^{-1}$; água da chuva, $< 50 \mu\text{S cm}^{-1}$; águas interiores em regiões úmidas, $< 500 \mu\text{S cm}^{-1}$; águas interiores em regiões áridas, $500 \text{ a } > 5.000 \mu\text{S cm}^{-1}$; água do mar, $> 50.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ e estuários, $1.500 \text{ a } > 50.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Boyd, 2017). A CE não é utilizada como um indicador de potabilidade no Brasil, porém um manual técnico da Austrália recomenda o máximo de $800 \mu\text{S cm}^{-1}$ para consumo humano (MRCCC, 2007). A Diretiva 2020/2184 do Parlamento Europeu (2020) indica valor de CE para água potável de $2.500 \mu\text{S cm}^{-1}$ (European Union, 2020). Uma classificação da CE da água para uso na irrigação é apresentada na Tabela 3.4.1.4(2).

Tabela 3.4.1.4(2). Classificação das águas em relação salinidade (baseada na quantidade de íons) da água para fins de irrigação.

Descrição	Classificação	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
Salinidade baixa: geralmente composta por maiores proporções de íons cálcio, magnésio e bicarbonato.	Excelente	< 250
Salinidade moderada: água com concentrações iônicas variadas.	Bom	$250 - 750$
Salinidade elevada: águas com consistem principalmente de íons de sódio e cloreto.	Permitida	$750 - 2.250$
Salinidade extremamente alta: água alta concentração de íons sódio, bicarbonato e carbonato e elevado pH.	Inadequado	> 2.250

(adaptada de Balachandar, 2010 e Tiwari, 2017)

No caso dos diversos usos múltiplos da água, se considerarmos apenas a CE nos P1, P2 e P3, as águas podem ser consideradas excelentes para irrigação; entretanto, diversas variáveis devem ser analisadas, conjuntamente, para se adequarem a um determinado uso.

3.4.1.5. Turbidez

A turbidez (TURB) da água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar o meio líquido, ocorre devido à presença de sólidos em suspensão, e.g.; partículas inorgânicas: areia, silte, argila e detritos orgânicos: bactérias e plâncton (Omer, 2019; CETESB, 2021b). A TURB (e cor) pode ser causada principalmente por partículas muito pequenas (menos de $1 \mu\text{m}$), enquanto o conteúdo de sólidos suspensos está, geralmente, associado a partículas de tamanho maior, de $10 \text{ a } 100 \mu\text{m}$ (Burton Jr. e Pitt, 2001). A variação da TURB da água foi $5,3 \text{ UNT}$ (02/2017) a $50,0 \text{ UNT}$ (04/2019) no P1; $4,2$

UNT (06/2018) a 65,0 UNT (02/2019) no P2 e 6,8 UNT (08/2018) a 450 UNT (10/2018) no P3 (Tabela 3.4.1.5(1)). Ressalta-se que o valor máximo observado no P3 é atípico (indicado pelo elevado DP; Figura 3.4.1.5(1)) e houve o relato de chuvas no período de 24 h antes da coleta que ocorreu em 25/10/2018 às 10h50min (CETESB, 2019). Segundo AgriTempo (2022) em 24/10/2018 houve o registro de 25,48 mm de chuvas (Estação: FRANCA 9000654), o que representa 15,3% do total (167 mm) para outubro de 2018 registrado pela DAEE (2022).

Tabela 3.4.1.5(1). Variações da turbidez (TURB) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	Turbidez	Turbidez		Turbidez
	UNT	UNT		UNT
16/02/2017	5,3	17,0	2017	in
18/04/2017	6,2	19,0	2017	in
20/06/2017	16,0	6,4	2017	in
15/08/2017	7,9	4,7	2017	in
24/10/2017	10,0	7,1	2017	in
06/12/2017	14,0	8,2	2017	in
15/02/2018	13,0	27,0	20/02/2018	26,0
17/04/2018	8,4	5,8	17/04/2018	19,0
12/06/2018	11,0	4,2	14/06/2018	9,3
14/08/2018	9,9	4,8	15/08/2018	6,8
23/10/2018	29,0	38,0	25/10/2018	450
06/12/2018	8,4	11,0	10/12/2018	20,0
14/02/2019	16,0	65,0	13/02/2019	60,0
25/04/2019	50,0	21,0	24/04/2019	30,0
12/06/2019	17,0	9,9	13/06/2019	10,0
15/08/2019	13,0	4,8	14/08/2019	7,2
24/10/2019	42,0	8,4	23/10/2019	10,0
10/12/2019	22,0	15,0	10/12/2019	16,0

12/02/2020	14,0	100	13/02/2020	100
16/06/2021	14,0	3,4	17/06/2021	4,7
06/10/2021	23,0	5,7	07/10/2021	10

in = inexistente

De forma geral, os valores de TURB foram baixos nas diferentes coletas se enquadram na Classe 1 (turbidez ≤ 40 UNT) segundo a Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005); a exceção das coletas realizadas em: 10/2018 (P3), 02/2019 (P2 e P3), 04/2019 (P1), 10/2019 (P1) e 02/2020 (P2 e P3), ressalta-se, contudo, que todas essas campanhas de monitoramento ocorreram na época de chuvas. A TURB, com frequência, aumenta acentuadamente durante as chuvas intensas (Weiner, 2013), sendo essa variável um indicativo de erosão do solo causada por atividades que perturbam a terra (e.g. agricultura); podendo ser utilizada para monitorar as taxas de erosão dos rios e canais e a eutrofização (turbidez biogênica).

A TURB no Ribeirão dos Bagres é baixa, porém ocorre aumento nos valores dessa variável no período de chuva em relação ao de seca. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as estações hidrológicas nos pontos de monitoramento P1 e P2. No período de 2017 a 2021, a TURB média da água foi $17,88 \pm 10,57$ UNT no período de cheia e de $15,34 \pm 12,68$ UNT na estiagem em P1. No P2, a turbidez foi $27,49 \pm 29,90$ UNT no período de cheia e $8,40 \pm 6,38$ UNT na seca. Em P3, em função do valor de 450 UNT observado em 10/2018, não é clara essa tendência (Figura 3.4.1.5(1)).

A SABESP realizou a medição de TURB em P3. Essa variável é muito sensível ao uso e ocupação do solo e, também, ao ciclo hidrológico (Davis e Cornwell, 2022); nesse sentido os valores de TURB foram $67,9 \pm 162,6$ UNT com um coeficiente de variação de 240%, indicando a elevada dispersão dessa variável na água do Rio Canoas.

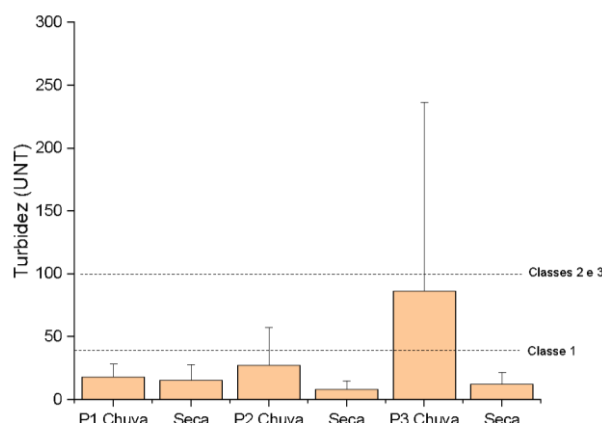


Figura 3.4.1.5(1). Variações da turbidez (TURB) média da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Os fatores que aumentam a TURB da água incluem: (i) escoamento causado por precipitação; (ii) ressuspensão de sedimentos de fundo devido à turbulência da água; (iii) ação dos animais que se alimentam movendo os sedimentos (i.e., bioturbação); (iv) organismos flutuantes suspensos na água, como o fitoplâncton; (v) presença de matéria orgânica; (vi) erosão da margem de rios ou causada por mudanças no uso da terra (construção, agricultura, silvicultura, e desenvolvimento urbano); (vii) descargas de águas residuais não tratadas; (viii) ressuspensão de sedimentos de fundo durante a atividade de dragagem ou navegação; (ix) crescimento de algas devido ao uso de fertilizantes e (x) escoamento urbano transportando partículas de superfícies impermeáveis para a água (EPA, 2021c). Considerando os fatores que aumentam a TURB da água no período de chuvas, o aumento do escoamento superficial causado pela precipitação, aliado ao incremento de processos erosivos pela ação hídrica, podem ser considerados a causa do aumento dessa variável.

A TURB na água potável é esteticamente inaceitável, assim a presença de partículas que aumentam a turbidez pode: (i) aumentar o custo do tratamento de água para diversos usos; (ii) ser substrato de fixação para microrganismos patogênicos; (iii) entupir ou danificar

as brânquias dos peixes; (iv) representar substrato para adsorção para metais e poluentes orgânicos perigosos, como bifenilas policloradas (PCB), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH) e pesticidas e (v) absorver mais calor do sol, aumentando a temperatura da água e diminuindo a disponibilidade de OD (Omer, 2019). A qualidade da água pode ser categorizada conforme a turbidez (Tabela 3.4.1.5(2)). Nesse sentido, o Ribeirão dos Bagres, que é um ambiente lótico urbano, apresenta em P1, águas caracterizadas como regular nas épocas de cheia e seca e em P2 como regular na época de cheia e excelente na época de seca. Ainda em relação ao P3, na época de seca, o valor médio de TURB foi 12,43 UNT (categorizada no limiar de qualidade excelente; Tabela 3.4.1.5(2)), caracterizando as águas do Rio Canoas (P3) como adequada para o abastecimento humano, uma vez que baixa turbidez diminui o tratamento da água potável.

Tabela 3.4.1.5(2). Categorização da água de acordo com a turbidez.

Categoria	Turbidez (UNT)
Excelente	≤ 10
Regular	15-30
Ruim	> 30

(Namoi Catchment Management Authority, 2013)

3.4.1.6. Série de Sólidos (Sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e sólidos em suspensão totais)

O termo “sólidos” refere-se à matéria que está suspensa (sólidos insolúveis) ou dissolvida (sólidos solúveis) na água (Weiner, 2013). Nas águas naturais, os sólidos têm duas origens primárias: (i) a bacia de drenagem e (ii) processo de crescimento e morte de organismos vegetais. As partículas dessas duas fontes são formalmente referidas como sólidos alóctones e autóctones, respectivamente (Chapra, 2008).

As concentrações de sólidos totais (ST) e sólidos dissolvidos totais são indicadas na Tabela 3.4.1.6(1). As concentrações de ST variaram de 89 mg L⁻¹ (06/2021) a 204 mg L⁻¹ (10/2018) para o Ribeirão dos Bagres (P1 e P2) e de < 50 mg L⁻¹ (06/2021) a 336 mg L⁻¹ (10/2018) no P3. Assim como para a turbidez, o valor máximo em P3 é atípico e decorre das

elevadas precipitações anteriormente a coleta das amostras de água durante o monitoramento.

A concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT) mínima foi 52 mg L^{-1} (06/2021) no P2 (Ribeirão dos Bagres) e $< 50 \text{ mg L}^{-1}$ em P3 nas seguintes campanhas: 02 e 04/2018 e 06 e 12/2019. O valor máximo de SDT foi 155 mg L^{-1} (P1), 137 mg L^{-1} (P2) e 88 mg L^{-1} (P3).

Os menores valores médios de ST foram observados na seca em P3 ($72,17 \pm 14,22 \text{ mg L}^{-1}$), sendo o ST nesse ponto, ligeiramente menor em relação aos P1 e P2, tanto na cheia ($119,63 \pm 94,33 \text{ mg L}^{-1}$) quanto na seca. Para o ST no período de seca, o P3 foi diferente do P2 na cheia ($p < 0,01$). Considerando apenas o período de seca, o P3 diferiu do P1 ($p < 0,05$) e P2 ($p < 0,01$). Em relação aos SDT (Figura 3.4.1.6(1)), o P3 apresentou os menores valores em relação ao P1 e P2 tanto na cheia ($71,40 \pm 10,11 \text{ mg L}^{-1}$) quanto na seca ($59,75 \pm 7,50 \text{ mg L}^{-1}$). O SDT apresentou a mesma tendência que o ST, sendo o P3 na seca diferente do P2 na cheia ($p < 0,01$) e P3 diferente de P1 ($p < 0,05$) e P2 ($p < 0,01$) no período de elevadas precipitações.

Em média, no Ribeirão dos Bagres, os valores de STD representaram cerca de 81% das concentrações de ST; por sua vez, no Rio Canoas, os STD corresponderam a 51% das concentrações de ST. As concentrações de ST e STD do Ribeirão dos Bagres foram 7 e 56% maiores que as do Rio Canoas, respectivamente.

Tabela 3.4.1.6(1). Variações dos sólidos totais (ST) e sólidos dissolvidos totais (SDT) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1		P2		Campanhas	P3	
	BAGR 04 020		BAGR 04 500			KNOA 05 500	
	ST	SDT	ST	SDT		ST	SDT
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
16/02/2017	116	103	144	137	2017	in	in
18/04/2017	113	95	159	119	2017	in	in
20/06/2017	151	120	144	115	2017	in	in
15/08/2017	176	155	158	146	2017	in	in
24/10/2017	85	77	112	98	2017	in	in
06/12/2017	63	53	103	85	2017	in	in
15/02/2018	70	62	90	78	20/02/2018	67	<50
17/04/2018	115	87	133	103	17/04/2018	69	<50
12/06/2018	138	91	139	111	14/06/2018	63	52
14/08/2018	112	106	130	121	15/08/2018	66	58
23/10/2018	204	125	145	68	25/10/2018	336	88
06/12/2018	123	112	158	85	10/12/2018	88	63
14/02/2019	125	106	152	85	13/02/2019	108	64
25/04/2019	130	115	149	137	24/04/2019	100	70
12/06/2019	124	109	114	104	13/06/2019	62	<50
15/08/2019	104	85	128	111	14/08/2019	73	59
24/10/2019	184	146	137	108	23/10/2019	93	73
10/12/2019	132	122	122	102	10/12/2019	52	<50
12/02/2020	88	86	196	113	13/02/2020	161	69
16/06/2021	94	56	89	52	17/06/2021	<50	<50
06/10/2021	152	137	122	114	07/10/2021	<50	52

in = inexistente

Na legislação brasileira não há referência para ST. As concentrações de sólidos dissolvidos totais (SDT) estão previstas na Resolução CONAMA nº 357 (Classes 1, 2 e 3: 500 mg L⁻¹; Brasil 2005). Nenhum ponto amostral, em nenhuma campanha limnológica,

ultrapassou o limite estabelecido para Classe 1, evidenciando, mesmo com a interferência do ciclo hidrológico sobre os SDT (i.e., período de cheia e de seca), baixos valores para essa variável na região de estudo. Uma classificação (Tabela 3.4.1.6(2)) mostra que as concentrações de SDT águas dos P1, P2 e P3 são categorizadas como muito baixas.

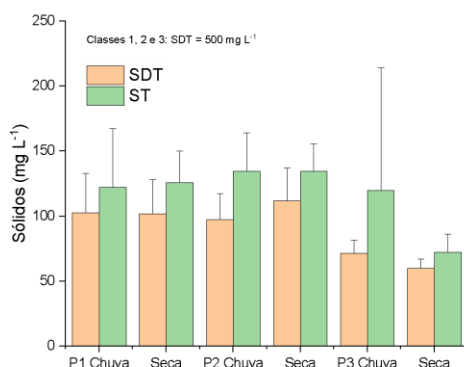


Figura 3.4.1.6(1). Variações das concentrações médias de sólido total dissolvido (STD) e sólidos totais (ST) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Tabela 3.4.1.6(2). Classificação das águas em função da concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT).

Classificação	SDT (mg L ⁻¹)
Muito Baixa	< 250
Baixa	250 - 500
Moderada	500 - 750
Alta	750 - 1000
Muito alto	> 1000

Akhtar et al. (2014)

O termo sólidos é amplamente utilizado para qualificar a maioria dos compostos que estão presentes em águas naturais e permanecem no estado sólido após a evaporação da água de uma amostra. Os sólidos totais são compostos pelos sólidos dissolvidos mais sólidos suspensos (e sedimentáveis) em água: ST (sólido total) = SDT (sólidos dissolvidos totais) + SST (sólidos em suspensão totais) (Chapra, 2008).

Na água corrente, os sólidos dissolvidos são as partículas de cálcio, cloretos, nitrato, fósforo, ferro, enxofre e outros íons que passarão por um filtro com poros de ca. 2 μm (0,002 cm). Os sólidos suspensos incluem partículas de lodo e argila, plâncton, detritos orgânicos e outras partículas que não passam por um filtro de 2 μm (EPA, 2012). A água pode ser classificada pela quantidade de SDT e a salinidade (Omer, 2019) da seguinte forma: (i) água doce: SDT < 1500 mg L⁻¹; (ii) água salobra: SDT entre 1500 e 5000 mg L⁻¹ e (iii) água salina: SDT > 5000 mg L⁻¹.

Do ponto de vista ecológico, as concentrações elevadas de sólidos em suspensão podem servir como transportadores de substâncias tóxicas (e.g., pesticidas), que se aderem facilmente às partículas suspensas. Concentrações altas de ST podem gerar custo mais elevado de tratamento para o uso da água. Devido às concentrações elevadas de sólidos, a água aquece mais rapidamente e retém mais calor; podendo afetar negativamente a vida aquática que se adaptou a um regime de temperatura mais baixa (EPA, 2012). Os sólidos totais também afetam a transparência da água, diminuindo a passagem da radiação subaquática, interferindo na fotossíntese (Bilotta e Brazier, 2008). As espécies de organismos aquáticos devem tolerar uma gama ampla de concentrações de sólidos dissolvidos para sobreviver em condições naturais (Burton Jr. e Pitt, 2001).

Em relação à potabilidade, o excesso de sólidos dissolvidos é censurável na água potável devido a possíveis efeitos fisiológicos (e.g., efeitos laxativos, principalmente do sulfato de sódio e sulfato de magnésio), gostos desagradáveis e custos mais elevados devido à corrosão ou à necessidade de tratamento adicional (Burton Jr. e Pitt, 2001).

3.4.1.7. Oxigênio Dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água é influenciada pela temperatura do ambiente, pressão atmosférica e atividade iônica (salinidade). As fontes de OD na água incluem aeração atmosférica (transferência do ar para a água) e atividades fotossintéticas (Namoi Catchment Management Authority, 2013). As saídas/consumo de DO na água incluem respiração, processos de decomposição aeróbica, nitrificação de amônia e outras reações químicas e biológicas. Variações na disponibilidade de OD podem ocorrer sazonalmente, ou mesmo, em períodos de 24 horas, devido às mudanças da temperatura e

da atividade biológica, i.e., fotossíntese e respiração (Chapman, 1996). A disponibilidade de OD é necessária para a sobrevivência e crescimento de muitos organismos heterotróficos, sendo utilizada como um indicador da qualidade geoquímica das águas superficiais e subterrâneas (USGS, 2020). Considerando as concentrações de OD durante o período de estudo (Tabela 3.4.1.7(1)), a oxigenação das águas foi dividida em três classes (1, 2 e 3) no P1 de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

Tabela 3.4.1.7(1). Variações das concentrações de oxigênio dissolvido (OD) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	OD	OD		OD
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹
16/02/2017	6,31	7,77	2017	in
18/04/2017	6,48	7,88	2017	in
20/06/2017	6,29	8,53	2017	in
15/08/2017	4,94	8,26	2017	in
24/10/2017	5,96	8,36	2017	in
06/12/2017	5,98	7,36	2017	in
15/02/2018	6,19	7,42	20/02/2018	7,56
17/04/2018	6,46	7,78	17/04/2018	8,15
12/06/2018	5,89	8,17	14/06/2018	8,78
14/08/2018	5,69	8,63	15/08/2018	9,34
23/10/2018	5,80	7,66	25/10/2018	7,67
06/12/2018	6,23	7,56	10/12/2018	8,16

14/02/2019	6,02	7,65	13/02/2019	7,58
25/04/2019	6,26	7,08	24/04/2019	6,69
12/06/2019	6,00	8,01	13/06/2019	4,72
15/08/2019	5,77	8,64	14/08/2019	8,47
24/10/2019	6,39	7,21	23/10/2019	7,94
10/12/2019	6,30	7,46	10/12/2019	7,68
12/02/2020	6,71	7,42	13/02/2020	7,76
16/06/2021	6,90	8,37	17/06/2021	9,47
06/10/2021	6,05	7,37	07/10/2021	7,29

in = inexistente

As concentrações de OD que estiverem acima de $6,0 \text{ mg L}^{-1}$ são classificadas como Classe 1. A Classe 2 preconiza uma concentração de OD $\geq 5,0 \text{ mg L}^{-1}$, assim o P1 enquadrrou nessa classe em: 10/2017 ($5,96 \text{ mg L}^{-1}$), 12/2017 ($5,98 \text{ mg L}^{-1}$), 06/2018 ($5,89 \text{ mg L}^{-1}$), 08/2018 ($5,69 \text{ mg L}^{-1}$), 10/2018 ($5,80 \text{ mg L}^{-1}$) e 08/2019 ($5,77 \text{ mg L}^{-1}$). As águas de P1 foram enquadradas como Classe 3 ($\geq 4,0 \text{ mg L}^{-1}$) em 08/2017 ($4,94 \text{ mg L}^{-1}$). Os P2 e P3, apresentaram águas com concentrações de OD superiores a $6,0 \text{ mg L}^{-1}$, sendo definidas como Classe 1.

Ao considerarmos o período hidrológico, as médias das concentrações de OD foram elevadas nos P2 (cheia: $7,57 \pm 0,31 \text{ mg L}^{-1}$ e seca: $8,14 \pm 0,48 \text{ mg L}^{-1}$) e P3 (cheia: $7,71 \pm 0,26 \text{ mg L}^{-1}$ e seca: $7,95 \pm 1,70 \text{ mg L}^{-1}$). O P1 apresentou as menores concentrações médias de OD, tanto na cheia quanto na seca (Figura 3.4.1.7(1)). As concentrações de OD foram significativamente diferentes no P1 (na cheia) em relação P3 ($p < 0,05$) no período de elevadas precipitações e aos P2 ($p < 0,001$) e P3 ($p < 0,01$) na seca. O P1 (na seca) foi diferente de P2 ($p < 0,05$) e P3 ($p < 0,05$) na época de cheia e de P2 ($p < 0,001$) e P3 na seca ($p < 0,01$).

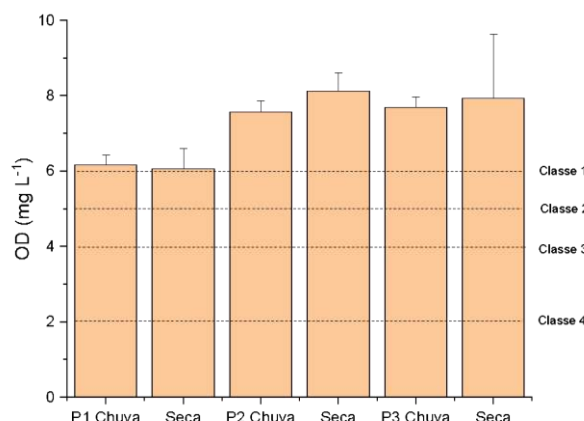


Figura 3.4.1.7(1). Variações das concentrações médias de oxigênio dissolvido (OD) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

O OD é um indicador importante da integridade biológica de um meio aquático, uma vez que esse gás é necessário para que um corpo d'água para manter a vida aquática heterotrófica. Condições de hipoxia (indicada pela baixa concentração de OD) ou anoxia (praticamente sem OD) não suportam populações de peixes ou macroinvertebrados (EPA, 2021d). As águas subterrâneas anóxicas são definidas como aquelas com concentração de oxigênio dissolvido $< 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ (USGS, 2017). A medição das concentrações de OD pode ser usada para indicar o grau de poluição de um ambiente aquático por matéria orgânica. O balanço de OD é devido à oxidação de substâncias (orgânicas e inorgânicas) e se relacionada com o grau de autodepuração da água (Chapman, 1996).

Os ambientes lóticos recebem continuamente compostos orgânicos biodegradáveis; essas substâncias quando atingem os corpos d'água sofrem a ação de diversos mecanismos físicos e bioquímicos intrínsecos ao metabolismo dos rios. Assim, os ambientes lóticos, devido a suas características hidrodinâmicas, têm a capacidade de autodepurar os poluentes lançados indevidamente em suas águas. Autodepuração é o processo natural envolvendo fenômenos físicos, químicos e biológicos que promovem a restauração de um corpo d'água às condições existentes antes da ocorrência de alguma atividade antrópica que promova a

alteração de sua qualidade (ANA, 2014). Cargas orgânicas oriundas de efluentes urbanos associados à baixa vazão de água, por estar próxima à nascente e a canalização do Ribeirão dos Bagres, podem atuar como funções de força que diminuem a capacidade de autodepuração das águas do P1.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) se relaciona diretamente com as concentrações de OD, pois é uma medida do potencial de OD de um corpo de água que irá se esgotar devido à biodegradação da matéria orgânica por microrganismos. As considerações sobre a DBO são especialmente importantes quando as atividades no entorno do ambiente aquático aumentam o carbono orgânico disponível dentro do sistema hídrico. Outra fonte, indireta, de DBO para um corpo d'água é o escoamento de nutrientes do solo circundante e dos sistemas de drenagem. O enriquecimento de nutrientes muitas vezes resulta no aumento da produtores primários (organismos vegetais aquáticos). Ao morrerem, ocorre o aumento da DBO à medida que os microrganismos as degradam (Wilson, 2010).

3.4.1.8. Carbono Orgânico Total e Carbono Orgânico Dissolvido

A maioria das águas contém matéria orgânica que é quantificada como carbono orgânico total (COT). As fontes de carbono orgânico incluem organismos vivos (i.e., fitoplâncton), matéria orgânica de origem alóctone (externa), como a do solo e de efluentes (esgotos). A matéria orgânica em sistemas aquáticos é uma mistura complexa de carboidratos, aminoácidos, hidrocarbonetos, ácidos graxos e fenólicos, macromoléculas naturais e coloides, e.g. compostos húmicos (British Columbia, 1998). O COT na água pode ser indicação do grau de poluição, particularmente quando as concentrações podem ser comparadas a montante e a jusante de fontes potenciais de poluição. No Brasil, não há legislação que aponte as concentrações máximas dessa variável na água. Entretanto, em águas superficiais, as concentrações de COT são geralmente $< 10 \text{ mg L}^{-1}$, ao menos que o ambiente aquático apresente material orgânico natural, e.g., pântanos (British Columbia, 1998).

As concentrações de carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico dissolvido (COD) estão elencadas na Tabela 13. O COD foi medido no P1 e P2 apenas em 2017 e

2018. As maiores concentrações de COT foram encontradas no P1 (51,0 mg L⁻¹ em 04/2019). No P2, as concentrações de COT não excederam a 10,0 mg L⁻¹. No P3, a maior concentração de COT foi observada em 10/2018 (8,53 mg L⁻¹). As concentrações de COD foram inferiores a 5,8 mg L⁻¹ no P1, 3,3 mg L⁻¹ no P2 e 6,1 mg L⁻¹ no P2 (Tabela 3.4.1.8(1)).

O P1 sempre apresentou maiores concentrações de COT tanto na cheia (8,67 ± 8,49 mg L⁻¹) quanto na seca (13,00 ± 15,25 mg L⁻¹) em relação aos P2 e P3 (Figura 3.4.1.8(1)). As concentrações de COD variaram de 2,38 ± 0,32 mg L⁻¹ (P2 na seca) a 3,96 ± 3,41 mg L⁻¹ (P1 na seca). Em relação ao COT, não houve diferenças significativas entre os pontos de monitoramento e a sazonalidade (seca × cheia). As concentrações médias de COT no Ribeirão dos Bagres e no Rio Canoas foram, 7,72 (± 8,52) e 3,78 (± 2,09) mg L⁻¹, respectivamente. Em média, no Ribeirão dos Bagres o COD correspondeu a 37% do COT e no Rio Canoas a 79%.

O COT é dividido em duas frações: (i) o carbono orgânico dissolvido (COD) e (ii) o carbono orgânico particulado (COP). O COD é composto principalmente por duas categorias de substâncias: (i) substâncias não húmicas, uma classe de compostos que inclui carboidratos, proteínas, peptídeos, gorduras, pigmentos e outros compostos de baixa massa molecular e (ii) substâncias húmicas que constituem a maior parte da matéria orgânica nas águas, sendo formados por ácidos coloridos e complexos (Wetzel, 2001). As substâncias não húmicas são facilmente utilizadas e degradadas por microrganismos (ou seja, substâncias são lábeis) quando comparadas com as substâncias húmicas (Rosenstock et al., 2005). O COD é uma medida útil para mensurar o impacto humano na qualidade da água. De acordo com Chapman (1996), o COD em águas não poluídas é < 20 mg L⁻¹ e inclui, por exemplo, águas naturais ricas em ácidos húmicos. As concentrações para águas naturais sem impacto da urbanização é > 10 mg L⁻¹ (UNEP/WHO, 1996). Para a água bruta, as concentrações de carbono orgânico não devem ultrapassar 4 mg L⁻¹ e 2 mg L⁻¹ para água tratada (British Columbia, 1998). Não existe na legislação brasileira, concentrações máximas permitidas de carbono na água, entretanto, a legislação polonesa, indica 5 critérios de qualidade para essa variável (Tabela 3.4.1.8(2)). Ao considerarmos as concentrações de COT, as águas podem ser categorizadas como qualidade de boa a satisfatória.

Tabela 3.4.1.8(1). Variações das concentrações de carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico dissolvido (COD) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1		P2		Campanhas	P3	
	BAGR 04 020		BAGR 04 500			KNOA 05 500	
	COT	COD	COT	COD		COT	COD
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
16/02/2017	2,4	<2	4,20	2,3	2017	in	in
18/04/2017	2,3	<2	2,90	<2	2017	in	in
20/06/2017	6,7	3,1	3,10	<2	2017	in	in
15/08/2017	26,2	10	3,50	<2	2017	in	in
24/10/2017	3,73	3,49	3,74	3,11	2017	in	in
06/12/2017	1,61	1,36	3,03	2,83	2017	in	in
15/02/2018	3,54	2,77	3,37	2,64	20/02/2018	1,78	1,43
17/04/2018	4,18	1,99	2,39	2,14	17/04/2018	1,36	1,32
12/06/2018	2,15	2,06	2,40	2,25	14/06/2018	1,4	1,25
14/08/2018	2,74	2,63	2,92	2,74	15/08/2018	1,27	1,25
23/10/2018	7,08	5,71	4,47	3,07	25/10/2018	8,53	4,95
06/12/2018	4,90	2,10	2,80	2,30	10/12/2018	<2	<2
14/02/2019	9	nd	7,2	nd	13/02/2019	5	2,4
25/04/2019	51	nd	8,5	nd	24/04/2019	3,9	3,3
12/06/2019	8,6	nd	2,0	nd	13/06/2019	<2	<2
15/08/2019	13	nd	10,0	nd	14/08/2019	6,1	5,8
24/10/2019	28	nd	6,4	nd	23/10/2019	4,9	4,7
10/12/2019	13	nd	7,3	nd	10/12/2019	4,2	3,7
12/02/2020	2,1	nd	7,4	nd	13/02/2020	5,4	<2
16/06/2021	13,1	nd	9,4	nd	17/06/2021	6,7	6,1
06/10/2021	20,0	nd	3,8	nd	07/10/2021	4,4	4

in = inexistente; nd = não determinado

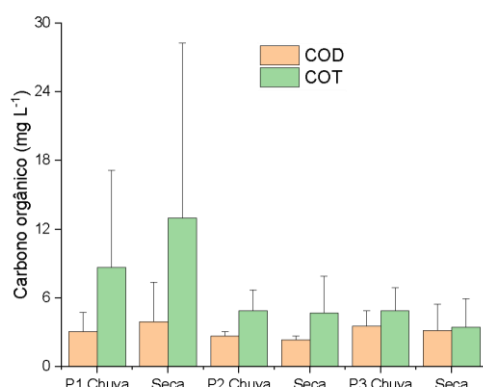


Figura 3.4.1.8(1). Variações das concentrações médias de carbono orgânico dissolvido (COD) e de carbono orgânico total (COT) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

O COD também pode se relacionar com a cor. A cor está relacionada com a quantidade de substâncias dissolvidas (cor verdadeira) e particuladas (cor aparente) presentes na água (British Columbia, 1998). Nesse sentido, quando se utiliza as concentrações de COD em um diagnóstico, relaciona-se essa variável com as substâncias húmicas e consequentemente com a cor verdadeira da água.

Tabela 3.4.1.8(2). Categorização da qualidade da água (superficial e subterrânea) em função das concentrações de carbono total.

Classe (descrição)	Concentração de carbono (mg L ⁻¹)
Classe I: águas de muito boa qualidade	5
Classe II: água de boa qualidade	10
Classe III: água de qualidade satisfatória	15
Classe IV: água de qualidade insatisfatória	20
Classe V: água de má qualidade	> 20

(Polônia/Ministério do Ambiente, 2004)

3.4.1.9. Demanda Bioquímica de Oxigênio

A matéria orgânica (na forma de carbono orgânico dissolvido - COD) no ambiente aquático pode ser relacionada com a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO). A análise de DBO ou DQO é amplamente utilizada para avaliar poluentes orgânicos em ambientes aquáticos, bem como a eficiência das estações de tratamento de águas residuais. O COD está, geralmente, incluído nas análises de DBO (caso tenha uma fração biodegradável) e a DQO. No caso de a amostra conter substâncias tóxicas, no entanto, essa relação pode não ser verdadeira (Chapman, 1996). A DBO é a medida da quantidade de oxigênio biologicamente necessária para decompor a matéria orgânica em condições aeróbicas, enquanto a DQO é a medida do oxigênio total necessário para oxidar compostos inorgânicos reduzidos e a matéria orgânica, biologicamente disponível e inerte, em dióxido de carbono e água (Omer, 2019).

O monitoramento dessas duas variáveis é uma avaliação rotineira da qualidade da água, uma vez que devido à urbanização e industrialização, ocorre, geralmente, o incremento da poluição orgânica derivada, principalmente, de resíduos humanos, industriais e de animais. A presença de um alto teor de matéria orgânica em um corpo de água pode induzir ao completo esgotamento do OD na água, provocando o desaparecimento da biota heterotrófica (CETESB, 2021b).

Na Tabela 3.4.1.9(1) são apresentadas as concentrações da DBO no período de 2017 a 2021 para os P1, P2 e P3. Independente da época de coleta, as menores concentrações de DBO foram encontradas em P3 ($< 2 \text{ mg L}^{-1}$). No P1, a DBO variou de $< 2 \text{ mg L}^{-1}$ (02, 04 e 12/2017) a 36 mg L^{-1} (08/2017). No P2, o valor máximo de DBO foi 13 mg L^{-1} (02/2020). Nessas campanhas, os seguintes pontos amostrais tiveram as concentrações de DBO fora do preconizado pela legislação CONAMA 357 nº 05 (Brasil, 2005) para Classe 1 ($\leq 3 \text{ mg L}^{-1}$): P1 em 85,7% das amostragens e 33,3% P2 em das amostragens. Ao considerarmos a Classe 2 ($\leq 5 \text{ mg L}^{-1}$), o P1 apresentou 9,5% das amostragens e o P2, 23,8%.

Tabela 3.4.1.9(1). Variações das concentrações de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	DBO	DBO		DBO
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹
16/02/2017	<2	2	2017	in
18/04/2017	<2	3	2017	in
20/06/2017	10	<2	2017	in
15/08/2017	36	<2	2017	in
24/10/2017	12	4	2017	in
06/12/2017	<2	4	2017	in
15/02/2018	8	4	20/02/2018	<2
17/04/2018	4	3	17/04/2018	<2
12/06/2018	8	2	14/06/2018	<2
14/08/2018	7	2	15/08/2018	<2
23/10/2018	7	3	25/10/2018	<2
06/12/2018	8	3	10/12/2018	<2
14/02/2019	14	2	13/02/2019	<2
25/04/2019	19	4	24/04/2019	<2
12/06/2019	13	<2	13/06/2019	<2
15/08/2019	11	6	14/08/2019	<2
24/10/2019	18	4	23/10/2019	<2
10/12/2019	17	3	10/12/2019	<2
12/02/2020	8	13	13/02/2020	<2
16/06/2021	4	<2	17/06/2021	<2
06/10/2021	23	<2	07/10/2021	<2

in = inexistente

Em relação às épocas de seca e cheia, o P1 apresentou os maiores valores de DBO: $12,78 \pm 5,63$ mg L⁻¹ na cheia e $12,44 \pm 9,99$ mg L⁻¹ na seca (Figura 3.4.1.9(1)). As concentrações de DBO foram significativamente diferentes do P2 na seca em relação ao P1 e P2 na cheia ($p < 0,01$).

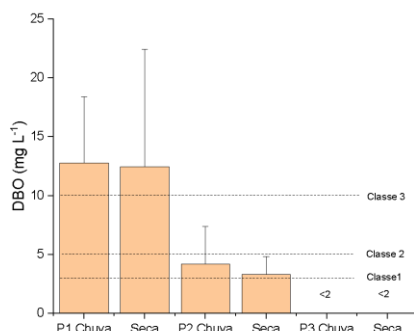


Figura 3.4.1.9(1). Variações das concentrações médias da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

As principais origens de matéria orgânica em um corpo de água são: (i) fontes pontuais de esgoto e (ii) fontes difusas, como escoamento superficial de áreas agrícolas. Destaca-se que as medidas de DBO não consideram a reoxigenação da água por difusão natural da atmosfera ou aeração mecânica, nem excluem o consumo de OD quando vários compostos inorgânicos dissolvidos na água: sulfetos, ferro ferroso e amônia (Weiner, 2013). Dessa forma, mesmo com uma concentração elevada de matéria orgânica na água, o ambiente lótico tem a capacidade de autodepurar, melhorando assim sua qualidade. Enquanto uma análise da concentração de OD informa o quanto de oxigênio está disponível no meio aquático, uma análise de DBO indica quanto oxigênio pode potencialmente ser consumido pela biodegradação da matéria orgânica na amostra.

Em base de comparação, as águas prístinas apresentam DBO de 1 mg L⁻¹, as águas naturais não poluídas apresentam DBO de até 5 mg L⁻¹, o esgoto bruto pode ter níveis de DBO variando de 150 a 300 mg L⁻¹ (Weiner, 2013). Outros valores encontrados na literatura, indicam que as águas não poluídas normalmente têm valores de DBO de ca. ≤ 2 mg L⁻¹, as águas residuais podem apresentar valores de até 10 2 mg L⁻¹. O esgoto bruto apresenta DBO de ca. 600 mg L⁻¹, enquanto os efluentes tratados podem variar de 20 a 100 mg L⁻¹, dependendo do tratamento aplicado. Resíduos industriais podem apresentar valores de até

25.000 mg L⁻¹ (Chapman, 1996). As águas podem ter qualidade classificada conforme as concentrações de DBO (Tabela 3.4.1.9(2)). De acordo com a classificação de Saini (2019), o P3 apresenta qualidade da água muito boa em função da DBO, estando essa variável em consonância com o uso múltiplo da água nesse ponto de captação da SABESP.

Tabela 3.4.1.9(2). Classificação da água em função da demanda bioquímica de oxigênio – DBO.

DBO (mg L ⁻¹)	Classificação
1 - 2	Muito boa: não haverá muitos resíduos orgânicos presentes no abastecimento de água.
3 - 5	Regular: Moderadamente Limpo.
6 - 9	Ruim: contém cargas de poluição orgânica, geralmente, indica a presença de matéria orgânica em decomposição e bactérias.
> 10	Muito ruim: Contém elevada carga de resíduos orgânicos.

(segundo Saini, 2019)

3.4.1.10. Dureza

Quimicamente, a DUR é frequentemente definida como a soma das concentrações de cátions polivalentes dissolvidos na água. Os cátions polivalentes mais comuns em água doce são o cálcio (Ca²⁺) e o magnésio (Mg²⁺) (Wilson, 2019). O teor total desses sais é conhecido como dureza total, sendo dividida em duas categorias: (i) dureza carbonatada: determinada pelas concentrações de hidrocarbonetos de cálcio e magnésio, como os bicarbonatos de cálcio: Ca(HCO₃)₂ e de magnésio: Mg(HCO₃)₂, carbonatos de cálcio: CaCO₃ e magnésio: MgCO₃ e (ii) dureza não carbonatada: determinada por sais de cálcio e magnésio, como o cloreto de cálcio (CaCl₂), sulfato de magnésio (MgSO₄) e cloreto de magnésio (MgCl₂). A DUR total é igual à soma das durezas carbonatadas e não carbonatadas. A Tabela 3.4.1.10(1) mostra a variação da DUR no período de 2017 a 2021 nos três pontos de monitoramento (P1, P2 e P3).

Tabela 3.4.1.10(1). Variações da dureza (DUR) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	Dureza mg L ⁻¹	Dureza mg L ⁻¹		Dureza mg L ⁻¹
16/02/2017	27,6	43,3	2017	in
18/04/2017	27,9	44,8	2017	in
20/06/2017	34,1	45,4	2017	in
15/08/2017	34,0	42,0	2017	in
24/10/2017	32,4	46,7	2017	in
06/12/2017	33,7	52,3	2017	in
15/02/2018	32,8	48,0	20/02/2018	22,4
17/04/2018	27,5	40,3	17/04/2018	nd
12/06/2018	31,7	40,2	14/06/2018	18,6
14/08/2018	26,9	39,8	15/08/2018	21,3
23/10/2018	48,0	34,4	25/10/2018	nd
06/12/2018	35,0	51,0	10/12/2018	24,0
14/02/2019	33	38,9	13/02/2019	17,8
25/04/2019	30,1	41,9	24/04/2019	nd
12/06/2019	26,6	35,4	13/06/2019	19,0
15/08/2019	29,9	41,3	14/08/2019	19,7
24/10/2019	32	49,6	23/10/2019	nd
10/12/2019	31,9	46,1	10/12/2019	23,3
12/02/2020	36,1	40	13/02/2020	22
16/06/2021	27	37	17/06/2021	21
06/10/2021	38	52	07/10/2021	22

in = inexistente

Nos P1 e P2 (Ribeirão dos Bagres), a variação foi de 26,6 mg L⁻¹ (P1 em 06/2019) a 52,3 mg L⁻¹ (P2 em 12/2017). No P3 (Rio Canoas) a variação foi 17,8 mg L⁻¹ (02/2019) a 24,0 mg L⁻¹ (12/2018). Em relação ao gradiente longitudinal do Ribeirão dos Bagres, observou-se um aumento de P1-P2 para a DUR. Considerando o período hidrológico, as

menos médias de DUR foram observadas no período de seca ($19,92 \pm 1,19 \text{ mg L}^{-1}$) e de cheia ($21,92 \pm 2,17 \text{ mg L}^{-1}$) no P3. A DUR sempre foi menor no período de seca independente no ponto de monitoramento (Figura 3.4.1.10(1)). A DUR do P2 na cheia foi diferente do P3 na cheia ($p < 0,001$) e de P1 ($p < 0,01$) e P3 ($p < 0,001$) na seca. O P2 na seca apresentou concentrações de DUR diferente de P3 ($p < 0,01$) e P2 ($p < 0,05$) na cheia e P3 ($p < 0,001$) na seca. Não existe valor de referência na legislação brasileira para a DUR.

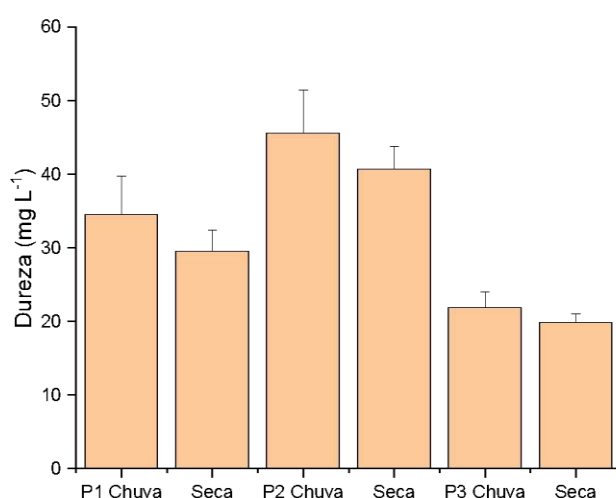


Figura 3.4.1.10(1). Variações das concentrações médias de dureza (DUR) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

A dureza é mais comumente associada à capacidade de água de precipitar sabão. À medida que a dureza aumenta, mais sabão é necessário para atingir o mesmo nível de limpeza devido às interações dos íons de dureza (Ca^{2+} e Mg^{2+}) com o sabão (Wilson, 2019; CETESB, 2021b). Água com mais de 300 mg L^{-1} de dureza é geralmente considerada dura, sendo que concentrações maiores a 150 mg L^{-1} são geralmente identificadas pela maioria das pessoas. A água com dureza $< 75 \text{ mg L}^{-1}$ é classificada com branda (Omer, 2019). A dureza da água pode ser dividida em: (i) branda; (ii) moderadamente dura; (iii) dura e (iv)

muito dura (Weiner, 2013; Tabela 3.4.1.10(2)). No caso da área de estudo, a DUR de todos os pontos de monitoramento da CETESB apresenta água branda.

Tabela 3.4.1.10(2). Classificação das águas em função de sua dureza.

Classificação	Dureza (mg L ⁻¹)
Água branda	< 75
Água moderadamente dura	75 e 120
Água dura	120 e 200
Água muito dura	> 200

(Weiner, 2013)

3.4.1.11. Nutrientes (Fósforo e Nitrogênio)

Os nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, desempenham papel essencial para o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e na manutenção da biodiversidade. Promovem o crescimento de plantas aquáticas (fitoplâncton e macrófitas aquáticas), as quais são a base da cadeia alimentar aquática que fornecem habitat para peixes e organismos menores. Os nutrientes em excesso, causam eutrofização (i.e., aumento de N e P), e se relacionam com as seguintes variáveis limnológicas: (i) pH: a variação diária do pH pode ser amplificada caso o ambiente esteja eutrofizado, nesse cenário, ocorre o aumento da biomassa dos produtores primários (plantas, algas e cianobactérias); (ii) carbono orgânico: com consequência da eutrofização, ocorre o aumento de biomassa vegetal que se relaciona com o incremento do carbono (e.g., material exudados e detritos); (iii) sólidos em suspensão totais: o incremento da biomassa fitoplanctônica se reflete no aumento da quantidade de partículas na água; (iv) turbidez: o aumento de partículas orgânicas vivas, causa o aumento da turbidez biogênica na água; (v) clorofila-a: ocorre como um indicador de biomassa de algas e (vi) OD: A quantidade de oxigênio disponível para os organismos heterotróficos diminui em função dos processos aeróbios de decomposição da biomassa vegetal, que entra em senescência e morre (EPA, 2021e).

3.4.1.11.1. Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento das plantas. Como existem poucas fontes naturais de fósforo e seu ciclo não é gasoso, esse elemento é, frequentemente, um nutriente limitante em sistemas aquáticos. Isso significa que a relativa

escassez de fósforo pode limitar o crescimento de algas e plantas aquáticas (CETESB, 2021b).

Em relação ao fósforo total (P-total), as maiores concentrações foram observadas em P1 (variação de 0,013 a 0,49 mg L⁻¹) em relação ao P2 (variação de 0,012 a 0,150 mg L⁻¹) e P3 (variação de < 0,007 a 0,170 mg L⁻¹) (Tabela 19). Independentemente do período de seca ou cheia, o P1 sempre apresentou os maiores valores de P-total, em relação aos demais pontos. No gradiente longitudinal do Ribeirão dos Bagres, ocorre uma diminuição do P-total no sentido P1-P2 (de 0,18 a 0,08 mg L⁻¹ na cheia e de 0,12 a 0,05 mg L⁻¹ na seca). Na época de seca, sempre ocorreram as menores médias de P-total em relação ao período de elevadas precipitações atmosféricas (Figura 13). As concentrações de P-total nas águas de P1 na cheia foram diferentes de P2 ($p < 0,05$) e P3 ($p < 0,01$) na seca.

Considerando o Fósforo-ortofosfato (P-orto), as concentrações foram baixas, independente do ponto amostral e época do ano, variando de < 0,02 a 0,09 mg L⁻¹ (Tabela 3.4.1.11.1(1)). Os valores de P-total foram maiores na chuva em relação à seca, no P1 (0,07 mg L⁻¹) e P2 (0,04 mg L⁻¹); apresentando um padrão de decréscimo no Ribeirão dos Bagres. Em relação aos demais pontos de amostragem e períodos hidrológicos, as concentrações de P-orto foram muito baixas (Figura 3.4.1.11.1(2)). Para o P-orto não houve diferenças significativas entre os pontos amostrais e os períodos de seca e de cheia.

As concentrações de P-total para Classe 1 é de no máximo 0,1 mg L P⁻¹, ao analisarmos os resultados do monitoramento limnológico para o período de estudo, considerando a sazonalidade, as concentrações médias de P-total (Figura 3.4.1.11.1(1)) se enquadram nas Classes 2 e 3 da Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005), com exceção do P3 na seca.

As formas em que o fósforo é encontrado nas águas naturais podem ser divididas nos seguintes tipos: (i) fósforo solúvel reativo: representados pelo ortofosfato (Tabela 3.4.1.11.1(2)) ou fósforo inorgânico solúvel; (ii) fósforo orgânico particulado: quando esse elemento está presente na biomassa viva ou na matéria detrital orgânica; (iii) fósforo inorgânico particulado: consiste em fosfatos minerais e fosfatos adsorvidos e absorvidos e fosfato complexado com a matéria orgânica e (iv) fósforo não particulado inorgânico: fosfatos

condensados como encontrados em detergentes (Chapra, 2008). O fósforo solúvel reativo e o fósforo total (P-total) que inclui todas as formas dissolvidas e particuladas são as mais comuns encontradas nos sistemas aquáticos (Tabela 3.4.1.11.1(2)).

Os fosfatos entram na água de várias fontes: matéria fecal, detergentes, efluentes industriais, atividades agrícolas (escoamento de fertilizantes), áreas urbanas. As fontes podem contribuir com quantidades variadas de compostos de fósforo para os cursos de água. A drenagem de fósforo ocorre pelo escoamento superficial da chuva ou efluentes (industriais e agrícolas). Confinamentos de gado, pássaros, folhas de árvores e precipitação da atmosfera, também, contribuem com o aporte de fósforo no ambiente (Burton Jr. e Pitt, 2001). Os P1 e P2 percorrem a malha urbana de Franca, estando sujeito a ações antrópicas como a entrada de efluentes urbanos.

Tabela 3.4.1.11.1(1). Variações das concentrações de fósforo total (P-total) e fósforo-ortofosfato (P-orto) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1		P2		Campanhas	P3	
	BAGR 04 020		BAGR 04 500			KNOA 05 500	
	P-total	P-orto	P-total	P-orto		P-total	P-orto
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
16/02/2017	0,061	<0,05	0,037	<0,05	2017	in	in
18/04/2017	0,063	<0,05	0,067	<0,05	2017	in	in
20/06/2017	0,148	<0,05	0,051	<0,05	2017	in	in
15/08/2017	0,190	<0,05	0,075	<0,05	2017	in	in
24/10/2017	0,169	<0,1	0,063	<0,1	2017	in	in
06/12/2017	0,097	<0,1	0,038	<0,1	2017	in	in
15/02/2018	0,072	<0,1	0,056	<0,1	20/02/2018	0,03	<0,1
17/04/2018	0,036	<0,1	0,035	<0,1	17/04/2018	0,029	<0,1
12/06/2018	0,200	<0,05	0,039	<0,05	14/06/2018	0,041	<0,05
14/08/2018	0,110	<0,05	0,090	<0,05	15/08/2018	0,050	<0,05
23/10/2018	0,300	<0,05	0,080	<0,05	25/10/2018	0,020	<0,05
06/12/2018	0,100	<0,05	0,060	<0,05	10/12/2018	0,030	<0,05

14/02/2019	0,110	0,05	0,064	<0,05	13/02/2019	0,059	<0,05
25/04/2019	0,160	<0,05	0,03	<0,05	24/04/2019	0,040	<0,05
12/06/2019	0,013	<0,05	0,012	<0,05	13/06/2019	<0,007	<0,05
15/08/2019	0,160	<0,02	0,053	<0,02	14/08/2019	0,038	<0,02
24/10/2019	0,490	0,06	0,150	0,04	23/10/2019	0,040	<0,02
10/12/2019	0,110	<0,1	0,063	<0,1	10/12/2019	0,030	<0,1
12/02/2020	0,040	<0,02	0,15	<0,02	13/02/2020	0,170	<0,02
16/06/2021	0,100	<0,02	0,06	<0,02	17/06/2021	0,060	<0,02
06/10/2021	0,400	0,09	0,07	<0,02	07/10/2021	0,100	<0,02

in = inexistente

O pH pode afetar a forma de P dissolvido na água (Figura 3.4.1.11.1(3)), impactando a biodisponibilidade deste elemento para os vegetais aquáticos, como o fitoplâncton e as macrófitas aquáticas (USGS, 2019). Considerando a média do pH da água na época de seca e de cheia (Figura 3.4.1.3(1)), as proporções (em %) de dihidrogenofosfato:hidrogenofosfato ($\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{HPO}_4^{2-}$), no Ribeirão dos Bagres e no Rio Canoas são respectivamente, no P1: 45,2:54,8; P2: 11,6:88,3 e P3: 27,4:72,5.

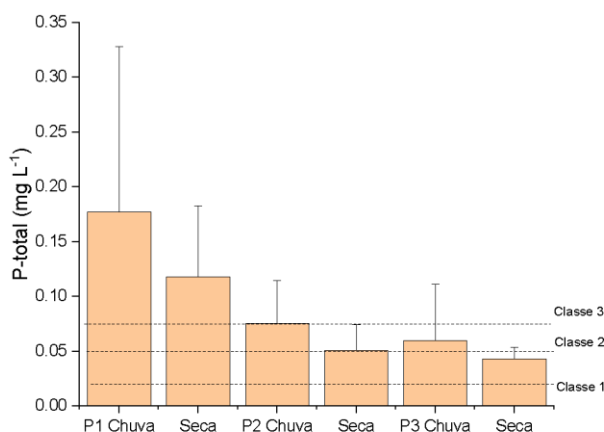


Figura 3.4.1.11.1(1). Variações das concentrações médias de fósforo total (P-total) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

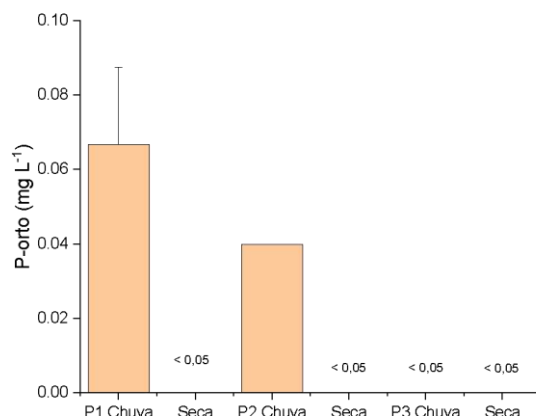


Figura 3.4.1.11.1(2). Variações das concentrações médias de fósforo ortofosfato (P-orto) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Tabela 3.4.1.11.1(2). Descrição das principais formas de fósforo usualmente encontradas nos ambientes aquáticos.

Forma/abreviação	Descrição
Fósforo total/P-total	Representa todas as formas de fósforo no ambiente aquático. É uma variável-chave para identificar as concentrações de nutrientes em um corpo d'água e as possíveis consequências de seu excesso ou carência para os produtores primários.
Ortofosfato/P-orto	Forma inorgânica de fósforo que é mais facilmente absorvida pelos produtores primários aquáticos. É utilizada amplamente para monitorar as concentrações de fertilizantes em escoamentos agrícolas, esgotos e efluentes industriais.

(adaptado de EPA, 2021e)

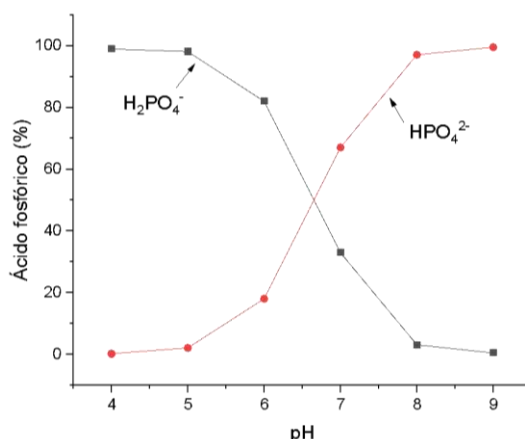


Figura 3.4.1.11.1(3). Percentagem das principais espécies iônicas de fosfato em soluções com diferentes valores de pH

(Stumm e Morgan, 1970).

Concentrações de P-total superiores a 0,03 mg L⁻¹ podem causar proliferação de vegetais em ambientes lênticos, como os lagos e reservatórios (Gorde e Jadhav, 2013). Apesar da ocorrência de concentrações mais elevadas que 0,03 mg L⁻¹ nos pontos de monitoramento da CETESB, ressalta-se que, os P1, P2 e P3 são ambientes lóticos, com baixos tempos de residência, nesse sentido a probabilidade de proliferações excessivas de fitoplâncton ou macrófitas não são usuais, podendo ocorrer em locais específicos com águas paradas em períodos de estiagem. Esforços de manejo das cargas de fósforo em ambientes aquáticos, geralmente se concentram na redução da entrada desse elemento em corpos hídricos receptores, sendo importante controlar a produção de vegetais aquáticos decorrentes da eutrofização.

3.4.1.11.2. Nitrogênio

Cerca de 78% da atmosfera é formada por N₂ (Dipper, 2022); esse gás se difunde na água, onde é fixado biologicamente por algumas espécies de vegetais aquáticos que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas (CETESB, 2021b). O nitrogênio orgânico, também, pode ser aduzido nos corpos hídricos por meio dos esgotos sanitários. Uma vez que esse elemento pode entrar nos sistemas aquáticos de muitas fontes, há, geralmente, um suprimento abundante desse elemento nos ambientes aquáticos (Gorde e Jadhav, 2013). Existem quatro formas de nitrogênio na água: (i) nitrogênio orgânico; (ii) nitrogênio amoniacal

(amônia: NH_3 e íon amônio: NH_4^+); (iii) nitrito: NO_2^- e (iv) nitrato: NO_3^- . A mistura dessas formas refere-se ao nitrogênio total.

As Tabelas 3.4.1.11.2(1) e 3.4.1.11.2(1) mostram as quatro formas de nitrogênio quantificadas no monitoramento da qualidade da água. As concentrações de nitrogênio Kjeldahl (N-KJD) variaram de $< 0,3$ a $2,93 \text{ mg L}^{-1}$ no P1; de $1,02$ a $2,91 \text{ mg L}^{-1}$ no P2 e de $< 0,3$ a $0,950 \text{ mg L}^{-1}$ no P3. Os menores valores de N-KJD foram identificados no P3 e os maiores no P2 (Tabela 3.4.1.11.2(1)), o P2 apresentou concentrações de $1,4$ a $3,6$ maiores que os P1 e P3, respectivamente. As maiores concentrações foram observadas nos períodos de cheias (P1: $1,40 \text{ mg L}^{-1}$; P2: $1,98 \text{ mg L}^{-1}$ e P3: $0,55 \text{ mg L}^{-1}$). Considerando o gradiente P1-P2, ocorre um incremento das concentrações de N-KJD no Ribeirão dos Bagres, sendo esse aumento de 40% na cheia e 30% na seca. O P1 no período de cheia diferiu de P2, também na cheia ($p < 0,001$) e de P2 ($p < 0,001$) e P3 na seca ($p < 0,05$). O P1 na seca foi diferente de P2 na cheia ($p < 0,001$) e de P2 na seca ($p < 0,001$). Não há valor de referência de qualidade para o N-KJD na Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

Tabela 3.4.1.11.2(1). Variações das concentrações de nitrogênio Kjeldahl (N-KJD) e nitrogênio amoniacal (N-NH₄) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1		P2		Campanhas	P3	
	BAGR 04 020		BAGR 04 500			KNOA 05 500	
	N-KJD	N-NH ₄	N-KJD	N-NH ₄		N-KJD	N-NH ₄
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
16/02/2017	0,765	0,66	1,33	1,24	2017	in	in
18/04/2017	0,777	0,60	1,27	0,80	2017	in	in
20/06/2017	1,63	1,20	1,30	0,80	2017	in	in
15/08/2017	2,18	1,30	1,28	1,06	2017	in	in
24/10/2017	1,93	1,30	2,08	0,44	2017	in	in
06/12/2017	1,32	0,60	1,84	0,90	2017	in	in
15/02/2018	0,922	0,36	2,21	1,28	20/02/2018	<0,3	<0,05

17/04/2018	0,641	0,28	1,49	0,68	17/04/2018	0,305	<0,05
12/06/2018	0,965	0,51	1,31	1,11	14/06/2018	0,301	<0,05
14/08/2018	1,61	1,31	1,65	1,01	15/08/2018	0,420	<0,05
23/10/2018	1,26	0,82	1,13	0,61	25/10/2018	0,950	0,13
06/12/2018	0,683	0,67	2,15	1,96	10/12/2018	<0,3	<0,05
14/02/2019	0,979	0,52	2,76	1,01	13/02/2019	0,53	<0,05
25/04/2019	0,318	0,30	1,91	1,27	24/04/2019	<0,3	0,05
12/06/2019	0,830	0,53	1,36	1,06	13/06/2019	<0,3	<0,05
15/08/2019	1,440	0,95	1,33	0,90	14/08/2019	<0,3	<0,05
24/10/2019	2,930	1,50	2,91	2,10	23/10/2019	<0,3	<0,05
10/12/2019	0,831	0,21	2,13	1,30	10/12/2019	<0,3	<0,05
12/02/2020	<0,3	0,24	2,22	1,4	13/02/2020	0,334	0,06
16/06/2021	0,516	0,29	1,22	0,58	17/06/2021	<0,3	<0,05
06/10/2021	2,4	0,31	1,02	0,78	07/10/2021	0,37	<0,05

in = inexistente

As concentrações de N-NH₄ foram de no máximo 1,50 mg L⁻¹ (P1) e 2,10 mg L⁻¹ (P2) em 10/2019 (Tabela 3.4.1.11.2(1)). Em P3, esse valor foi de 0,13 mg L⁻¹, i.e., 11,5 e 16,1 vezes menor que os P1 e P2, respectivamente (Figura 3.4.1.11.2(2)). As maiores concentrações médias foram encontradas em P2 (cheia: 1,18 mg L⁻¹ e seca: 0,93 mg L⁻¹), assim como para o N-KJD. O P3 na seca foi diferente de P2 ($p < 0,05$) e P1 ($p < 0,01$) na seca e de P2 ($p < 0,001$) e P1 ($p < 0,05$) na cheia, também. O P3 na época de cheia foi significativamente distinto de P2 (cheia: $p < 0,001$), P1 (seca: $p < 0,05$) e P3 (seca: $p < 0,01$). A N-NH₄ na Resolução CONAMA nº 357 é categorizada em função do pH da água, sendo que na faixa de pH dos P1, P2 e P3, a concentração máxima permitida é 3,7 mg L N⁻¹, para pH $\geq 7,5$ (Classe 1); assim, os pontos de monitoramento nas distintas épocas do ano se enquadraram nessa classe.

Tabela 3.4.1.11.2(2). Variações das concentrações de nitrogênio nitrato (N-NO₃) e nitrogênio nitrito (N-NO₂) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1		P2		Campanhas	P3	
	BAGR 04 020		BAGR 04 500			KNOA 05 500	
	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NO ₂		N-NO ₃	N-NO ₂
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
16/02/2017	3,93	0,04	3,93	0,33	2017	in	in
18/04/2017	3,86	0,03	5,48	0,22	2017	in	in
20/06/2017	3,16	0,04	3,80	0,15	2017	in	in
15/08/2017	2,02	0,12	3,37	0,33	2017	in	in
24/10/2017	2,90	<0,1	4,09	0,32	2017	in	in
06/12/2017	3,80	<0,1	5,00	0,13	2017	in	in
15/02/2018	3,67	<0,1	3,65	0,12	20/02/2018	0,58	<0,1
17/04/2018	4,03	<0,1	4,49	0,29	17/04/2018	0,74	<0,1
12/06/2018	3,42	0,07	4,88	0,31	14/06/2018	0,90	0,06
14/08/2018	2,93	0,1	4,41	0,26	15/08/2018	1,18	0,03
23/10/2018	2,89	0,06	2,13	0,13	25/10/2018	0,28	<0,01
06/12/2018	3,23	0,04	4,27	0,15	10/12/2018	0,63	0,02
14/02/2019	3,94	0,07	4,41	0,14	13/02/2019	0,55	0,04
25/04/2019	4,23	0,01	4,16	0,18	24/04/2019	0,56	0,01
12/06/2019	3,61	0,08	4,47	0,23	13/06/2019	0,95	0,03
15/08/2019	2,57	0,06	4,70	0,26	14/08/2019	0,98	0,03
24/10/2019	3,11	0,07	5,24	0,25	23/10/2019	0,71	<0,02
10/12/2019	3,16	<0,1	3,79	<0,1	10/12/2019	0,48	<0,1
12/02/2020	3,57	0,03	3,27	0,13	13/02/2020	0,71	0,02
16/06/2021	2,81	<0,02	4,71	0,24	17/06/2021	1,12	<0,02
06/10/2021	3,19	0,05	5,08	0,23	07/10/2021	1,08	<0,02

in = inexistente

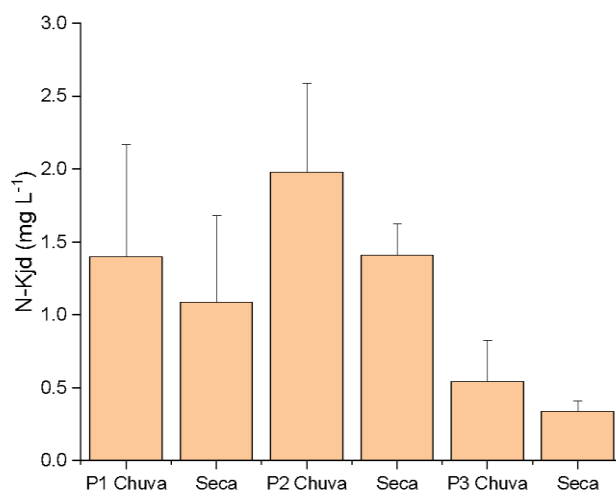


Figura 3.4.1.11.2(1). Variações das concentrações médias de nitrogênio Kjeldhal (N-KJD) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. Das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

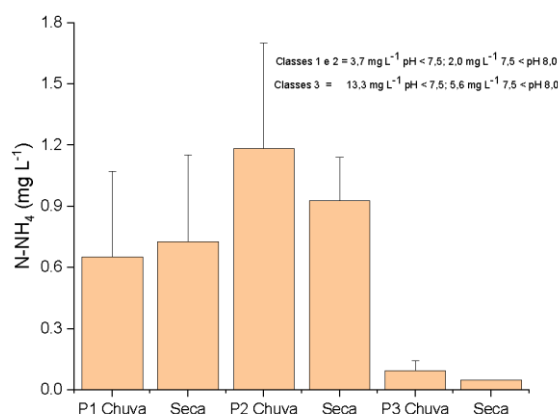


Figura 3.4.1.11.2(2). Variações das concentrações médias de nitrogênio amoniacal (N-NH₄) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

As concentrações de nitrato (N-NO_3) e nitrito (N-NO_2) são mostradas na Tabela 3.4.1.11.2(2). As médias dessas duas variáveis são ilustradas nas Figuras 18 e 19. As mesmas tendências, em relação ao P2 (N-NO_3 = cheia: $4,08 \pm 0,90 \text{ mg L}^{-1}$ e seca: $4,45 \pm 0,58 \text{ mg L}^{-1}$ e N-NO_2 = cheia: $0,19 \pm 0,08 \text{ mg L}^{-1}$ e seca: $0,25 \pm 0,06 \text{ mg L}^{-1}$), de maiores concentrações observadas para N-KJD e N-NH₄ são observadas para o N-NO₃ e N-NO₂. O P3 apresentou as menores concentrações de N-NO₃. Considerando as médias de ambos os períodos hidrológicos, a N-NO₃ foi 1,2 vezes maior que no P2 e 5,4 vezes maior que no P3. Para o N-NO₂, esses valores foram 7,0 e 12,6, respectivamente. Para o N-NO₃, os únicos pontos amostrais e estações que não demonstraram diferenças ($p > 0,05$) foram: P2 na cheia em relação ao P1 (cheia) e P2 (seca) e, o P3 na cheia em relação ao P3 na seca. No caso do N-NO₂, O P1 (cheia) não apresentou diferenças ($p > 0,05$) com P3 (cheia), P1 (seca) e P3 (seca). No caso do P2 na cheia esse foi similar ($p > 0,05$) em relação às concentrações de N-NO₂ a P2 na seca. O P3 durante o período de cheia foi semelhante aos P2 e P3 (na seca), assim como P1 e P3 na seca ($p > 0,05$). De acordo com o CONAMA n° 357, as concentrações de N-NO₃ (10 mg N L^{-1}) e N-NO₂ (1 mg N L^{-1}) estiveram dentro do permitido para Classe 1 (Brasil, 2005).

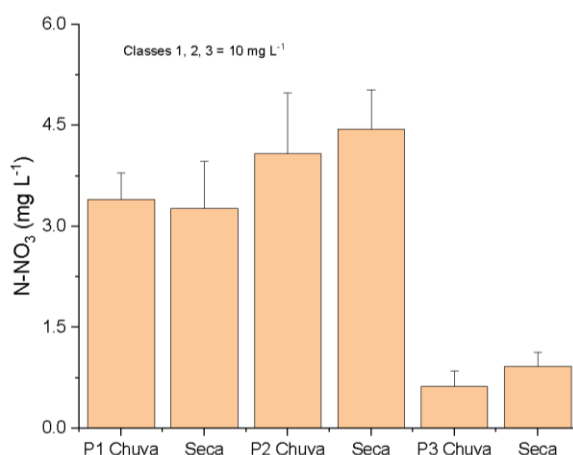


Figura 3.4.1.11.2(3). Variações das concentrações médias de nitrogênio-nitrato (N-NO_3) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

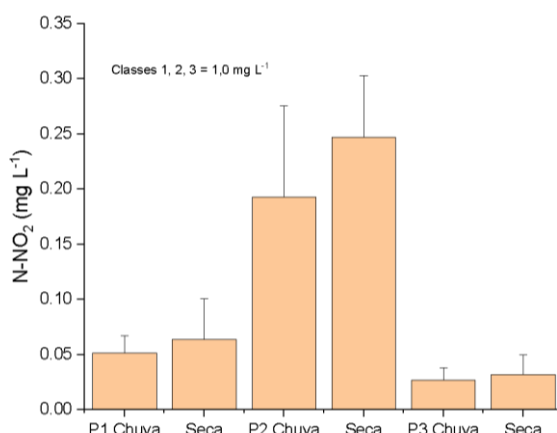


Figura 3.4.1.11.2(4). Variações das concentrações médias de nitrogênio-nitrito (N-NO₂) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

A NH₃ ocorre, naturalmente, em corpos de água, sendo decorrente da quebra de matéria orgânica (proteínas/aminoácidos) e inorgânica nitrogenada (ureia), excreção pela biota e redução do gás nitrogênio na água por microrganismos. Ao monitorar as formas de nitrogênio, durante a autodepuração natural em rios, podem-se observar elevadas concentrações de N-KJD na zona de degradação. O N-NH₄ predomina na zona de decomposição ativa, o N-NO₂ na zona de recuperação e o N-NO₃ na zona de águas limpas (CETESB, 2021b).

O NO₃⁻ é a forma comum de nitrogênio encontrado em águas naturais. Pode ser bioquimicamente reduzido a NO₂⁻ por processos de desnitrificação, geralmente em condições anaeróbicas. O NO₂⁻ é rapidamente oxidado a NO₃⁻ (Chapman, 1996) por microrganismos específicos (Burton Jr. e Pitt, 2001). O NO₃⁻, formado na nitrificação, é um nutriente essencial (com o amônio) para o crescimento das plantas (Tabela 3.4.1.11.2(3)) e, pode ser um fator limitante do crescimento (pela conversão em proteínas) vegetal. Contudo, o NH₄ é preferencialmente absorvido pelos produtores primários.

Tabela 3.4.1.11.2(3). Descrição das principais formas de nitrogênio usualmente encontradas nos ambientes aquáticos.

Forma	Fórmula	Descrição
Nitrogênio total		Inclui todas as formas de nitrogênio. Essa variável é importante para quantificar os níveis de nutrientes em um corpo d'água.
Nitrogênio Kjeldahl Total	NKT = amônia dissolvida + nitrogênio orgânico	Medida de nitrogênio orgânico mais amônia dissolvida. Útil para avaliar as contribuições de nitrogênio orgânico de estações de tratamento de águas residuais, esterco e outras fontes potenciais. Útil para avaliações aprofundadas da biodisponibilidade de N em águas superficiais.
Nitrogênio inorgânico		Nitrito, nitrato, amônia e amônio compõem as formas de nitrogênio inorgânico. É útil para compreender as fontes de nitrogênio na água e com que rapidez o nitrogênio pode ser absorvido pelas plantas.
Amônio/ amônia	$\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$	Formas inorgânicas de nitrogênio mais biodisponíveis para o crescimento de macrófitas aquáticas e fitoplâncton. Deve-se monitorar devido à toxicidade da amônia para a vida aquática (Figura 20), vazamentos de sistemas de esgoto, fontes pontuais industriais e escoamento agrícola e urbano.
Nitrito e nitrato	NO_2^- e NO_3^-	Formas inorgânicas de nitrogênio, biodisponíveis para o crescimento de macrófitas aquáticas e fitoplâncton. Principal forma em águas superficiais com altas concentrações de N. O nitrato é a forma mais comum e o nitrito é instável em águas naturais.

(adaptado de EPA, 2021e)

Concentração alta de nitrato (i.e., fertilização) na água de superfície pode estimular o rápido crescimento das algas que irão degradar a qualidade da água pelo incremento da degradação da matéria orgânica autóctone. A concentração excessiva de nitrato (mais de 10 mg L^{-1}) na água potável causa uma ameaça imediata e grave à saúde infantil, causando metemoglobinemia (Omer, 2019; CETESB, 2021b). As concentrações de N- NO_3 no P3, que é um dos mananciais de abastecimento de Franca, possuem concentrações baixas desse íon em suas águas, com variação de $0,4 \text{ mg L}^{-1}$ a $2,23 \text{ mg L}^{-1}$ no período de estudo (2017-2021).

Os critérios para a definição das concentrações máximas de amônia foram formulados apenas para a proteção da vida aquática, não sendo desenvolvidos critérios para a proteção da saúde humana, e.g., consumo de peixe contaminado ou água potável. Diferente do íon amônio, na forma não ionizada (i.e., NH_3 ou NH_4OH), a amônia foi relatada como altamente tóxica para organismos de água doce. Concentrações de amônia tóxicas para os peixes podem causar, por exemplo, redução no sucesso de eclosão, redução na taxa de crescimento e desenvolvimento morfológico, e alterações patológicas nos tecidos das brânquias, fígado e rins. As variáveis limnológicas que se relacionam com a toxicidade da amônia incluem: oxigênio dissolvido, temperatura, pH (Figura 20), concentração de dióxido de carbono e salinidade (Burton Jr. e Pitt, 2001).

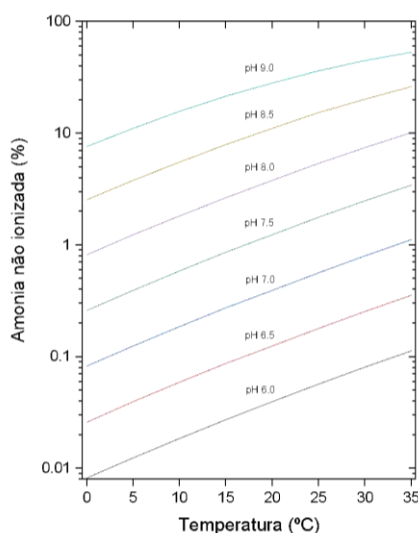


Figura 3.4.1.11.2(5). Percentagem de amônia não ionizada em função do pH e da temperatura

(adaptado de Willingham, 1976).

A concentração e a toxicidade de amônia (NH_3 e NH_4OH) aumentam à medida que o pH aumenta. Aumentos rápidos no pH podem causar aumento das concentrações de NH_3 que também são tóxicas. A amônia mostrou ser 10 vezes mais tóxica em pH 8,0 do que em pH 7. A adução de amônio pode contribuir para a acidificação do meio aquático, uma vez que a nitrificação do NH_4^+ produz H^+ : $\text{NH}_4 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$ (EPA, 2022a). Considerando a média do pH (variação de 6,8 a 7,3) nos pontos amostrais e nas épocas de seca e de cheia (Figura 3.4.1.3(1)), as concentrações máximas de amônia não ionizável variaram de 0,18% a 1,77%, assim, essa forma de nitrogênio inorgânica não apresenta potencial de toxicidade em P1, P2

e P3. O metabolismo do nitrogênio é interconectado e multifacetado. Primeiro, a amônia (oriunda de aminoácidos da matéria orgânica) pode causar depleção nas concentrações de OD pela nitrificação, além de gerar íon H^+ que contribuem para a acidificação do meio aquático. Nesse processo, o nitrato, dependendo das concentrações, pode ser poluente. Dependendo da temperatura e do pH da água (Figura 3.4.1.11.2(5)), a amônia pode aumentar sua concentração na forma não ionizada, sendo tóxica para os organismos aquáticos (Chapra, 2008), como os peixes, nesse sentido, muitas espécies não toleram concentrações acima de 5 mg L^{-1} (CETESB, 2021b). Finalmente, tanto a amônia quanto o nitrato são nutrientes essenciais para os vegetais, caso, o crescimento excessivo ocorra como consequência da eutrofização, diversas variáveis limnológicas irão se alterar e causar mudanças na qualidade da água (Chapra, 2008). Os nitritos são mais tóxicos do que os nitratos (Burton Jr. e Pitt, 2001).

3.4.1.12. Clorofila-a e feofitina-a (variáveis hidrobiológicas)

A clorofila existe em três formas (-a, -b e -c) e está presente na maioria dos organismos fotossintéticos. Os pigmentos vegetais das algas consistem em clorofilas (cor verde) e carotenoides (cor amarela). A clorofila-a (CLO-a) é o pigmento predominante nas algas verdes (Chlorophyta), mas é apenas um dos vários pigmentos em outras divisões de algas, como Cyanobacteria e Chrysophyta. Apesar disso, a clorofila-a é frequentemente usada como uma estimativa direta da biomassa de algas (CETESB, 2021b), embora possa subestimar a produção dessas algas que contêm vários pigmentos (Gorde e Jadhav, 2013). A feofitina-a (FEO-a) é decorrente degradação da CLO-a, sendo considerada um interferente na medida da CLO-a; assim, do ponto de vista analítico, as suas concentrações devem ser corrigidas pela subtração dos teores de FEO-a (CETESB, 2021b). As concentrações de CLO-a e FEO-a no período de 2017 a 2021 são elencadas na Tabela 3.4.1.12(1). As concentrações mínimas para esses pigmentos foram: CLO-a = $< 0,56 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ a $14,7 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ e FEO-a = $< 0,48$ a $4,68 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$. Considerando a sazonalidade, o P2 foi o que as maiores concentrações de CLO-a tanto na cheia ($3,03 \pm 1,81 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) quanto na seca ($5,39 \pm 4,67 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$). Em relação a FEO-a, a maior média desse pigmento foi observado no P3 na época de cheia ($2,61 \pm 1,11 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$). A CLO-a diferiu no P2 (seca) em relação aos P1 (chuva; $p < 0,01$), P3 (chuva, $p < 0,001$), P1 (seca; $p < 0,01$) e P3 (seca; $p < 0,001$); ainda, o P2 na cheia foi

diferente de P3 (chuva, $p < 0,01$), P1 (seca; $p < 0,05$) e P3 (seca; $p < 0,001$). Para a FEO-a, apenas houve diferença significativa entre o P3 na cheia com o P1 na cheia ($p < 0,01$) e P1 na seca ($p < 0,05$).

Tabela 3.4.1.12(1). Variações das concentrações de clorofila-a (CLO-a) e feofitina-a (FEO-a) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1		P2		Campanhas	P3	
	BAGR 04 020		BAGR 04 500			KNOA 05 500	
	CLO-a	FEO-a	CLO-a	FEO-a		CLO-a	FEO-a
	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹		µg L ⁻¹	µg L ⁻¹
16/02/2017	<0,56	<0,48	6,68	1,18	2017	in	in
18/04/2017	nd	nd	nd	nd	2017	in	in
20/06/2017	<0,56	0,83	1,41	1,15	2017	in	in
15/08/2017	<0,56	3,45	6,34	3,31	2017	in	in
24/10/2017	nd	nd	nd	nd	2017	in	in
06/12/2017	<0,56	1,34	3,47	1,02	2017	in	in
15/02/2018	<0,56	1,07	4,46	0,53	20/02/2018	2,67	2,41
17/04/2018	nd	nd	nd	nd	17/04/2018	nd	nd
12/06/2018	1,6	0,83	2,94	1,36	14/06/2018	0,84	1,32
14/08/2018	1,34	0,91	14,7	2,51	15/08/2018	1,07	0,61
23/10/2018	nd	nd	nd	nd	25/10/2018	nd	nd
06/12/2018	<0,56	<0,48	2,38	1,37	10/12/2018	1,54	1,34
14/02/2019	<0,56	1,38	2,67	2,94	13/02/2019	1,7	2,46
25/04/2019	nd	nd	nd	nd	24/04/2019	nd	nd
12/06/2019	0,56	<0,48	3,62	1,64	13/06/2019	1,34	1,47

15/08/2019	0,59	<0,48	7,22	1,20	14/08/2019	<0,56	1,34
24/10/2019	nd	nd	nd	nd	23/10/2019	nd	nd
10/12/2019	<0,56	<0,48	1,60	1,02	10/12/2019	1,64	2,58
12/02/2020	<0,56	<0,48	1,34	2,41	13/02/2020	<0,56	4,68
16/06/2021	<1	<1	1,5	1,4	17/06/2021	<1	2,1
06/10/2021	<1	<1	1,6	2	07/10/2021	1,3	2,2

in = inexistente; nd = não determinado

Segundo a legislação CONAMA nº 357 concentrações de CLO-a até $10 \mu\text{g L}^{-1}$ enquadram as águas como Classe 1, entre 10 e $60 \mu\text{g L}^{-1}$ como Classe 2 e acima de $60 \mu\text{g L}^{-1}$ como Classe 3 (Brasil, 2005). Nesse sentido, em relação aos períodos hidrológicos, as médias de CLO-a não ultrapassaram o limite para Classe 1 em nenhum ponto amostral. Entretanto, quando consideramos a concentração de CLO-a individualmente por campanha, temos que em 08/2018, a CLO-a medida no P2 foi $14,7 \mu\text{g L}^{-1}$, sendo classificada como Classe 2. Não existe valor de referência na legislação brasileira para o FEO-a.

Geralmente, essa variável está incluída em programas de monitoramento ambiental para a gestão da água captada para abastecimento público, uma vez que o crescimento excessivo de algas torna a água inadequada para o consumo ou mais difícil de tratar (Chapman, 1996). Nesse contexto, o P3 deve ser monitorado sistematicamente, principalmente no período seco, com vigilância especial aos nutrientes (N e P) e comunidade fitoplanctônica (e.g., pelos teores de pigmentos), uma vez que é um dos mananciais de abastecimento de Franca.

A Tabela 3.4.1.12(2) indica as concentrações limítrofes dos possíveis estados tróficos das águas continentais. Os mecanismos que levam à eutrofização são complexos e interligados. Do ponto de vista ecológico, a principal causa da eutrofização é a grande entrada de nutrientes (principalmente N e P) em um corpo d'água e uma das consequências desse novo estado nutricional, é o desequilíbrio na teia alimentar que resulta em níveis elevados de biomassa fitoplanctônica. A consequência direta é um consumo excessivo de

OD, após a senescência e morte desses organismos. O enriquecimento da água por nutrientes pode ser de origem natural, mas muitas vezes é dramaticamente aumentado pela ação humana. Existem três fontes principais de entrada de nutrientes antrópicos: escoamento superficial, erosão e escoamento/efluentes de áreas agrícolas fertilizadas e esgoto de cidades e águas residuais industriais (WHO-EC, 2002).

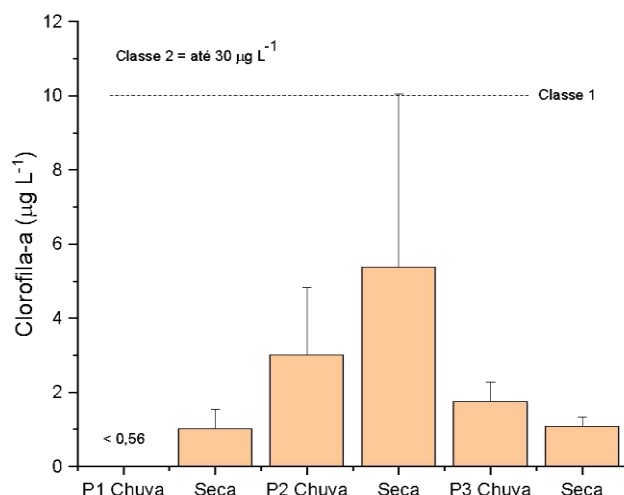


Figura 3.4.1.12(1). Variações das concentrações médias de clorofila-a (CLO-a) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

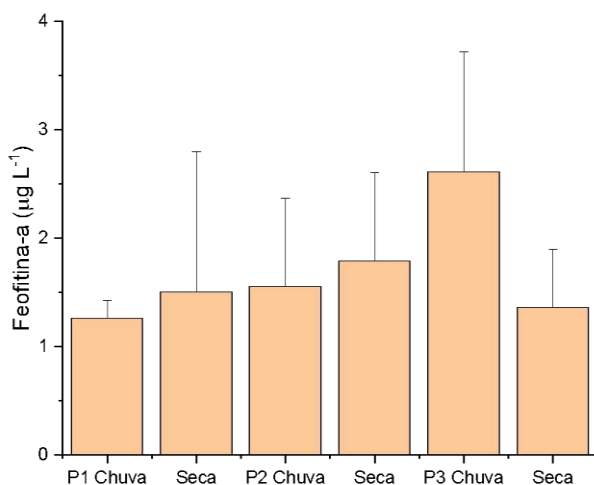


Figura 3.4.1.12(2). Variações das concentrações médias de feofitina-a (FEO-a) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Tabela 3.4.1.12(2). Concentrações médias e máximas de clorofila-a (CLO-a em mg L⁻¹) definidas em diferentes estados tróficos.

Estado trófico	Concentração média de CLO-a	Concentração máxima de CLO-a
Ultraoligotrófico	≤ 0,001	≤ 0,0025
Oligotrófico	≤ 0,0025	≤ 0,008
Mesotrófico	0,0025 - 0,008	0,008 - 0,025
Eutrófico	0,008 - 0,025	0,025 - 0,075
Hipereutrófico	≥ 0,025	0,075

(de acordo com: Vollenweider e Kerekes, 1982)

O principal problema relacionado com a potabilidade da água e a eutrofização é a concentração de cianotoxinas; i.e., substâncias naturais tóxicas produzidas pelas cianobactérias. Algumas dessas toxinas, que podem ocasionar a morte de mamíferos por parada respiratória após poucos minutos de exposição, e outras atuam menos rapidamente. De acordo com suas estruturas químicas, as cianotoxinas podem ser incluídas em três grandes grupos: os peptídeos cíclicos, os alcaloides e os lipopolissacarídeos (Tabela 3.4.1.12(3)). De acordo com sua ação farmacológica, as cianotoxinas são caracterizadas: (i)

neurotoxinas e (ii) hepatotoxinas (FUNASA, 2003). A Tabela 3.4.1.12(3) indica a categorização das toxinas, os órgãos afetados e os gêneros que produzem as cianotoxinas e os problemas causados na saúde humana. A Portaria GM/MS nº 888 (Brasil, 2021) indica os valores de cianotoxinas da água para consumo humano, sendo: 1 µg L⁻¹ para cilindrospermopsinas e microcistina e 3 µg L⁻¹ para saxitoxinas.

Tabela 3.4.1.12(3). Classificação das cianotoxinas em três grupos (peptídeos cíclicos, alcaloides e lipopolissacarídeos), órgão-alvo e principais gêneros envolvidos na produção de cianotoxinas.

Grupo	Órgão-alvo nos mamíferos	Gêneros das cianobactérias
Peptídeos cíclicos		
Microcistina	Fígado	<i>Microcystis</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Hapalosiphon</i> e <i>Anabaenopsis</i>
Nodularina	Fígado	<i>Nodularia</i>
Alcaloides		
Anatoxina-a	Sinapse nervosa	<i>Anabaena</i> , <i>Oscillatoria</i> e <i>Aphanizomenon</i>
Anatoxina-a(s)	Sinapse nervosa	<i>Anabaena</i>
Aplisiatoxinas	Pele	<i>Lyngbia</i> , <i>Schizothrix</i> e <i>Oscillatoria</i>
Cilindrospermopsina	Fígado	<i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Aphanizomenon</i> e <i>Umezakia</i>
Lingbiatoxina-a	Pele e trato gastrointestinal	<i>Lyngbia</i>
Saxitoxinas	Axônios nervosos	<i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Lyngbia</i> e <i>Cylindrospermopsis</i>
Lipopolissacarídeos		
	Potencial irritante, afeta qualquer tecido exposto	Todos os gêneros

(Chorus e Bartram, 2021)

3.4.1.13. Colimetria

A *Escherichia coli* (*E. coli*) é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas, nas fezes de animais de sangue quente (humanos, mamíferos e pássaros), sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal (CETESB, 2021b). Uma vez que sua concentração na água contaminada possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal, a *E. coli* é considerada um organismo indicador, usado para identificar a possível presença de organismos patógenos (FUNASA, 2013). Dentre os objetivos de se avaliar a colimetria, temos a garantia que a água seja segura para recreação pública, como natação, pesca ou canoagem. Indivíduos que entram em contato com água com níveis elevados de *E. coli* apresentam maior risco de exposição potencial aos patógenos fecais (EPA, 2021f).

Em todas as campanhas e pontos amostrais foram identificadas a presença de *E. coli* (Tabela 3.4.1.13(1)). A variação dessa variável microbiológica foi no P1 de 4 UFC 100 ml⁻¹ (10/2021) a 29.000 UFC 100 ml⁻¹ (12/2017). No P2 variou de 5.000 UFC 100 ml⁻¹ (06/2018) a 400.000 UFC 100 ml⁻¹ (04/2018) e no P3, de 104 UFC 100 ml⁻¹ (08/2018) a 26.000 UFC 100 ml⁻¹ (10/2018). As maiores quantidades de *E. coli*, sempre, foram identificadas no P2, independente do período hidrológico (Figura 3.4.1.13(1)). Independente do período hidrológico, as maiores médias das quantidades de *E. coli* foram identificadas no P2 (cheia: 56.545,45 ± 39.694,74 UFC 100 ml⁻¹ e seca: 71.510,00 ± 124.046,52 UFC 100 ml⁻¹). Os valores de colimetria de P2 foram na cheia, 12,0 vezes maior que no P1 e 7,9 vezes maior que no P3. Na seca, esses valores foram 13,9 e 80,8 vezes, respectivamente.

Em relação à *Escherichia coli*, o P1 (cheia) foi diferente de P2 na cheia ($p < 0,01$) e na seca ($p < 0,05$). O P1 na seca foi distinto de P2 na cheia ($p < 0,01$) e P2 na seca ($p < 0,05$). O P3 na seca diferiu de P2 na cheia ($p < 0,001$) e P2 na seca ($p < 0,001$). Considerando o contato secundário, a Resolução CONAMA nº 357 indica que na Classe 1, para os demais usos, exceto contato primário, a quantidade de *E. coli* não deverá ser excedido um limite de 200 UFC 100 ml⁻¹. Esses valores são 1.000 UFC 100 ml⁻¹ para Classe 2 e 2.500 UFC 100 ml⁻¹ para Classe 3. Em relação ao contato primário, a Resolução CONAMA nº 274 indica a categorização quanto a balneabilidade: (i) excelente, máximo de

200 UFC 100 ml⁻¹ de *E. coli*; (ii) muito boa, máximo de 400 UFC 100 ml⁻¹ de *E. coli* e (iii) satisfatória, máximo de 800 UFC 100 ml⁻¹ de *E. coli*. Em relação à potabilidade, a Portaria GM/MS nº 888 estabelece o padrão bacteriológico da água para o consumo humano, determinando a ausência tanto de coliformes totais quanto de *Escherichia coli* por 100 ml de amostras de água analisada nos sistemas de abastecimento de água para consumo humano (Brasil, 2021).

Tabela 3.4.1.13(1). Variações dos coliformes fecais *Escherichia coli* (*E. coli*) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>		<i>Escherichia coli</i>
	UFC 100 ml ⁻¹	UFC 100 ml ⁻¹		UFC 100 ml ⁻¹
16/02/2017	2.400	38.000	2017	in
18/04/2017	3.000	160.000	2017	in
20/06/2017	196	21.000	2017	in
15/08/2017	2.800	20.000	2017	in
24/10/2017	8.000	18.000	2017	in
06/12/2017	29.000	120.000	2017	in
15/02/2018	224	21.000	20/02/2018	2.900
17/04/2018	620	400.000	17/04/2018	420
12/06/2018	2.300	5.000	14/06/2018	316
14/08/2018	1.340	7.400	15/08/2018	104
23/10/2018	28	17.000	25/10/2018	26.000
06/12/2018	4.800	59.000	10/12/2018	13.000
14/02/2019	1.900	120.000	13/02/2019	6.700
25/04/2019	280	37.000	24/04/2019	4.700
12/06/2019	27.000	31.000	13/06/2019	284
15/08/2019	13.000	27.000	14/08/2019	184
24/10/2019	940	23.000	23/10/2019	2.000
10/12/2019	680	72.000	10/12/2019	2.600
12/02/2020	3.800	94.000	13/02/2020	3.500

16/06/2021	800	6.700	17/06/2021	192
06/10/2021	4	40.000	07/10/2021	440

in = inexistente

Os níveis de bactérias em corpos d'água são muito variáveis. Os coliformes fecais podem ser aduzidos por: (i) sistemas inadequados de coleta de esgoto; (ii) águas pluviais e (iii) criação de gado no entorno dos sistemas aquáticos (Namoi Catchment Management Authority, 2013). Nos ambientes lóticos, os níveis naturais de bactérias podem variar com a presença de chuvas (EPA, 2021f). As variáveis associadas à colimetria são: turbidez, sólidos totais suspensos (STS), odores desagradáveis e aumento da DBO, com a diminuição das concentrações de OD, além de elevadas concentrações de fósforo e nitrogênio. Nesse sentido, as elevadas cargas de *E. coli* no P1 e P2, podem ter origem em vazamentos da rede de esgoto por efluentes domésticos. Ainda, no que se refere ao P1, a existência de um cemitério a ca. 765 m da nascente do Ribeirão dos Bagres (P1) pode estar aduzindo necrochorume. Alterações nas variáveis OD, fósforo, pH, *E. coli* e coliformes totais foram observadas nas águas subterrâneas de áreas adjacentes a cemitérios (Silva, 2019). No período de chuvas, as águas pluviais, podem incrementar a quantidade de *E. coli* pelo escoamento superficial. No caso de P3, a criação de gado a montante do ponto de amostragem é uma possibilidade da presença de *E. coli*.

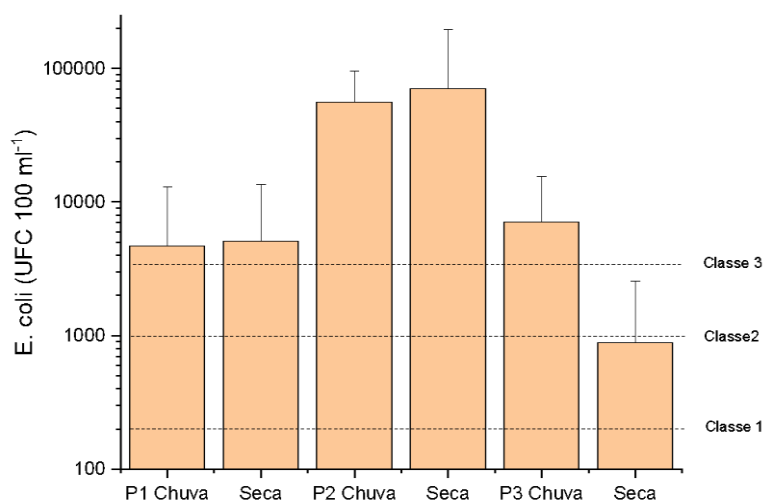


Figura 3.4.1.13(1). Variações das concentrações médias de coliformes fecais *Escherichia coli* (*E. coli*) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

A Tabela 3.4.1.13(2) indica a categorização dos ambientes aquáticos e a possibilidade de contato (primário ou secundário) com as águas. O contato primário ocorre quando se está completamente imerso na água (e.g., natação). O contato secundário refere-se às atividades em que se entra em contato com a água, mas não se está completamente imerso (e.g., pesca e navegação). Considerando a classificação (Tabela 3.4.1.13(2)) para os possíveis usos múltiplos com contato primário no Ribeirão dos Bagres, não se recomenda esse ambiente.

Tabela 3.4.1.13(2). Categorização das possibilidades de atividades de recreação com contato primário e secundário em função a presença de coliformes fecais.

Categoria	Coliformes totais (UFC/100 ml)	Tipo de contato
Muito bom	0	Primário/Secundário
Bom	0 a 35	Primário
Regular	35 - 230	Secundário
Ruim	> 700	Não deve ocorrer contato

(Namoi Catchment Management Authority, 2013)

Uma categorização, em relação as possíveis enfermidades causadas por contato primário relacionadas as bactérias causadoras de doenças de veiculação hídrica, foi

indicada por Burton Jr. e Pitt (2001): (i) *Escherichia coli* > 320 UFC/100 ml: congestão nasal dor e de ouvido; (ii) enterococos > 106 UFC/100 ml: diarreia com/sangue; (iii) coliformes totais > 10.000 UFC/100 mL: erupção cutânea e (iv) coliformes fecais > 400 UFC/100 ml: erupção cutânea. Segundo classificação que utiliza o número de bactérias heterotróficas (Mariñelarena e Mariuzzi, 1995), águas com UFC < 500 são oligosapróbicas, águas que apresentam 1000 < UFC < 50.000 são consideradas α -mesosapróbicas, 50.000 a 100.000 são β -mesosapróbicas e > 750.000 olisapróbicas.

3.4.1.14. Substância Tensoativa (reagem com azul metileno)

Os surfactantes (compostos tensoativos) são um grupo diversificado de produtos químicos conhecidos por seu amplo uso em detergentes e outros produtos de limpeza. Os tensoativos sintéticos pertencem a diferentes classes químicas, mas contém em sua estrutura, um radical hidrofóbico polar fraco (por exemplo, alquil ou alquilaril) e um ou mais grupos polares. Eles podem ser classificados em aniônicos (carregados negativamente), catiônicos (carregados positivamente) e não iônicos. Os tensoativos aniônicos são os mais amplamente produzidos e usados, geralmente como detergentes (Chapman, 1996). Embora haja poucos riscos ambientais sérios em relação aos tensoativos aniônicos, os tensoativos catiônicos são conhecidos por serem muito mais tóxicos (Scott e Jones, 2000). A variação das TENS está elencada na Tabela 3.4.1.14(1).

Tabela 3.4.1.14(1). Variações das substâncias tensoativas (TENS) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	Substâncias tensoativas	Substâncias tensoativas		Substâncias tensoativas
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹
16/02/2017	0,13	<0,1	2017	in
18/04/2017	0,42	0,13	2017	in
20/06/2017	6,00	<0,1	2017	in
15/08/2017	5,04	0,11	2017	in
24/10/2017	2,45	0,16	2017	in
06/12/2017	0,61	0,20	2017	in
15/02/2018	2,84	0,16	20/02/2018	<0,1
17/04/2018	1,06	0,14	17/04/2018	nd
12/06/2018	2,72	<0,1	14/06/2018	<0,1
14/08/2018	2,95	0,11	15/08/2018	<0,1
23/10/2018	11,0	<0,1	25/10/2018	nd
06/12/2018	2,56	<0,1	10/12/2018	<0,1
14/02/2019	5,04	<0,1	13/02/2019	<0,1
25/04/2019	4,90	0,21	24/04/2019	nd
12/06/2019	1,54	<0,1	13/06/2019	<0,1
15/08/2019	1,08	0,13	14/08/2019	<0,1
24/10/2019	3,60	0,14	23/10/2019	nd
10/12/2019	2,57	<0,1	10/12/2019	<0,1
12/02/2020	0,31	0,15	13/02/2020	<0,1
16/06/2021	1,45	<0,1	17/06/2021	<0,1
06/10/2021	3,34	<0,1	07/10/2021	<0,1

in = inexistente

No período de 2017 a 2021, o P3 sempre apresentou concentrações de TENS de < 0,1 mg L⁻¹ (abaixo do limite de detecção do método). A variação de TENS no P1 foi de 0,13 mg L⁻¹ (02/2017) a 11,0 (10/2018). No P2, essa variação foi de < 0,1 mg L⁻¹ (em 47% das

amostragens) a $0,20 \text{ mg L}^{-1}$ (02/2017). O P1, sempre, apresentou as maiores concentrações de TENS (Figura 24) em relação ao P2 (média na seca = $0,14 \text{ mg L}^{-1}$ e cheia = $0,16 \text{ mg L}^{-1}$) e P3 (média na seca e cheia = $< 0,1 \text{ mg L}^{-1}$). O P1 no período de elevadas precipitações foi distinto de P2 (cheia: $p < 0,01$), P2 (seca: $p < 0,05$) e P3 (seca: $p < 0,01$). Considerando o mesmo período hidrológico, P1 na seca foi diferente significativamente de P3 na seca (seca: $p < 0,05$). A legislação brasileira indica concentrações de no máximo $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ como valores de referência para Classes 1, 2 e 3 para TENS (Brasil, 2005). As águas do P1, independente da estação de seca ou cheia, sempre ultrapassaram os valores máximos permitidos pela legislação (Figura 3.4.1.14(1)).

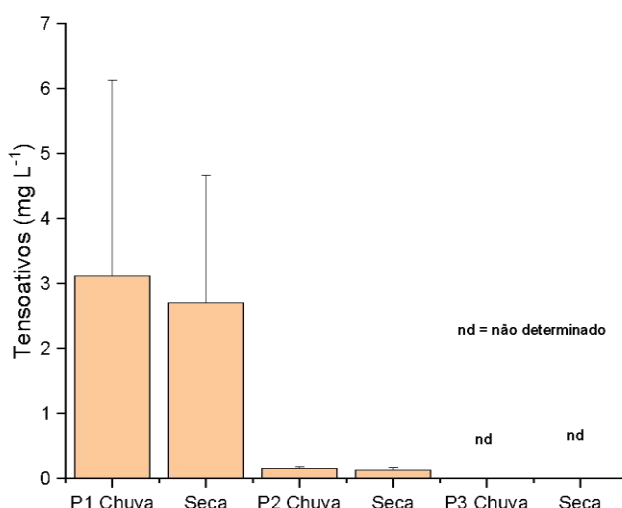


Figura 3.4.1.14(1). Variações das concentrações médias de substâncias tensoativas (TENS) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Após o uso, os tensoativos residuais são lançados em sistemas de esgoto ou diretamente em águas superficiais. Os esgotos sanitários possuem de 3 a 6 mg L^{-1} de detergentes (CETESB, 2021b); no caso do P1, as TENS analisadas se enquadram nas concentrações indicadas para efluentes domésticos.

As indústrias de detergentes descarregam efluentes líquidos com cerca de 2000 mg L^{-1} do princípio ativo. As descargas indiscriminadas de detergentes nas águas naturais levam a prejuízos de ordem estética provocados pela formação de espumas (CETESB, 2021b). Os surfactantes são responsáveis pela formação de espuma e outros poluentes nas águas superficiais, incluindo os patógenos, que podem se concentrar na espuma. A presença de espuma na superfície da água dificulta a aeração da água, diminuindo os níveis de oxigênio dissolvido, reduzindo os processos de autopurificação e prejudicando a biota aquática. A concentração limite para a formação de espuma é de $0,1 - 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ dependendo da estrutura do surfactante (Chapman, 1996).

A maioria dos surfactantes é facilmente biodegradável e sua quantidade é bastante reduzida com o tratamento secundário em estações de tratamento de águas residuais. A maior preocupação é a liberação de águas residuais não tratadas ou águas residuais que passaram apenas por tratamento primário. A descarga de águas residuais poluídas com grandes quantidades de surfactantes pode ter sérios efeitos no ecossistema (Ivanković e Hrenović, 2010). A toxicidade de um surfactante depende do tempo de exposição e da concentração, bem como do ambiente aquático. Por exemplo, foi demonstrado que um surfactante tóxico é menos tóxico no ambiente marinho em comparação com o ambiente de água doce (Persson, 2012). O tripolifosfato de sódio é o adjuvante mais utilizado e, em conjunto com os surfactantes, permite que os detergentes apresentem um desempenho eficiente em todas as condições de lavagem. O tripolifosfato de sódio é, comumente, usado em detergentes industriais (Speight, 2017).

Os detergentes podem conferir sabor ou odor à água em concentrações de $0,4 - 3,0 \text{ mg L}^{-1}$ e a cloração pode aumentar esse efeito. Em termos de biodegradabilidade, os tensoativos são divididos em altamente degradáveis, intermediários e estáveis, ou não degradáveis, com constantes de taxa de oxidação bioquímica correspondentes $> 0,30 \text{ dia}^{-1}$, $0,30 - 0,05 \text{ dia}^{-1}$ e $< 0,05 \text{ dia}^{-1}$, respectivamente (Chapman, 1996).

3.4.1.15. Óleos e Graxas

Os óleos e graxas (OG) podem ter origem mineral, vegetal ou animal. Exemplos destas substâncias são: gorduras, óleos vegetais, ceras, óleos minerais. São raramente de origem natural, sendo normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas (CETESB, 2021b). O óleo é encontrado nos corpos d'água em diferentes formas: dissolvido, filme, emulsão e frações sorvidas (Chapman, 1996).

As concentrações de OG, em função das distintas coletas, são apresentadas na Tabela 3.4.1.15(1). No P1 foram identificadas concentrações médias de OG na cheia de $6,90 \pm 11,50 \text{ mg L}^{-1}$ e de $11,75 \pm 2,06$ na seca. No P2, houve apenas uma data de coleta (06/2018) com concentrações maiores (Figura 3.4.1.15(1)) que o limite de detecção (10 mg L^{-1}).

No P3, não houve determinação de OG no período desse estudo. Não houve diferenças significativas entre o P1 e P2 ($p > 0,05$). Na Resolução CONAMA nº 357, a indicação para óleos e graxas é qualitativa, sendo para Classes 1, 2 e 3 virtualmente presentes e para Classe 4 ocorre a tolerância de iridescências (Brasil, 2005).

Nos ambientes aquáticos estas substâncias podem causar os seguintes efeitos: (i) cobrimento de animais e plantas com óleo com privação de trocas gasosas (impedindo a respiração e fotossíntese), além do afogamento de aves aquáticas devido à perda de flutuabilidade; (ii) apresenta toxicidade ou origina produtos tóxicos; (iii) pode destruir habitats; (iv) produz odores e (v) entupir estações de tratamento de água (EPA, 2022c). Nas águas naturais, os óleos e graxas acumulam-se nas superfícies, podendo trazer sérios problemas nos sistemas aquáticos por dificultar as trocas gasosas que ocorrem entre a atmosfera e a superfície da água, além de limitar a penetração da radiação subaquática. Devido ao alto risco ecológico associado aos óleos e graxas, suas determinações são importantes no monitoramento da qualidade da água. Considerando as concentrações de OG no Ribeirão dos Bagres, os possíveis impactos ecológicos não são esperados.

Tabela 3.4.1.15(1). Variações de óleos e graxas (OG) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	Óleos e graxas	Óleos e graxas		Óleos e graxas
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹
16/02/2017	<10	<10	2017	in
18/04/2017	<10	<10	2017	in
20/06/2017	<10	<10	2017	in
15/08/2017	<10	<10	2017	in
24/10/2017	<10	<10	2017	in
06/12/2017	<10	<10	2017	in
15/02/2018	<10	<10	20/02/2018	nd
17/04/2018	10	<10	17/04/2018	nd
12/06/2018	14	12	14/06/2018	nd
14/08/2018	<10	<10	15/08/2018	nd
23/10/2018	<10	<10	25/10/2018	nd
06/12/2018	<10	<10	10/12/2018	nd
14/02/2019	<10	<10	13/02/2019	nd
25/04/2019	13	<10	24/04/2019	nd
12/06/2019	10	<10	13/06/2019	nd
15/08/2019	<5	<5	14/08/2019	nd
24/10/2019	6,9	<5	23/10/2019	nd
10/12/2019	<5	<5	10/12/2019	nd
12/02/2020	<5	<5	13/02/2020	nd
16/06/2021	nd	nd	17/06/2021	nd
06/10/2021	<5	<5	07/10/2021	nd

in = inexistente; nd = não determinado

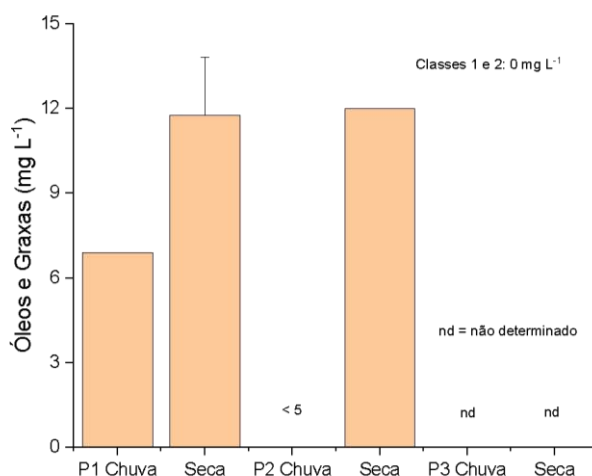


Figura 3.4.1.15(1). Variações das concentrações médias dos óleos e graxas (OG) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

3.4.1.16. Fenóis

Os fenóis (FEN) são compostos aromáticos com um ou poucos grupos hidroxila. São facilmente oxidados bioquimicamente, fotoquimicamente ou quimicamente. Os compostos fenólicos dissolvidos de origem antrópica têm sua origem nas descargas de efluentes industriais. Os fenóis apresentam toxicidade tanto ao ser humano quanto aos organismos aquáticos (CETESB, 2021b). Como resultado, eles têm efeitos prejudiciais sobre a qualidade e a condição ecológica dos corpos d'água. A presença de fenóis causa acentuada deterioração das características organolépticas da água e devem ser monitorados na água potável. As concentrações de fenóis em águas não poluídas são geralmente inferiores a 0,02 mg L⁻¹. No entanto, efeitos tóxicos em peixes podem ser observados em concentrações > 0,01 mg L⁻¹ (Chapman, 1996).

As concentrações de FEN na água dos P1, P2 e P3 são listadas na Tabela 3.4.1.16(1). Apenas 3 episódios indicaram concentrações maiores que o limite de detecção do método para essa variável: 0,003 mg L⁻¹ (P1 em 02/2018), 0,005 mg L⁻¹ (P1 em 10/2018), 0,02 mg L⁻¹ (P1 em 04/2019), 0,005 mg L⁻¹ (P1 em 10/2019) e 0,004 mg L⁻¹ (P1 em 06/2019).

Nos P1 e P2 na seca foram observadas as maiores concentrações de FEN (Figura 3.4.1.16(1)). Não houve diferenças significativas entre os P1 e P2 ($p > 0,05$). Em relação à legislação, os episódios observados de aparecimento de FEN, ultrapassaram os limites estabelecidos para Classes 1 e 2 ($0,003 \text{ mg L}^{-1}$) e 3 ($0,01 \text{ mg L}^{-1}$) indicados pela Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

Tabela 3.4.1.16(1). Variações de fenóis (FEN) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	Fenóis	Fenóis		Fenóis
	mg L^{-1}	mg L^{-1}		mg L^{-1}
16/02/2017	<0,003	<0,003	2017	in
18/04/2017	<0,003	<0,003	2017	in
20/06/2017	<0,003	<0,003	2017	in
15/08/2017	<0,003	<0,003	2017	in
24/10/2017	<0,003	<0,003	2017	in
06/12/2017	<0,003	<0,003	2017	in
15/02/2018	0,003	<0,003	20/02/2018	nd
17/04/2018	<0,003	<0,003	17/04/2018	nd
12/06/2018	<0,003	<0,003	14/06/2018	<0,003
14/08/2018	<0,003	<0,003	15/08/2018	<0,003
23/10/2018	0,005	<0,003	25/10/2018	nd
06/12/2018	<0,003	<0,003	10/12/2018	<0,003
14/02/2019	<0,003	<0,003	13/02/2019	<0,003
25/04/2019	0,02	<0,003	24/04/2019	nd
12/06/2019	<0,003	0,004	13/06/2019	<0,003
15/08/2019	<0,003	<0,003	14/08/2019	<0,003
24/10/2019	0,005	<0,003	23/10/2019	nd
10/12/2019	<0,003	<0,003	10/12/2019	<0,003
12/02/2020	<0,003	<0,003	13/02/2020	<0,003
16/06/2021	<0,003	<0,003	17/06/2021	<0,003

06/10/2021	<0,003	<0,002	07/10/2021	<0,002

in = inexistente; nd = não determinado

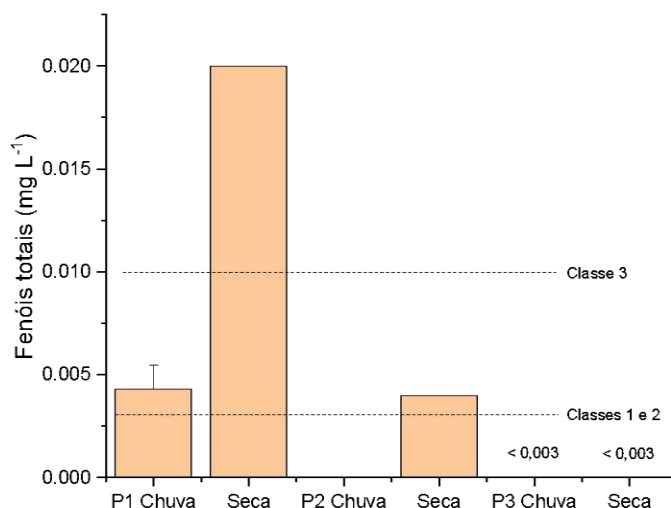


Figura 3.4.1.16(1). Variações das concentrações médias dos fenóis (FEN) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Os fenóis são amplamente utilizados como desinfetantes, sendo também subprodutos de muitas indústrias, e.g., coquearias, refinarias de petróleo e produtoras de resinas (Kojima et al., 1995) e produzem odor e sabor desagradáveis; quando presentes na água em grandes quantidades podem ser tóxicos para os organismos aquáticos (Dicionário de Ecologia e Ciências Ambientais, 2001). Uma possível fonte de fenóis são as substâncias húmicas (ácidos húmicos e fúlvicos) de origem alóctone, que se constituem em compostos aromáticos de origem natural.

Os clorofenóis estão presentes na água potável como resultado da cloração de fenóis, como subprodutos da reação do hipoclorito com ácidos fenólicos. Os compostos mais comuns são 2-clorofenol, 2,4-diclorofenol e 2,4,6-triclorofenol (WHO, 2022). A Portaria GM/MS nº 888 (Brasil, 2021) estabelece como valor máximo permitido em água para consumo é para o 2,4,6-triclorofenol e 2,4-diclorofenol é 0,2 mg L⁻¹. Os dados sobre a

toxicidade do 2-clorofenol são limitados, portanto, nenhum valor de orientação baseado em saúde foi derivado (WHO, 2022).

3.4.1.17. Ecotoxicologia

3.4.1.17.1. Ensaio ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*

A ecotoxicologia pode indicar, por meio de bioensaios com organismos vivos, os efeitos agudos ou crônicos produzidos por substâncias químicas na água. As análises ecotoxicológicas tem como objetivo, identificar a concentração em que as substâncias são nocivas aos organismos e onde seus efeitos (crônicos ou agudos) se manifestam. Os efeitos podem ser: morte, mudanças morfológicas, fisiológicas, histológicas com alterações no crescimento, reprodução, metabolismo, e formações ou mesmo mudanças comportamentais (Knie e Lopes, 2004). O ensaio com *Ceriodaphnia dubia* (*C. dubia*) visa avaliar a ocorrência de efeitos tóxicos, agudos e crônicos, nos corpos d'água para fins de preservação da vida aquática.

A Tabela 3.4.1.17.1(1) mostra os resultados dos testes de toxicidade com *C. dubia*, no período de 2017 a 2021 ocorreram 13 análises de ecotoxicidade nos P1 e P2. O P1 apresentou 45% de suas amostras caracterizadas como não tóxica, 39% como apresentando efeito crônico e 16% como efeito agudo. O P2 teve 85% como não tóxica e 15% como exibindo efeito crônico. O P3, por sua vez, teve suas águas testadas em 11 amostragens, sendo que 64% foram classificadas como sendo não tóxicas e 36% como tendo efeito crônico. Os resultados expressos como agudo indicam que ocorreu efeito significativo na sobrevivência dos organismos, dentro do período inicial de 48 horas e o crônico, quando ocorre efeito significativo na reprodução e/ou sobrevivência dos organismos, dentro do período de sete dias. Considerando os relatórios de qualidade de água da CETESB, a amostra é considerada não tóxica caso não haja detecção de quaisquer efeitos tóxicos aos organismos-teste (CETESB, 2021b).

Tabela 3.4.1.17.1(1). Variações ecotoxicológica com *Ceriodaphnia dubia* (C. dubia) ou *Vibrio fischeri* (V. fischeri) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	C. dubia ¹ / V. fischeri ²	C. dubia ¹ / V. fischeri ²		C. dubia
16/02/2017	Crônico ¹	Crônico ¹	2017	in
18/04/2017	nd	nd	2017	in
20/06/2017	Crônico ¹	Não tóxico ¹	2017	in
15/08/2017	Crônico ¹	Não tóxico ¹	2017	in
24/10/2017	nd	nd	2017	in
06/12/2017	Não tóxico ¹	Não tóxico ¹	2017	in
15/02/2018	Não tóxico ¹	Não tóxico ¹	20/02/2018	Não tóxico
17/04/2018	nd	nd	17/04/2018	nd
12/06/2018	Não tóxico ¹	Não tóxico ¹	14/06/2018	Crônico
14/08/2018	Não tóxico ¹	Não tóxico ¹	15/08/2018	Crônico
23/10/2018	nd	nd	25/10/2018	nd
06/12/2018	Crônico ¹	Não tóxico ¹	10/12/2018	Não tóxico
14/02/2019	Crônico ¹	Crônico ¹	13/02/2019	Não tóxico
25/04/2019	nd	nd	24/04/2019	nd
12/06/2019	Agudo ¹	Não tóxico ¹	13/06/2019	Crônico
15/08/2019	Não tóxico ¹	Não tóxico ¹	14/08/2019	Não tóxico
24/10/2019	nd	nd	23/10/2019	nd
10/12/2019	Agudo ¹	Não tóxico ¹	10/12/2019	Não tóxico
12/02/2020	Não tóxico ¹	Não tóxico ¹	13/02/2020	Crônico
16/06/2021	nd	nd	17/06/2021	Não tóxico
06/10/2021	73,94 ²	> 81,9 ²	07/10/2021	Não tóxico

in = inexistente; nd = não determinado

3.4.1.17.2. Ensaio ecotoxicológico com *Vibrio fischeri*

Um método de avaliação de toxicidade aguda deve ser estabelecido, para garantir a segurança das fontes de água potável e melhorar a capacidade de monitoramento e alerta precoce da poluição ambiental (Yi et al., 2020). Um dos métodos utilizados é o ensaio bacteriano com *Vibrio fischeri* (*V. fischeri*). Esse teste é baseado na medição da luminescência após a exposição da amostra. A intensidade da luz das bactérias é comparada a um controle e na presença de substâncias tóxicas, a bioluminescência diminui (Knie e Lopes, 2004).

Testes de bioluminescência bacteriana têm sido utilizados em monitoramentos com efluente, águas subterrâneas, sedimentos, resíduos perigosos e avaliação de eficiência de procedimentos de bioremediação e em biomonitoramentos (Rubinger, 2009). A CETESB realiza testes com *Vibrio fischeri* em seu monitoramento de qualidade da água e sedimentos (CETESB, 2022b). Para efluentes lançados em águas doces, os resultados dos testes ecotoxicológicos com *V. fischeri* poderão ser utilizados como um teste preliminar para avaliar a toxicidade de amostras complexas (e.g., com baixas concentrações de oxigênio dissolvido e elevadas concentrações de amônia). Esse ensaio poderá ser usado apenas para avaliar o potencial de toxicidade do efluente e os resultados dos ensaios com *Daphnia* ou *Ceriodaphnia* deverão ser utilizados para o estabelecimento da toxicidade permissível (Bertoletti, 2008).

No período de 2021, apenas duas amostragens foram realizadas com *V. fischeri*, sendo o resultado expresso em $CE_{20\%}$, que representa a concentração da amostra testada (de P1 e P2) que causa efeito agudo em 20% de uma população da bactéria *V. fischeri*. Na presença de substâncias tóxicas, como, por exemplo, metais, fenóis, tensoativos, a bioluminescência (emitida pela *V. fischeri*) diminui, sendo a quantidade de perda de luz proporcional à toxicidade da amostra; assim a $CE_{20\%}$ de P1 foi 73,94 e de P2 foi > 81,9 (Tabela 3.4.1.17.1(1)). De acordo com Coleman e Qureshi (1985), as amostras com valores na faixa 75% são consideradas com baixa toxicidade.

3.4.1.18. Alcalinidade (bicarbonato, carbonato, hidróxido e total)

A alcalinidade é a aptidão da água em receber prótons e representa a capacidade dos corpos d'água em neutralizar os ácidos, assim a alcalinidade da água é controlada pela soma das bases tituláveis. Representa, principalmente, uma indicação da concentração de carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-) e hidróxido (OH^-) ou sua mistura (Lind, 1985; Cox, 1995; Omer, 2019); mas pode incluir contribuições de borato (H_2BO_3^-), fosfatos, silicatos (H_3SiO_4^-) e outros compostos básicos (Margalef, 1983). Águas de baixa alcalinidade ($< 24 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3) têm baixa capacidade de tamponamento e podem, portanto, ser suscetíveis a alterações de pH, por exemplo, por deposição atmosférica ácida (Chapman, 1996). Nesse contexto, define-se a alcalinidade como a capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte até 4,5, que se refere ao valor pré-definido de pH (Gorde e Jadhav, 2013; CETESB, 2021b).

A Alcalinidade (total: Alc-total e bicarbonato: Alc-bi) foi apenas determinada no P3 (Tabela 3.4.1.18(1) e Figura 3.4.1.18(1)), a variação sazonal da Alc-total foi de $20,25 \text{ mg L}^{-1}$ na cheia e $19,67 \text{ mg L}^{-1}$. A Alc-bi variou de $22,50 \text{ mg L}^{-1}$ no período de elevadas precipitações atmosféricas a $22,00 \text{ mg L}^{-1}$ na estiagem. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para a Alc-total e Alc-bi em função do período hidrológico. Para a proteção da vida aquática, a capacidade de tamponamento deve ser de pelo menos 20 mg L^{-1} de CaCO_3 (Omer, 2019), nesse sentido o P3 apresenta alcalinidade limiar para essa concentração. Não há valor de referência de qualidade para a Alc-total e Alc-bi na Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

Tabela 3.4.1.18(1). Variações da alcalinidade total (Alc-total) bicarbonato (Alc-bi) da água do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P3	P3
	KNOA 05 500	KNOA 05 500
	Alcalinidade total	Alcalinidade bicarbonato
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
15/02/2018	nd	nd
17/04/2018	nd	nd
12/06/2018	nd	nd
14/08/2018	nd	nd
23/10/2018	nd	nd
06/12/2018	nd	nd
14/02/2019	17	nd
25/04/2019	nd	nd
12/06/2019	19	nd
15/08/2019	21	21
24/10/2019	nd	nd
10/12/2019	22	22
12/02/2020	19	nd
16/06/2021	19	nd
06/10/2021	23	23

nd = não determinado

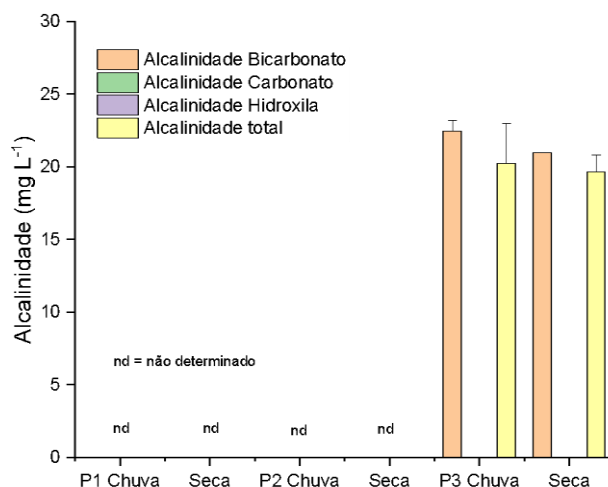


Figura 3.4.1.18(1). Variações das concentrações médias da alcalinidade (Alc-total) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Atualmente, os corpos de água podem ser submetidos a entradas repentinas de substâncias, contidas na chuva ácida e nas águas residuais. Esses compostos podem desencadear mudanças rápidas no equilíbrio ácido/base de ambiente aquático, e.g., diminuindo o pH da água. Uma mudança repentina no pH não é tolerável para grande parte da biota, nesse sentido, os organismos aquáticos se beneficiam de valores de pH estáveis, e as águas com alta alcalinidade apresentam maior capacidade de manter um pH constante (USGS, 2018). Alta alcalinidade não significa necessariamente a degradação da qualidade da água. As águas podem ser classificadas (Tabela 3.4.1.18(2)) de acordo com sua concentração e alcalinidade (em equivalente de carbonato de cálcio). Por essa categorização, as águas de P3, tanto na chuva quanto na seca, apresentam baixa alcalinidade.

Tabela 3.4.1.18(1). Classificação das águas em função de sua alcalinidade.

Classificação	Alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃)
Muito Baixa	10
Baixa	11-50
Moderada	51-150
Alta	151-300
Muito alta	> 300

(Water Rangers, 2022)

Os fatores que alteram a alcalinidade são: (i) geológicos: onde os tipos de rochas adjacentes aos corpos hídricos afetam a alcalinidade, onde fosfatos, calcário e boratos conferem à água uma maior alcalinidade e capacidade de tamponamento e (ii) sazonalidade climática: as precipitações atmosféricas são naturalmente ácidas, podendo solubilizar alguns minerais mais facilmente e incrementar a acidez das águas, diminuindo, assim a alcalinidade dos corpos de água receptores (Wilson, 2019; Utah State University Extension, 2020). A alcalinidade e dureza estão relacionadas pelos íons comuns formados em sistemas aquáticos. Especificamente, os íons associados à fração bicarbonato e carbonato da alcalinidade são os principais cátions responsáveis pela dureza (Ca²⁺ e Mg²⁺). Assim, a fração de dureza carbonatada (expressa em equivalentes de CaCO₃) é quimicamente equivalente aos bicarbonatos de alcalinidade presentes na água (Burton Jr. e Pitt, 2001). Qualquer concentração de dureza maior que a da alcalinidade representa dureza não carbonatada (Lewis, 2019). Assim, se considerarmos as concentrações sazonais da dureza (Figura 3.1.4.10(1)), temos que os P1 e P2 (na seca e cheia) apresentam dureza não carbonatada. E as do P3 carbonatadas, pois se encontram na mesma ordem de grandeza que a Alc-total e Alc-bi (Figura 3.4.1.18(1)).

3.4.1.19. Cor

A cor (COR) da água é o resultado dos diferentes comprimentos de onda não absorvidos pela própria água ou o resultado de substâncias presentes (dissolvidas e particuladas). Os minerais, como hidróxido férrico e substâncias orgânicas, como ácidos húmicos, fornecem a indicação de cor verdadeira da água. A cor verdadeira só pode ser medida em uma amostra, após filtração ou centrifugação. A cor aparente é causada por partículas coloridas e pela refração e reflexão da luz nas partículas suspensas (Chapman,

1996). A água poluída pode, portanto, ter uma cor aparente forte. Diferentes espécies de plâncton (tanto fito quanto zooplâncton) também podem dar à água uma cor aparente.

A COR foi apenas determinada no P3 (Tabela 3.4.1.19(1) e Figura 3.4.1.19(1)), a média da COR na seca ($20,60 \pm 2,07 \text{ mg Pt L}^{-1}$) foi menor 2,4 vezes menor que na cheia ($49,50 \pm 18,49 \text{ mg Pt L}^{-1}$). Houve diferença significativa ($p < 0,01$) em função da sazonalidade da COR. A COR das águas não ultrapassou os valores indicados pela Resolução CONAMA nº 357 (75 mg Pt L^{-1} para as Classes 2 e 3; Brasil, 2005).

Tabela 3.4.1.19(1). Variações da cor (COR) da água do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P3
	KNOA 05 500
	Cor
	mg Pt L ⁻¹
15/02/2018	41
17/04/2018	nd
12/06/2018	22
14/08/2018	18
23/10/2018	nd
06/12/2018	32
14/02/2019	67
25/04/2019	nd
12/06/2019	21
15/08/2019	23
24/10/2019	nd
10/12/2019	37
12/02/2020	78

16/06/2021	19
06/10/2021	42

nd = não determinado

O maior problema de COR na água é, em geral, o estético, já que causa efeito repulsivo na população. É importante ressaltar que a determinação da cor, realizada na rede de monitoramento, consiste basicamente na observação visual do técnico de coleta no instante da amostragem (CETESB, 2021b). A Tabela 36 indica a qualidade da água baseada apenas na cor (baixa, regular e alta). O limite recomendado é baseado na cor censurável para a maioria das pessoas. O limite recomendado para estética é de 15 unidades de cor. Os efeitos são de interesse estético e econômico e não de riscos à saúde. O risco para a saúde está relacionado apenas indiretamente, uma vez que os taninos podem ser associados à influência das águas superficiais na qualidade das águas subterrâneas (Dickinson-Iron District Health Department, 2019a). De acordo com a categorização apresentada na Tabela 3.4.1.19(2), a COR da água em função do interesse estético e econômico está acima do limite recomendado para fins estéticos. A água pode apresentar coloração amarelada a marrom, sendo esteticamente indesejável. A COR da água pode estar associada com pH baixo e corrosividade.

A SABESP realiza a medição de cor aparente (que leva em consideração a turbidez da água) das águas do P3. A média dessa variável, foi no período de 2017 a 2022, $87,8 \pm 109,8$ uH (coeficiente de variação = 125%); indicando, assim como para a turbidez, a forte dispersão da cor no Rio Canoas. As variações na cor, também, se relacionam ao ciclo hidrológico (Davis e Cornwell, 2022).

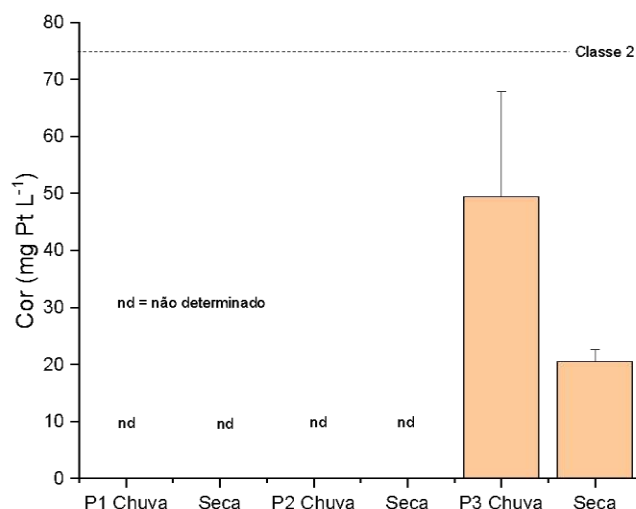


Figura 3.4.1.19(1). Variações das concentrações médias da cor (COR) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Tabela 3.4.1.19(2). Categorização da qualidade da água baseada na cor (baixa, regular e alta). Os efeitos são de interesse estético e econômico e não de riscos à saúde..

Cor ⁽¹⁾	Efeito	Significado
< 5	Sem risco para a saúde. Abaixo do limite recomendado para fins estéticos.	Sem impacto na saúde. Estética ou impacto econômico insignificante.
5-15	Sem risco de saúde. Pode ser esteticamente indesejável.	Sem impacto na saúde. Afeta o tratamento da água (por conter Fe e Mn).
> 15	Sem risco para a saúde. Acima do limite recomendado para fins estéticos. A água pode apresentar coloração amarelada a marrom, sendo esteticamente indesejável. Pode estar associada com pH baixo e corrosividade.	Sem impacto na saúde. Esteticamente indesejável. Impacto econômico devido ao custo do tratamento (por conter Fe e Mn).

(1) Cor é medida em unidades de cor ($\cong$ unidades de platina-cobalto).

(Baseado em Dickinson-Iron District Health Department, 2019a)

3.4.1.20. Potencial de Formação de Trihalometanos

A desinfecção ocorre no tratamento da água potável para prevenir a propagação de doenças infecciosas transmitidas pela água. A cloração é o método de desinfecção mais comum utilizado no mundo devido à facilidade de aplicação, ao baixo custo e a alta eficiência. No Brasil, a desinfecção é usualmente realizada com a adição de cloro ativo, i.e., gás cloro e hipoclorito de sódio (Sanches et al., 2003; CETESB, 2022c). No entanto, os subprodutos de desinfecção são formados como uma consequência não intencional da desinfecção da água (Evlampidou et al., 2020). Os trihalometanos (THM) são um grupo de compostos químicos orgânicos, frequentemente presentes na água potável e formados quando o cloro reage com a matéria orgânica natural (MON) da água bruta (e.g., substâncias húmicas). A MON é uma matriz complexa de materiais orgânicos resultante da decomposição de restos animais e vegetais e microrganismos. A MON nas águas superficiais inclui as substâncias húmicas, os ácidos hidrofilicos e compostos orgânicos, como proteínas, aminoácidos e carboidratos (Priya et al., 2020).

A variação da concentração de THM pode ser observada na Tabela 3.4.1.20(1). Assim como para a COR, Alc-total e Alc-bi, o THM foi apenas determinado no P3 (Tabela 3.4.1.20(1) e Figura 3.4.1.20(1)). As maiores concentrações de THM foram encontradas na cheia (2,6 vezes maior) que na seca (média = $94,90 \pm 13,41 \text{ mg L}^{-1}$). Houve diferença significativa ($p < 0,01$) em função da sazonalidade para o THM. Não há valor de referência de qualidade para THM na Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005). Ao se considerar a Portaria GM/MS nº 888 (Brasil, 2021), a concentração máxima de THM permitida visando a potabilidade é $0,1 \text{ mg L}^{-1}$.

Tabela 3.4.1.20(1). Variações do potencial de formação de trihalometanos (THM) da água do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P3
	KNOA 05 500
	Potencial de formação de trihalometanos
	mg L ⁻¹
15/02/2018	nd
17/04/2018	nd
12/06/2018	79,5
14/08/2018	98,8
23/10/2018	nd
06/12/2018	238
14/02/2019	326
25/04/2019	nd
12/06/2019	83,2
15/08/2019	112
24/10/2019	nd
10/12/2019	141
12/02/2020	254
16/06/2021	101
06/10/2021	274

nd = não determinado

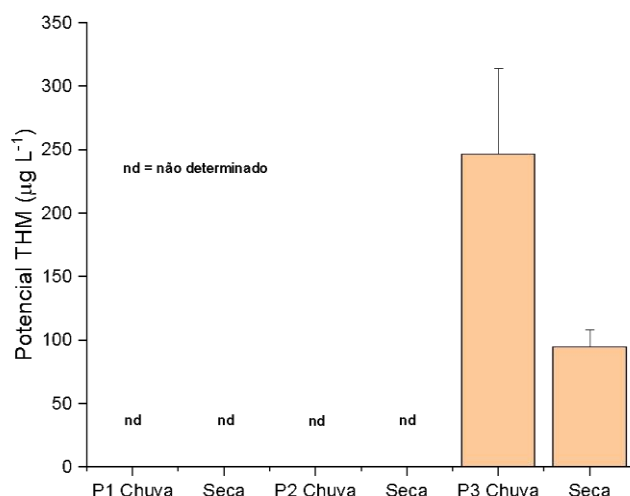


Figura 3.4.1.20(1). Variações das concentrações médias do potencial de formação de trihalometanos (THM) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Sendo o cloro um poderoso agente oxidante, ocorre a quebra das moléculas orgânicas complexas e a formação de compostos reativos mais simples. Esses compostos reagem com o cloro e formam os THM (HSE-EPA, 2011). Os THM são um grupo de quatro compostos: (i) clorofórmio; (ii) bromofórmio; (iii) dibromoclorometano e (iv) bromodiclorometano (Health Canada, 2006a). O clorofórmio, geralmente, é encontrado em maior concentração (Sanches et al., 2008). Os THM podem atuar como um indicador da presença de outros subprodutos da cloração (WHO, 2004). Por serem prejudiciais à saúde, o valor máximo permitido pela Portaria GM/MS nº 888 é 0,1 mg L⁻¹ (Brasil, 2021). A classificação dos quatro THM: clorofórmio, bromofórmio, dibromoclorometano e bromodiclorometano de acordo com o potencial carcinogenicidade pode ser observado na Tabela 3.4.1.20(2).

O THM pode ser utilizado para avaliar a qualidade da água bruta utilizada para o abastecimento público e identificar mananciais críticos, pela determinação da possibilidade de produção de concentrações elevadas de THM na água tratada. Segundo Melo e Menegon Jr. (2009), em 2007, o THM apresentou relação com as épocas de maiores precipitações

atmosféricas. Essa tendência foi observada no P3. Fortes correlações foram identificadas entre o carbono orgânico total e THM em um sistema de distribuição de água (Chaves et al., 2022). As concentrações de COT determinadas no Rio Canoas (P3) apresentaram proporcionalidade direta com as de THM ($r^2 = 0,24$).

Tabela 3.4.1.20(2). Classificação dos agentes conforme o potencial carcinogenicidade (IARC, 2019) e adequação dos THM como possíveis agentes carcinogênicos.

Classe	Descrição (IARC, 2019)	THM
Grupo 1	O agente é carcinogênico para humanos.	-
Grupo 2A	O agente é provavelmente cancerígeno para humanos.	-
Grupo 2B	O agente é possivelmente carcinogênico para humanos.	Clorofórmio bromodiclorometano
Grupo 3	O agente não é classificável quanto à sua carcinogenicidade para humanos.	Bromofórmio dibromoclorometano

(<https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>)

3.4.1.21. Fluoreto Total

O fluoreto é a forma iônica (F^{-1}) do elemento flúor (F) que é o não metal mais reativo e o elemento mais eletronegativo; raramente ocorre na natureza em seu estado elementar; combina-se com todos os elementos, exceto o oxigênio e os gases nobres, para formar fluoretos (WHO, 2000). O flúor é o 13º elemento em abundância, representando de 0,06 a 0,09% na crosta terrestre. Ocorre principalmente na forma de fluorita: CaF_2 , fluoroapatita: $F_{10}(PO_4)_6$ e criolita: Na_3AlF_6 (Jha et al., 2011). O flúor origina-se do intemperismo de minerais contendo flúor e entra em águas superficiais com escoamento e águas subterrâneas por contato direto.

As concentrações de flúor em águas naturais variam de 0,05 a 100 mg L⁻¹, embora na maioria das situações sejam inferiores a 0,1 mg L⁻¹. As concentrações de águas subterrâneas costumam chegar a 10 mg L⁻¹ (Chapman, 1996). Em locais onde existem minerais ricos em flúor concentrações de até 10 mg L⁻¹ podem ser encontradas (CETESB, 2021b).

A variação temporal das concentrações de fluoreto total (Fluo-total) são mostradas da Tabela 3.4.1.21(1). Os maiores valores foram encontrados em P1 (variação de 0,12 mg L⁻¹ (02/2017) a 10,0 mg L⁻¹ (10/2018). No P2 a concentração máxima (0,31 mg L⁻¹) de Fluo-total foi observada em 10/2018. No P3, os valores para essa variável foram sempre < 0,1 mg L⁻¹. As concentrações médias de Fluo-total no P1 foram 3,04 mg L⁻¹ na cheia e 1,93 mg L⁻¹ na seca, estes valores foram 20,2 vezes maiores que o P2 na cheia e 43,2 que o P3. Ao considerarmos o período de cheia, o Fluo-total no P1 foi 14,8 vezes superior que no P2 e 38,6 maior que em P3. O P1 no período de cheia foi significativamente diferente de P2 e P3 tanto na cheia ($p < 0,05$ e $p < 0,001$, respectivamente) quanto na seca ($p < 0,05$ e $p < 0,001$, respectivamente). No período de seca, o P1 apresentou diferenças com: P2 ($p < 0,05$) e P3 ($p < 0,001$) na cheia e P2 ($p < 0,05$) e P3 ($p < 0,001$) na seca. A Resolução CONAMA nº 357 indica a concentração máxima de para a Classe 1, 2 e 3 de 1,4 mg L⁻¹. Apenas o P1 não tem suas águas enquadradas na condição de qualidade para Classes 1, 2 e 3 advogadas pela legislação (Brasil, 2005).

Tabela 3.4.1.21(1). Variações do fluoreto total (Fluo-total) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	Fluoreto total	Fluoreto total		Fluoreto total
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹
16/02/2017	0,12	< 0,10	2017	in
18/04/2017	0,41	0,12	2017	in
20/06/2017	4,41	0,10	2017	in
15/08/2017	1,87	0,17	2017	in
24/10/2017	1,06	0,15	2017	in
06/12/2017	0,41	< 0,10	2017	in
15/02/2018	1,39	0,12	20/02/2018	< 0,10
17/04/2018	0,74	< 0,10	17/04/2018	< 0,10
12/06/2018	2,13	0,13	14/06/2018	< 0,10
14/08/2018	1,58	0,18	15/08/2018	< 0,10
23/10/2018	10,0	0,31	25/10/2018	< 0,10

06/12/2018	0,95	0,10	10/12/2018	< 0,10
14/02/2019	3,02	0,14	13/02/2019	< 0,10
25/04/2019	1,65	< 0,10	24/04/2019	< 0,10
12/06/2019	1,21	0,10	13/06/2019	< 0,10
15/08/2019	2,64	0,16	14/08/2019	0,06
24/10/2019	5,57	0,15	23/10/2019	0,06
10/12/2019	1,89	< 0,10	10/12/2019	< 0,10
12/02/2020	0,41	0,07	13/02/2020	< 0,04
16/06/2021	2,61	0,10	17/06/2021	0,04
06/10/2021	8,63	0,15	07/10/2021	0,08

in = inexistente

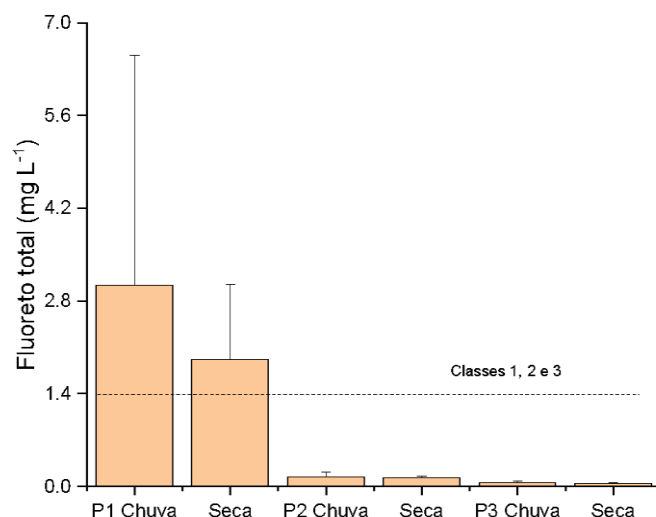


Figura 3.4.1.21(1). Variações das concentrações médias do fluoreto total (Fluo-total) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

3.4.1.22. Cloreto Total

O cloreto (Cl^-) constitui cerca de 0,05% da crosta externa da Terra, sendo encontrado geralmente na forma de sais de sódio (NaCl) e potássio (KCl). Os íons cloreto não são degradados e tendem a permanecer dissolvidos. A maior quantidade de Cl^- está nos oceanos. Os depósitos de sal ocorrem frequentemente no subsolo, onde são extraídos para vários fins industriais e domésticos. As concentrações de cloreto são, geralmente, mais elevadas nas águas subterrâneas em comparação com as superficiais (Nagpal, 2003). O cloro ocorre como cloreto (Cl^-) em solução nos ambientes aquáticos. O cloreto ocorre naturalmente em águas subterrâneas, córregos e lagos, mas a presença de concentrações relativamente altas de cloreto em água doce ($\approx 250 \text{ mg L}^{-1}$) pode indicar poluição de águas residuais. As fontes de cloreto na água podem ser: (i) naturais que inclui o intemperismo de rochas contendo cloretos (principalmente depósitos de sal-gema) ou deposição atmosférica de aerossóis oceânicos e (ii) antrópicas por meio do escoamento agrícola e águas residuais industriais (Chapman, 1996; Omer, 2019).

A variação de cloreto total (Cl-total) nos P1, P2 e P3 podem ser observados na Tabela 3.4.1.22(1). A maior concentração foi observada no P1 ($27,5 \text{ mg L}^{-1}$ em 10/2018). O menor valor ocorreu no P3 em 04/2019 ($1,86 \text{ mg L}^{-1}$). As variações médias sazonais das concentrações de Cl-total (Figura 3.4.1.22(1)) foram na cheia: $13,75 \text{ mg L}^{-1}$ (P1), $13,63 \text{ mg L}^{-1}$ (P2) e $2,59 \text{ mg L}^{-1}$ (P3). Na seca esses valores foram $11,29 \text{ mg L}^{-1}$, $13,75 \text{ mg L}^{-1}$ e $2,68 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Os P1 e P2 foram distintos de P3 na cheia e na seca (variação: $p < 0,05$ a $0,001$). O P2 na seca foi diferente de P3 na cheia ($p < 0,001$) e P3 na seca ($p < 0,01$). Todos os pontos de amostragem encontram-se dentro do valor de referência de qualidade para Classe 1, 2 e 3 (250 mg L^{-1}) segundo a Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005). Em relação à legislação, as concentrações de Cl-total no Ribeirão dos Bagres e Rio Canoas podem ser consideradas baixas.

Tabela 3.4.1.22(1). Variações do cloreto total (Cl-total) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	Cloreto total	Cloreto total		Cloreto total
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹
16/02/2017	8,74	12,97	2017	in
18/04/2017	9,26	13,91	2017	in
20/06/2017	12,70	10,67	2017	in
15/08/2017	13,17	13,91	2017	in
24/10/2017	13,40	16,00	2017	in
06/12/2017	10,10	14,90	2017	in
15/02/2018	11,70	14,00	20/02/2018	2,26
17/04/2018	9,62	12,50	17/04/2018	2,06
12/06/2018	10,90	13,90	14/06/2018	2,67
14/08/2018	12,80	15,00	15/08/2018	3,41
23/10/2018	27,50	9,77	25/10/2018	2,08
06/12/2018	9,49	12,70	10/12/2018	2,24
14/02/2019	14,20	12,90	13/02/2019	2,10
25/04/2019	10,50	13,90	24/04/2019	1,86
12/06/2019	10,60	11,50	13/06/2019	2,36
15/08/2019	14,00	13,70	14/08/2019	2,90
24/10/2019	16,30	17,00	23/10/2019	2,90
10/12/2019	12,00	13,10	10/12/2019	2,27
12/02/2020	8,40	10,10	13/02/2020	2,10
16/06/2021	9,30	18,50	17/06/2021	3,50
06/10/2021	19,40	16,50	07/10/2021	4,80

in = inexistente

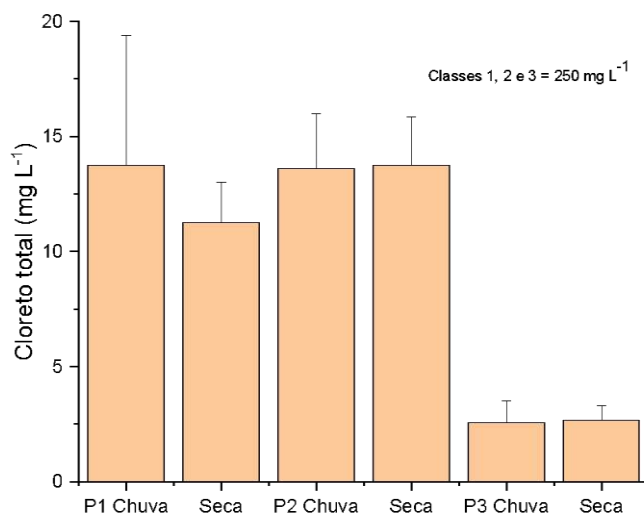


Figura 3.4.1.22(1). Variações das concentrações médias do cloreto total (Cl-total) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Os íons cloreto Cl^- na água potável não causam efeitos nocivos à saúde pública, mas altas concentrações podem causar um sabor salgado desagradável para a maioria das pessoas (Omer, 2019; CETESB 2021). Em águas doces prístinas, as concentrações de cloreto são geralmente inferiores a 10 mg L^{-1} e às vezes inferiores a 2 mg L^{-1} . Concentrações mais altas podem ocorrer perto de esgotos e outras saídas de resíduos, drenos de irrigação, intrusões de água salgada, em áreas áridas e em áreas costeiras úmidas. Como o cloreto é frequentemente associado ao esgoto, esse íon também pode ser incorporado às avaliações como uma indicação de possível contaminação fecal ou como medida da extensão da dispersão de lançamentos de esgoto em corpos d'água (Chapman, 1996). A Portaria GM/MS nº 888 (Brasil, 2021) estabelece o valor máximo de 250 mg L^{-1} de cloreto na água potável como padrão de aceitação de consumo. Nesse contexto, as concentrações de Cl-total em P1, P2 e P3 encontram-se dentro do limite dessa legislação.

3.4.1.23. Sulfato Total

Os íons sulfato (SO_4^{2-}) ocorrem em água natural pela da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto e em águas residuais (i.e., esgotos domésticos e efluentes industriais). A alta concentração de sulfato na água natural é geralmente causada pela lixiviação de depósitos naturais de sulfato de sódio (sal de Glauber) ou sulfato de magnésio (sal Epson). Se altas concentrações são encontradas na água potável, pode haver gostos desagradáveis ou efeitos laxantes indesejados, mas não há perigo significativo para a saúde pública (Omer, 2019; CETESB 2021).

As maiores concentrações de sulfato total (SO_4 -total) sempre foram observadas no P1. Dentre os períodos hidrológicos, a época de elevadas precipitações atmosféricas, apresentaram os maiores valores de SO_4 -total (Figura 3.4.1.23(1)) para os três pontos de amostragem (P1, P2 e P3). Uma tendência de diminuição de SO_4 -total sentido montante jusante (P1-P2) foi observado para o Ribeirão dos Bagres. Assim como para o Cl-total, as concentrações de SO_4 -total foram baixas (Tabela 3.4.1.23(1)). Todos os pontos de amostragem encontram-se dentro do valor de referência de qualidade para Classe 1, 2 e 3 (250 mg L^{-1}) segundo a Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

Na cheia, a média das concentrações de SO_4 -total foi $5,07 \pm 4,01 \text{ mg L}^{-1}$ em P1 e $3,54 \pm 1,36 \text{ mg L}^{-1}$ em P2. Essas concentrações médias foram menores na seca para esses dois pontos de amostragem (P1: $3,69 \pm 1,78 \text{ mg L}^{-1}$ e P2: $2,90 \pm 1,33 \text{ mg L}^{-1}$). O P3 apresentou as menores contrações de SO_4 -total, sendo 4 vezes menor que o P1 na cheia e 6,2 vezes menor na seca. Essa diferença em relação ao P2 foi 2,8 vezes inferior na cheia e 4,4 vezes menor que na estiagem. O P3 no período de cheia diferiu de P1 ($p < 0,001$) e P2 ($p < 0,01$) na cheia e P1 ($p < 0,05$) na seca. O P3 na seca foi diferente de P1 ($p < 0,001$) e P2 ($p < 0,01$) na cheia e P1 ($p < 0,01$) na seca.

Tabela 3.4.1.23(1). Variações do sulfato total (SO₄-total) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	Sulfato total	Sulfato total		Sulfato total
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹
16/02/2017	2,63	5,99	2017	in
18/04/2017	2,72	2,54	2017	in
20/06/2017	2,64	1,73	2017	in
15/08/2017	2,35	2,93	2017	in
24/10/2017	3,08	2,66	2017	in
06/12/2017	2,51	3,07	2017	in
15/02/2018	2,68	2,74	20/02/2018	< 1,00
17/04/2018	2,55	2,26	17/04/2018	< 1,00
12/06/2018	2,35	2,11	14/06/2018	0,57
14/08/2018	4,83	2,20	15/08/2018	0,84
23/10/2018	3,00	2,21	25/10/2018	0,88
06/12/2018	3,32	3,01	10/12/2018	0,71
14/02/2019	4,39	2,28	13/02/2019	< 0,50
25/04/2019	1,94	6,21	24/04/2019	< 0,50
12/06/2019	7,07	2,21	13/06/2019	0,52
15/08/2019	4,40	2,70	14/08/2019	1,20
24/10/2019	13,9	3,80	23/10/2019	1,30
10/12/2019	4,04	2,69	10/12/2019	< 1,00
12/02/2020	4,00	5,80	13/02/2020	1,30
16/06/2021	6,00	4,10	17/06/2021	0,90
06/10/2021	12,20	4,70	07/10/2021	2,10

in = inexistente

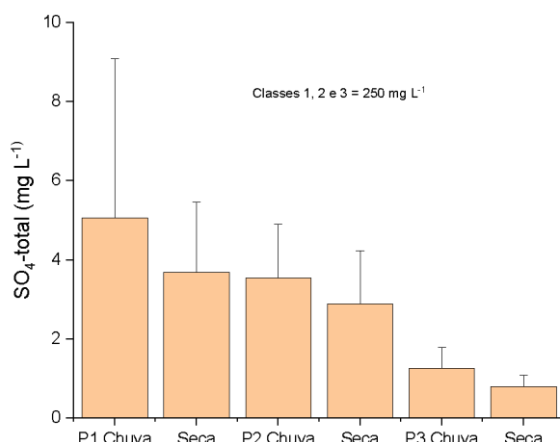


Figura 3.4.1.23(1). Variações das concentrações médias do sulfato total (SO₄-total) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

3.4.1.24. Compostos Orgânicos Voláteis: benzeno, estireno, etilbenzeno, tolueno e xilenos: m,p-xileno e o-xileno

Os compostos orgânicos voláteis (COV) são compostos orgânicos, contendo um ou mais átomos de carbono e evaporam em temperaturas ambiente. Compostos orgânicos voláteis possuem alta pressão de vapor e baixa solubilidade em água. Os COV são emitidos na forma de gases a partir de sólidos ou líquidos. Os COV incluem uma variedade de produtos químicos, alguns dos quais podem ter efeitos adversos à saúde, tanto no curto quanto no longo prazo (EPA-USDA, 2022).

Como os COV são provavelmente o resultado da liberação antrópica, o abastecimento público de água deve fornecer água potável que esteja em conformidade com os níveis máximos de COV regulamentados dentro de portarias específicas. Os COV foram medidos nos P1 e P2 (Ribeirão dos Bagres) e em todos os períodos de amostragem os valores estiveram abaixo do limite de detecção do método. Não houve variação sazonal e entre os pontos amostrais dos COV. No P3 os COV não foram determinados. Os valores

preconizados pela Resolução CONAMA nº 357 para os COV são: benzeno (BEN) 0,005 mg L⁻¹, estireno (EST) 0,02 mg L⁻¹, etilbenzeno (ETILBEN) 90,0 µg L⁻¹, tolueno (TOL) 2,0 µg L⁻¹ e xileno (XIL) 300 µg L⁻¹ (Brasil, 2005). Todos os valores de COV estiveram abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

Tabela 3.4.1.24(1). Variação do benzeno – BEN; Estireno – EST; Etilbenzeno – ETILBEN; m,p-xileno - m,p-XIL; o-xileno - o-XIL e tolueno - TOL) relativas ao Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Variável	BEN	EST	ETILBEN	m,p-XIL	o-XIL	TOL
Unidade	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹
BAGR 04 020						
16/02/2017	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
18/04/2017	nd	nd	nd	nd	nd	nd
20/06/2017	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
15/08/2017	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
24/10/2017	nd	nd	nd	nd	nd	nd
06/12/2017	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
15/02/2018	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
17/04/2018	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12/06/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
14/08/2018	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
23/10/2018	nd	nd	nd	nd	nd	nd
06/12/2018	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
14/02/2019	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
25/04/2019	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12/06/2019	< 5	< 10	< 5	< 10	< 5	< 4
15/08/2019	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
24/10/2019	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10/12/2019	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
12/02/2020	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
16/06/2021	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
06/10/2021	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2

nd = não determinado.

Tabela 3.4.1.24(2). Variação do benzeno – BEN; Estireno – EST; Etilbenzeno – ETILBEN; m,p-xileno - m,p-XIL; o-xileno - o-XIL e tolueno - TOL) relativas ao Ribeirão dos Bagres (P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Variável	BEN	EST	ETILBEN	m,p-XIL	o-XIL	TOL
Unidade	$\mu\text{g L}^{-1}$	$\mu\text{g L}^{-1}$	$\mu\text{g L}^{-1}$	$\mu\text{g L}^{-1}$	$\mu\text{g L}^{-1}$	$\mu\text{g L}^{-1}$
BAGR 04 500						
16/02/2017	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
18/04/2017	nd	nd	nd	nd	nd	nd
20/06/2017	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
15/08/2017	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
24/10/2017	nd	nd	nd	nd	nd	nd
06/12/2017	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
15/02/2018	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
17/04/2018	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12/06/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
14/08/2018	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
23/10/2018	nd	nd	nd	nd	nd	nd
06/12/2018	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
14/02/2019	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
25/04/2019	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12/06/2019	< 5	< 10	< 5	< 10	< 5	< 4
15/08/2019	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
24/10/2019	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10/12/2019	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
12/02/2020	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
16/06/2021	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2
06/10/2021	< 2,5	< 5	< 2,5	< 5	< 2,5	< 2

nd = não determinado.

Os COV podem ocorrer em fontes de água potável como resultado de contaminação por derramamentos ou descarte inadequado de produtos (Oklahoma Department of Environmental Quality, 2022). A Portaria GM/MS nº 888 (Brasil, 2021) estabelece como valor máximo permitido em água para consumo é para o benzeno: $5 \mu\text{g L}^{-1}$, etilbenzeno: $300 \mu\text{g L}^{-1}$, tolueno: $30 \mu\text{g L}^{-1}$ e xilenos: $500 \mu\text{g L}^{-1}$.

Na maioria dos programas de monitoramento, a determinação dessa variável abrange até 150 compostos contendo entre 2 e 12 átomos de carbono (CETESB, 2021b). A maioria dos COV pode ser detectada pelo odor, entretanto, a única maneira de saber sua concentração real na água é por amostragem e análises laboratoriais. Concentrações de xileno na faixa de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ produzem sabor e odor detectáveis. O limiar de odor para isômeros de xileno (m,p-xileno e o-xileno) em água foi relatado como variando de 0,02 a $1,8 \text{ mg L}^{-1}$. O tolueno tem um odor doce, pungente e semelhante ao benzeno. O limite de sabor relatado varia de 0,04 a $0,12 \text{ mg L}^{-1}$. O limiar de odor para tolueno em água varia de 0,024 a $0,17 \text{ mg L}^{-1}$. O tolueno pode, portanto, afetar a aceitabilidade dos consumidores de água em concentrações abaixo de seu valor de referência para a saúde de $0,7 \text{ mg L}^{-1}$. O estireno, também, apresenta um odor doce, sendo que os limites de odor variam de 0,004 a $2,6 \text{ mg L}^{-1}$, dependendo da temperatura. O estireno pode, portanto, ser detectado pelo cheiro na água em concentrações abaixo de seu valor de referência baseado como seguro para a saúde de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$. O etilbenzeno possui um odor aromático; o limiar de odor relatado na água varia de 2 a $130 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$. O limite de odor mais baixo é ca. 100 vezes menor do que o valor de orientação baseado como seguro para saúde ($0,3 \text{ mg L}^{-1}$). O limiar de sabor varia de 72 a $200 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ (WHO, 2022).

O benzeno está presente na gasolina e as emissões veiculares constituem a principal fonte de benzeno no meio ambiente. O benzeno pode ser introduzido na água por efluentes industriais e poluição atmosférica (WHO, 2022). O benzeno, por exemplo, pode chegar nas águas subterrâneas a partir de derramamentos de gasolina, óleo na superfície do solo ou por vazamento de tanques de combustível subterrâneos (EPA-USDA, 2022).

3.4.1.25. Metais / Metaloides

Os metais podem ser divididos em classes: (i) metais de classe A: correspondem aos metais de baixo índice covalente, pequeno raio iônico e baixa polarizabilidade. Exemplos são os metais alcalinos: Li, Na, K, Rb, Cs e Fr e alcalino-terrosos: Be, Mg, Ca, Sr, Ba e Ra e, Sc^{3+} , Ti^{4+} e Al^{3+} . Esses metais, geralmente, não são tóxicos, sendo que os elementos mais abundantes são frequentemente macronutrientes; (ii) metais classe B: representados pelos metais com grande raio iônico e alta polarizabilidade. Exemplos são Cu^+ , Pd^+ , Ag^+ , Cd^{2+} , Ir^{2+} ,

Pt^{2+} , Au^+ , Hg^{2+} , Ti^{2+} , Pb^{2+} . Esses metais são geralmente tóxicos em todas as concentrações e não apresentam nenhum valor nutricional e (iii) metais de transição: possuem propriedades intermediárias aos metais das Classes A e B. Exemplos são V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu^{2+} , Zn, Rh, Pb^{4+} , Sn. Esses metais são frequentemente micronutrientes, mas exibem toxicidade em altos níveis (Overway, 2017).

Os metaloides incluem boro (Bo), silício (Si), germânio (Ge), arsênio (As), antimônio (Sb) e telúrio (Te). Esses elementos são encontrados na forma de sulfeto, arseneto e arseno-sulfeto. Os metaloides são os elementos do grupo que estão na fronteira dos sólidos metálicos em contraste com aqueles covalentes com ligações químicas. Os metaloides exibem propriedades mistas, pois são sólidos e podem até parecer metálicos, mas podem não conduzir eletricidade e calor (Dixon e Vasiliu, 2017).

Os metais ocorrem naturalmente pelo intemperismo de rochas, minerais e partículas do solo, erupções vulcânicas, borrisos de sal marinho, incêndios florestais, fontes biogênicas e partículas de solo transportadas pelo vento. Também existem fontes de metais antrópicas: mineração e beneficiamento, efluente de tratamento de águas residuais, fontes industriais, escoamento urbano e agrícola, aterros sanitários (Masindi e Muedi, 2018).

Em um corpo d'água, os metais estão dissolvidos ou na forma de partículas. Os metais dissolvidos são mais facilmente absorvidos pelos organismos. Os metais podem se ligar a partículas como argila, areia ou matéria orgânica. No caso dos metais, a solubilidade irá determinar sua toxicidade. Os metais são mais tóxicos em pH mais baixo, uma vez que aumenta sua dissolução e biodisponibilidade (Maloney e Carson, 2018; USGS, 2019). Al, Pb, Hg, Cu e Ar são geralmente mais solúveis em pH mais baixo (EPA, 2021g). Os metais podem ser tóxicos em altas concentrações, mesmo aqueles que são nutricionalmente essenciais para sustentar a vida em ecossistemas aquáticos em pequenas quantidades (e.g., Cu e Mn). A toxicidade do metal afeta negativamente a biota por: (i) diminui a abundância e diversidade de espécies; (ii) causa alterações na reprodução, crescimento e comportamento e (iii) provoca anormalidades em órgãos como as brânquias e morte (EPA, 2021g).

Com o tempo, os metais dissolvidos e particulados presentes em ambientes com águas contaminadas podem se acumular no tecido dos organismos aquáticos. Esse processo é denominado bioacumulação, ocorre quando um organismo absorve ou absorve metais mais rapidamente do que seu corpo pode eliminá-los. A biomagnificação ocorre quando as concentrações de metais aumentam a partir da transferência através da cadeia alimentar. A biomagnificação refere-se à condição em que a concentração química de um elemento na biomassa de um organismo excede a concentração de seu alimento. A biomagnificação da teia alimentar é descrever o enriquecimento trófico de contaminantes nas teias alimentares (Drouillard, 2008).

As variáveis que interagem com os metais são o carbono orgânico dissolvido, dureza, pH e temperatura. Uma interpretação conjunta deve ser realizada para entender os possíveis quadros da toxicidade do metal.

Os metais/metaloídeos foram divididos em duas classes nesse diagnóstico: (i) com baixo potencial tóxico para a biota e potabilidade/saúde humana: Ca, Mg e K e (ii) com elevado potencial tóxico para a biota e potabilidade/saúde humana: Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Hg, Na e Zn.

3.4.1.26. Metais com Baixo Potencial Tóxico para a Biota e Potabilidade / Saúde Humana

3.4.1.26.1. Cálcio Total (metal alcalino terroso)

O cálcio é o quinto elemento mais abundante, constituindo com Ca. 5,3% (em massa) da crosta continental. Os valores de cálcio na água correntes podem variar em três ordens de grandeza, com valor médio de 40 mg L⁻¹ no continente europeu (Salminen et al., 2005). O Ca é o íon mais abundante nas águas fluviais, sendo originário do intemperismo de rochas calcárias (Allan e Castillo, 2007). As principais fontes de Ca são o carbonato de cálcio (i.e. calcita) e o carbonato de cálcio-magnésio (dolomita: [CaMg(CO₃)₂]), quando associados ao carbonato esse íon é fortemente influenciado pelo pH das águas. Esses minerais, comuns em rochas sedimentares, intemperizam em contato com soluções ácidas, tipicamente ácido

carbônico (H_2CO_3) derivado da dissolução do CO atmosférico na chuva, disponibilizando o Ca (Salminen et al., 2005).

A Tabela 3.4.1.25.1.1(1) mostra a variação da concentração de cálcio total (Ca -total) no período de 2017 a 2021 nos três pontos de amostragem (Ribeirão do Bagres: P1 e P2 e Rio Canoas: P3). As menores concentrações de Ca -total no Ribeirão do Bagres foi 8 mg L^{-1} (P1 em 06/2021) e no Rio Canoas $4,06 \text{ mg L}^{-1}$ (02/2019). O P2 sempre apresentou as maiores concentrações de Ca -total, independente, da época de cheia (média: $13,77 \pm 1,76 \text{ mg L}^{-1}$) ou seca ($12,27 \pm 1,09 \text{ mg L}^{-1}$). Na época de elevadas precipitações observaram-se as maiores concentrações de Ca -total, independente do ponto de amostragem. Em relação ao perfil longitudinal no Ribeirão dos Bagres, houve um aumento de Ca -total do P1-P2 (Figura 3.4.1.25.1.1(1)). O P2 na cheia teve as concentrações de Ca -total distintas de P3 (cheia: $p < 0,001$), P1 (seca: $p < 0,05$) e P3 (seca: $p < 0,001$). O P2 na seca foi diferente de P3 na seca ($p < 0,01$) e na cheia ($p < 0,01$). Não há valor de referência de qualidade para o Ca -total na Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

O cálcio geralmente tem alta mobilidade ocorrendo na água como íons Ca^{2+} . As concentrações geralmente aumentam com a ordem de um ambiente lótico, como resultado do aumento do tempo de contato entre água e solo ou rocha (Salminen et al., 2005). O Ca não representa um fator limitante aos processos metabólicos aquáticos, sendo utilizado como micronutrientes para o crescimento de plantas superiores e procariontes. Em particular, moluscos, sanguessugas e planárias podem ser classificados como espécies presentes em águas duras, i.e. $\geq 20 \text{ mg Ca L}^{-1}$ (Wetzel, 2001). As concentrações de cálcio tendem a se correlacionar com pH, condutividade e bicarbonato.

Não há referência na legislação sobre teores máximos desse elemento. Em relação ao Ca , os processos que ocorrem nos ambientes aquáticos são: (i) adução nos ambientes aquáticos por erosão/transporte de carbonatos de cálcio alóctones ou Ca^{2+} em solução; (ii) produção de esqueletos calcários, partes estruturais ou detritos liberados por organismos; (iii) precipitação e sedimentação de minerais carbonatados e (iv) reações diagenéticas (Kelts e Hsü, 1978). Nesse contexto, nota-se a importância do Ca no metabolismo nos ecossistemas aquáticos, assim como sua importância para a biota.

Tabela 3.4.1.25.1.1(1). Variações do cálcio total (Ca-total) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	Cálcio total	Cálcio total		Cálcio total
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹
16/02/2017	8,81	13,20	2017	in
18/04/2017	9,08	13,90	2017	in
20/06/2017	11,10	14,10	2017	in
15/08/2017	10,80	12,50	2017	in
24/10/2017	10,50	14,40	2017	in
06/12/2017	11,10	16,50	2017	in
15/02/2018	10,30	14,50	20/02/2018	5,29
17/04/2018	8,70	12,00	17/04/2018	nd
12/06/2018	10,60	12,00	14/06/2018	4,62
14/08/2018	8,17	11,40	15/08/2018	5,14
23/10/2018	15,40	10,60	25/10/2018	nd
06/12/2018	11,00	15,00	10/12/2018	5,00
14/02/2019	10,40	11,40	13/02/2019	4,06
25/04/2019	9,55	12,40	24/04/2019	nd
12/06/2019	8,59	10,40	13/06/2019	4,73
15/08/2019	9,46	12,00	14/08/2019	4,65
24/10/2019	10,20	14,60	23/10/2019	nd
10/12/2019	10,20	14,20	10/12/2019	5,75
12/02/2020	11,50	12,10	13/02/2020	5,01

16/06/2021	8,00	12,00	17/06/2021	5,00
06/10/2021	12,00	15,00	07/10/2021	5,00

nd = não determinado; in = inexistente

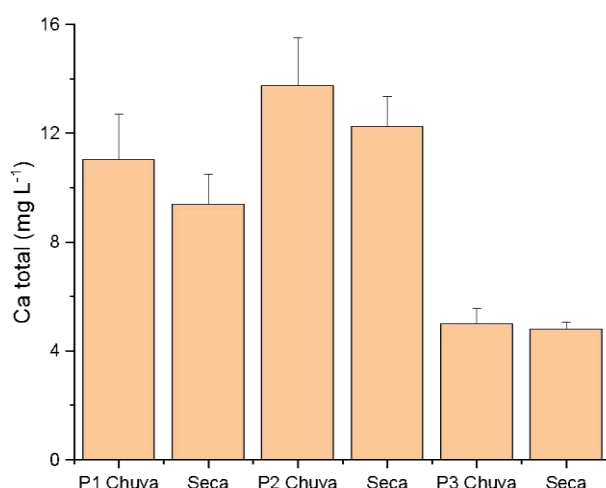


Figura 333.4.1.25.1.1(1). Variações das concentrações médias de cálcio total (Ca-total) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

3.4.1.26.2. Magnésio Total (Metal alcalino terroso)

O magnésio é o oitavo elemento natural mais abundante. Compõe 2,5% da crosta terrestre e é comumente encontrado em minerais como magnesita, dolomita, olivina, serpentina, talco e amianto. Está presente em todas as águas naturais e é um dos principais contribuintes para a dureza da água. Rochas ígneas, minerais ferromagnésicos e carbonatos de magnésio em rochas sedimentares são geralmente consideradas as principais fontes de magnésio em águas naturais. A água de áreas ricas em rochas contendo magnésio pode conter concentrações desse elemento de 10 a 50 mg L⁻¹. Os sulfatos e cloretos de magnésio são muito solúveis, e a água em contato com tais depósitos pode elevar as concentrações de Mg (Heath Canada, 1978a). O Mg também é originado do intemperismo das rochas, em particular dos minerais Mg-silicatos e dolomita (Allan e Castillo, 2007). O Mg é requerimento

obrigatório para a produção de clorofila e como micronutriente do metabolismo de algas, fungos e bactérias. Em comparação com o Ca, os compostos de magnésio são mais solúveis, como resultado precipitados de Mg são raramente encontrados nos ambientes de águas doces (Wetzel, 2001). O Ca, juntamente com o Mg, modulam a dureza das águas (Allan e Castillo, 2007).

A Tabela 3.4.1.25.1.2(1) elenca a variação da concentração de magnésio total (Mg-total) no período de 2017 a 2021 nos três pontos de amostragem (P1, P2 e P3). As concentrações de Mg-total variaram de 1,27 mg L⁻¹ (04/2017) a 4,00 mg L⁻¹ (12/2018). O Mg-total mostrou o mesmo padrão de distribuição que o Ca-total, sendo maior na época de cheia para todos os pontos amostrais. Observou-se um aumento de P1-P2 ao considerarmos o gradiente longitudinal do Ribeirão dos Bagres (Figura 3.4.1.25.1.2(1)). O P2 sempre apresentou as maiores concentrações de Mg-total, independente, da época de cheia (média: 2,76 ± 0,53 mg L⁻¹) ou seca (2,60 ± 0,21 mg L⁻¹). O P1 na cheia teve as concentrações de Mg-total distintas de P2 (cheia: $p < 0,001$) e P2 (seca: $p < 0,01$). O P1 na seca foi diferente de P2 na seca ($p < 0,001$) e P2 na cheia ($p < 0,001$). Não há valor de referência de qualidade para a Mg-total na Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

Raramente atinge concentrações de 1,0 mg L⁻¹ em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg L⁻¹ ou menos. No caso da região de estudo, o Mg-total apresentou concentrações maiores que o usualmente registrado para águas naturais. Desenvolve coloração negra na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação Mn²⁺ (mais solúvel) e Mn⁴⁺ (menos solúvel). O manganês é um elemento essencial para muitos organismos, incluindo o ser humano. A principal exposição humana ao manganês é por consumo de alimentos (CETESB, 2021b). O padrão de aceitação da Portaria GM/MS nº 888 para consumo humano do manganês é 0,1 mg L⁻¹ (Brasil, 2021).

Tabela 3.4.1.25.1.2(1). Variações de manganês total (Mg-total) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	Manganês total	Manganês total		Manganês total
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹
16/02/2017	1,37	2,52	2017	in
18/04/2017	1,27	2,44	2017	in
20/06/2017	1,54	2,48	2017	in
15/08/2017	1,72	2,63	2017	in
24/10/2017	1,51	2,61	2017	in
06/12/2017	1,45	2,70	2017	in
15/02/2018	1,73	2,87	20/02/2018	2,23
17/04/2018	1,40	2,51	17/04/2018	nd
12/06/2018	1,29	2,48	14/06/2018	1,72
14/08/2018	1,58	2,75	15/08/2018	2,06
23/10/2018	2,31	1,92	25/10/2018	nd
06/12/2018	2,00	4,00	10/12/2018	3,00
14/02/2019	1,75	2,54	13/02/2019	1,86
25/04/2019	1,53	2,65	24/04/2019	nd
12/06/2019	1,25	2,27	13/06/2019	1,76
15/08/2019	1,53	2,76	14/08/2019	1,97
24/10/2019	1,59	3,19	23/10/2019	nd
10/12/2019	1,56	2,61	10/12/2019	2,17
12/02/2020	1,79	2,37	13/02/2020	2,32

16/06/2021	2,00	3,00	17/06/2021	2,00
06/10/2021	2,00	3,00	07/10/2021	2,00

nd = não determinado; in = inexistente

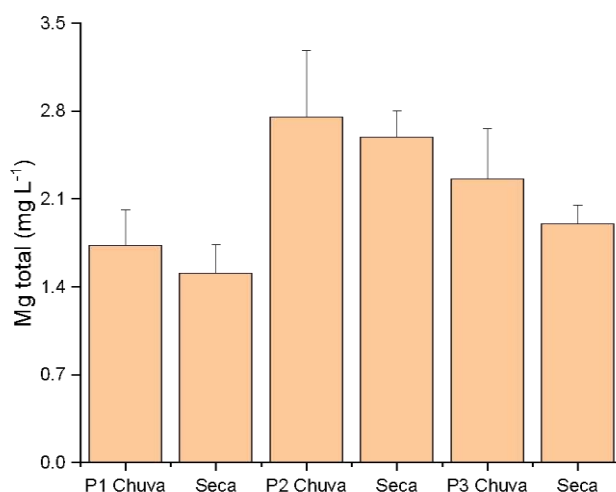


Figura 3.4.1.25.1.2(1). Variações das concentrações médias de magnésio total (Mg-total) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

3.4.1.26.3. Potássio (metal alcalino)

O potássio é um metal alcalino e o sétimo elemento mais comum na Terra (Lewis, 1997). Compreende 2,59% da crosta terrestre, sendo encontrado, principalmente, em silicatos como os feldspatos: KAlSi_3O_8 e micas: muscovita e biotita. É altamente reativo e não ocorre na natureza como um metal livre (Burkhardt e Brüning, 2000). O potássio é usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis. O valor médio de referências para água continentais superficiais é $2,3 \text{ mg L}^{-1}$ (APHA, AWWA e WEF, 1998). O potássio é um dos íons característicos das águas fluviais são: Ca^+ , Mg^{2+} , Na^{2+} , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , SiO_2 (Allan e Castillo, 2007).

As concentrações de K variaram de 1,18 mg L⁻¹ (06/2019) a 5,07 mg L⁻¹ (10/2019; Tabela 3.4.1.25.1.3(1)). As menores concentrações médias foram observadas em P3 (cheia: 1,92 mg L⁻¹ e seca: 1,71 mg L⁻¹) e as maiores em P2 (cheia: 3,78 mg L⁻¹ e seca: 3,84 mg L⁻¹). No gradiente longitudinal do Ribeirão dos Bagres, o K aumentou de P1-P2 (Figura 3.4.1.25.1.3(1)). O P2 na cheia foi diferente de P3 ($p < 0,01$) na seca e na cheia ($p < 0,01$). O P2 na seca diferiu de P3 ($p < 0,001$) na cheia e P1 na seca ($p < 0,05$). Não há valor de referência de qualidade para o K na Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

O potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais, já que rochas que contenham potássio são relativamente resistentes ao intemperismo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes, entrando nas águas doces através das descargas industriais e de áreas agrícolas. As concentrações em águas naturais são usualmente menores que 10 mg L⁻¹. Valores de ca. 100 e 25.000 mg L⁻¹ podem indicar a ocorrência em fontes termais e em águas salobras, respectivamente (Chapman, 1996).

Tabela 3.4.1.25.1.3(1). Variações de potássio (K) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

Campanhas	P1	P2	Campanhas	P3
	BAGR 04 020	BAGR 04 500		KNOA 05 500
	Potássio	Potássio		Potássio
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹		mg L ⁻¹
16/02/2017	3,05	3,39	2017	in
18/04/2017	2,84	3,81	2017	in
20/06/2017	3,34	3,59	2017	in
15/08/2017	3,39	3,69	2017	in
24/10/2017	3,81	4,00	2017	in
06/12/2017	3,32	3,92	2017	in
15/02/2018	3,53	3,83	20/02/2018	1,62
17/04/2018	3,34	3,98	17/04/2018	nd
12/06/2018	3,18	4,13	14/06/2018	1,74
14/08/2018	3,03	3,96	15/08/2018	1,85
23/10/2018	3,28	3,12	25/10/2018	nd

06/12/2018	3,00	3,00	10/12/2018	1,00
14/02/2019	3,11	3,10	13/02/2019	1,90
25/04/2019	3,28	3,93	24/04/2019	nd
12/06/2019	2,75	3,29	13/06/2019	1,18
15/08/2019	3,06	4,00	14/08/2019	1,78
24/10/2019	3,58	5,07	23/10/2019	nd
10/12/2019	3,10	3,93	10/12/2019	1,90
12/02/2020	2,87	3,18	13/02/2020	2,08
16/06/2021	2,00	4,00	17/06/2021	2,00
06/10/2021	4,00	5,00	07/10/2021	3,00

nd = não determinado; in = inexistente

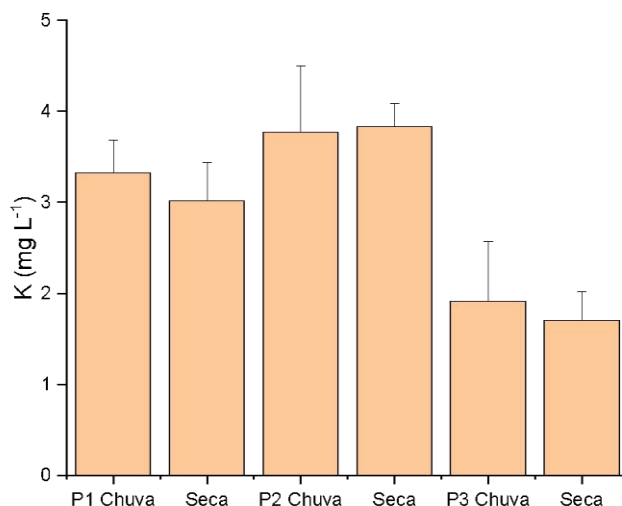


Figura 3.4.1.25.1.3(1). Variações das concentrações médias de potássio (K) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

3.4.1.26.4. Metais com Elevado Potencial Tóxico para a Biota e Potabilidade / Saúde Humana

Os metais Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Hg, Na e Zn são potencialmente tóxicos. A variação temporal desses elementos pode ser observada nas Tabelas 3.4.1.25.2(1

a 3) nos pontos P1, P2 e P3, respectivamente, e também nos Anexo 3.4.1(1) tabelas A.3.4.1(1)(2) a A.3.4.1(1)(7). A distribuição desses metais foi categorizada em: (i) concentrações abaixo de valor de referência pra Classe 2 na legislação CONAMA nº 357 e com concentrações menores que o limite de detecção: As, Cd, Pb, Cr, Hg e Ni; (ii) concentrações abaixo de valor de referência pra Classe 2 na legislação CONAMA nº 357 (Brasil, 2005): Ba e (iii) metais com episódios esporádicos de concentrações acima do limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005): Al dissolvido, Cu dissolvido e Zn (P1); Al dissolvido, Fe dissolvido e Mn (P2) e Al dissolvido, Cu dissolvido, Mn e Zn (P3) e (iv) metais com registro contínuo e concentrações acima do limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005): Fe (P1; P3) e Mn (P1) e (v) metais sem referência na legislação: Na. Apenas os metais com registros contínuos (Ba, Al-total, Na, Fe-total e Fe-dis, Mn e Zn) tiveram suas concentrações submetidas a análise estatística nos pontos amostrais e nos períodos hidrológicos (Tabelas 3.4.1.25.2(1) a 3.4.1.25.2(3)).

Tabela 3.4.1.25.2(1). Variações de metais (Al total, Al dissolvido, As, Ba, Cd, Cu dissolvido, Cu, Cr, Fe dissolvido, Fe total, Hg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn) da água do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

p1	Al-dis	Al total	As	Ba	Cd	Cu-dis	Cu	Cr	Fe-dis	Fe Total	Hg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
BAGR 4020	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹	mgL ⁻¹
Classe 2	<0,1		<0,01	<0,7	<0,001	<0,009		<0,05	<0,3		<0,0002	<0,1		<0,025	<0,01	<0,18
02/2017									0,598			0,112				
04/2017									1,47			0,12				
06/2017	0,243								1,29			0,171				
08/2017	0,115								2,11			0,25				
10/2017						0,0114			1,32			0,177				
12/2017									0,862			0,131				
02/2018						0,014			0,78			0,15				
04/2018									0,43			0,17				
06/2018									0,37			0,2				
08/2018									0,79			0,22				
10/2018	2,63					0,02			2,47			0,42				0,47
12/2018									1			0,1				
02/2019									1,58			0,17				
04/2019						0,01			1,06			0,15				
06/2019									0,57			0,18				
08/2019	0,13								0,87			0,22				
10/2019	0,38					0,01			0,73			0,2				0,21
12/2019									1,35			0,16				
02/2020									1,52			0,1				
06/2021									0,8			0,2				
10/2021	1					0,01			2			0,3				0,5

Tabela 3.4.1.25.2(2). Variações de metais (Al total, Al dissolvido, As, Ba, Cd, Cu dissolvido, Cu, Cr, Fe dissolvido, Fe total, Hg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn) da água do Ribeirão dos Bagres (P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

P2 BAGR 4500	Al dissol.	Al total	As	Ba	Cd	Cu dissol.	Cu	Cr	Fe dissol.	Fe total	Hg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
Classe 2	<0,1		<0,01	<0,7	<0,001	<0,009		<0,05	<0,3		<0,0002	<0,1		<0,025	<0,01	<0,18
02/2017																
04/2017																
06/2017																
08/2017																
10/2017																
12/2017																
02/2018	0,13															
04/2018																
06/2018																
08/2018																
10/2018												0,1				
12/2018												0,1				
02/2019	0,15															
04/2019	0,11								0,31							
06/2019																
08/2019																
10/2019	0,17															
12/2019																
02/2020	0,27								0,32							
06/2021																
10/2021	0,1								0,4							

Tabela 3.4.1.25.2(3). Variações de metais (Al total, Al dissolvido, As, Ba, Cd, Cu dissolvido, Cu, Cr, Fe dissolvido, Fe total, Hg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn) da água do Rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

P3 KNOA 2500	Al dissol. mg L ⁻¹	Al total mg L ⁻¹	As mg L ⁻¹	Ba mg L ⁻¹	Cd mg L ⁻¹	Cu dissol. mg L ⁻¹	Cu mg L ⁻¹	Cr mg L ⁻¹	Fe dissol. mg L ⁻¹	Fe total mg L ⁻¹	Hg mg L ⁻¹	Mn mg L ⁻¹	Na mg L ⁻¹	Ni mg L ⁻¹	Pb mg L ⁻¹	Zn mg L ⁻¹
Classe 2	<0,1		<0,01	<0,7	<0,001	<0,009		<0,05	<0,3		<0,0002	<0,1		<0,025	<0,01	<0,18
02/2017	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in
04/2017	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in
06/2017	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in
08/2017	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in
10/2017	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in
12/2017	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in
02/2018									0,52							
04/2018																
06/2018									0,34							
08/2018									0,35							
10/2018																
12/2018									0,8							
02/2019									0,46							
04/2019																
06/2019									0,33							
08/2019									0,53							
10/2019																
12/2019									0,56							
02/2020	0,15					0,01			0,47			0,12				
06/2021									0,5							
10/2021									0,8							0,2

3.4.1.26.4.1. Alumínio Total e Dissolvido (Classe A)

O alumínio é o elemento mais abundante na litosfera sendo encontrado em minerais como: silimanita: Al_2SiO_5 , corindo: Al_2O_3 e caulinita: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. É superado em abundância apenas pelo oxigênio (45,5%) e silício (25,7%) na crosta terrestre (Salminen et al., 2005). Pode estar presente na água com origens naturais ou antrópicas como os processos industriais de produção de materiais de construção, veículos, aeronaves e eletrônicos, em produtos farmacêuticos e cuidados pessoais, como aditivo alimentar e como materiais de embalagens (Health Canada, 2021).

Foram realizadas 21 coletas durante o monitoramento da água de 2017 a 2021 (Tabelas 3.4.1.25.2(1) a 3.4.1.25.2(3)). No P1 foram registrados 6 episódios (29% das amostragens) de concentrações de alumínio dissolvido (Al-dis) acima do valor estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 (Classes 1 e 2: 0,1 mg L⁻¹ e Classe 3: 0,2 mg L⁻¹; Brasil, 2005): 0,243 mg L⁻¹ (06/2017), 0,115 mg L⁻¹ (08/2017), 2,63 mg L⁻¹ (10/2018), 0,13 mg L⁻¹ (08/2019), 0,38 mg L⁻¹ (10/2019) e 1 mg L⁻¹ (10/2021). No P2, também foram registrados 6 episódios (29% das amostragens) de concentrações acima do valor permitido: 0,13 mg L⁻¹ (02/2018), 0,15 mg L⁻¹ (02/2019), 0,11 mg L⁻¹ (04/2019), 0,17 mg L⁻¹ (10/2019), 0,27 mg L⁻¹ (02/2020) e 0,1 mg L⁻¹ (10/2021). No P3, houve a ocorrência de apenas 1 episódio (5%; 0,15 mg L⁻¹ em 02/2020).

Ao considerarmos o alumínio total (Al-total), não há valor máximo dessa variável na legislação como ocorre para o Al-dis. Contudo, a variação sazonal de Al-total (Figura 3.4.1.25.2.1(1)) foi no P1 de 1,04 mg L⁻¹ (cheia) e 0,88 mg L⁻¹ (seca); em P2, esses valores foram 1,62 mg L⁻¹ (cheia) e 0,30 mg L⁻¹ (seca) e para o P3, 1,79 mg L⁻¹ (cheia) e 0,12 mg L⁻¹ (seca). Somente houve diferença ($p < 0,05$) na concentração de P2 (cheia) em relação a P3 (seca). Em média, no Ribeirão dos Bagres as concentrações de alumínio dissolvido correspondem a 21% do alumínio total e no Rio Canoas, 4%.

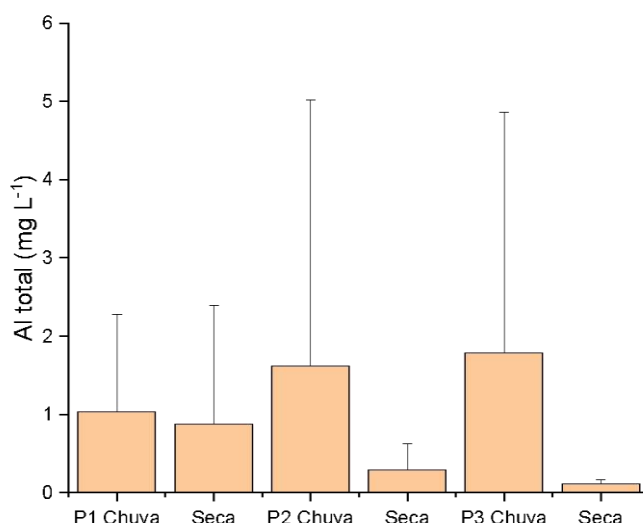


Figura 3.4.1.25.2.1(1). Variações das concentrações médias de alumínio total (Al-total) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Na água, esse metal pode ocorrer em diferentes formas, sendo influenciado, por exemplo, pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos (CETESB, 2021b) e matéria orgânica, como os ácidos fúlvicos e húmicos (Gensemer e Playle, 1999). Como resultado da complexação orgânica, particularmente por quelação, uma proporção significativa de Al na água de ambientes lóticos é normalmente transportada em formas coloidais ou particuladas. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. Entretanto, em pH < 5,5 sua solubilidade aumenta. A especiação do Al depende tanto do pH quanto da presença e natureza dos ligantes complexantes. Na ausência de concentrações significativas de ligantes complexantes, a forma dominante de Al dissolvido em pH < 4,5 é Al^{3+} . Acima de pH 4,5, as formas hidrolisadas $Al(OH)_2^+$ e $Al(OH)_2^{2+}$ predominam (Salminen et al., 2005). As concentrações de alumínio dissolvido em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg L⁻¹, mas aumentam significativamente (até 3 ordem de grandezas) em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica (CETESB, 2021b). As variáveis que se relacionam com o Al são o pH e as concentrações de carbono orgânico.

3.4.1.26.4.2. Arsênio Total (metaloide)

O As é um constituinte natural da crosta terrestre e ocupa o 20º lugar em abundância em relação aos demais elementos, sendo encontrado em aproximadamente 320 formas minerais nas rochas. O arsênico pode entrar em ambientes terrestres e aquáticos por meio de processos geológicos naturais e atividades antropogênicas (Flora, 2015). O arsênico pode ser encontrado tanto em fontes de águas superficiais quanto subterrâneas, com níveis geralmente mais altos em águas subterrâneas (Health Canada, 2006b). O arsênio pertence ao mesmo grupo do fósforo e pode comportar-se como este elemento, embora apresente maior tendência para formar ligações iônicas, em vez de covalentes, devido ao seu maior caráter metálico. Em ambientes lóticos, o valor médio do As é menor que 2 mg L^{-1} (APHA, AWWA e WEF, 1998). As concentrações em águas naturais geralmente variam entre 1 e $2 \mu\text{g L}^{-1}$, embora as concentrações possam ser elevadas (até 12 mg L^{-1}) em áreas com depósitos desse elemento (Utsumi e Tsuchiya, 2010).

Durante o período de 2017 a 2021, todas as datas de coleta e pontos amostrais apresentaram concentrações de As $< 0,001 \text{ mg L}^{-1}$, valor abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA nº 357 para essa variável (Classes 1 e 2: $< 0,01 \text{ mg L}^{-1}$ e Classe 3: $0,033 \text{ mg L}^{-1}$; Brasil, 2005).

Com base nas condições redox e no pH do meio, o arsênio pode existir em todos os estados de oxidação possíveis +5, +3, 0 e -3, entre os quais As(III) e As(V) são os mais dominantes em sistemas aquáticos. O potencial redox e o pH são os fatores mais importantes que controlam a especiação de arsênio em sistemas aquosos. Sob condições oxidantes e pH baixo ($< 6,9$), o arsênio existe como As(V) e H_2AsO_4^- predominam, enquanto em pH mais alto devido à ionização de mais um próton, HAsO_4^{2-} existe predominantemente. Em condições redutoras e pH $< 9,2$, predomina o ácido arsenioso: H_3AsO_3 (Flora, 2015).

As fontes do As podem ser: (i) naturais: contidos em minerais, solos e sedimentos formados a partir dessas rochas que contém o arsênio, além de fontes geotermiais e processos vulcânicos e (ii) antrópicas: compostos utilizados para preservação de madeira, na agricultura como herbicidas e pesticidas, rejeitos da mineração e das atividades de refino, incineração de resíduos e da queima de carvão (Health Canada, 2006b; Flora, 2015). Sua

toxicidade depende muito de sua forma química e de seu estado de oxidação. A toxicidade das diversas espécies de arsênio decresce dos compostos de As(III) inorgânicos, compostos As(V) inorgânico, composto As(III) orgânico e composto As(V) orgânico (Andrade e Rocha, 2016). A diretriz para o As na água potável é estabelecida em concentração máxima aceitável de 0,010 mg L⁻¹ (Health Canada, 2006b; Brasil, 2021; WHO, 2022).

3.4.1.26.4.3. Bário Total (Metal alcalino terroso)

O bário é amplamente distribuído pela crosta terrestre (0,04%) com variação em sua concentração de 10 e 425 mg kg⁻¹, esse elemento ocupa o 16º lugar em abundância entre os elementos não gasosos. Em ambientes aquáticos, o bário normalmente existe na forma de Ba²⁺ (Health Canada, 2020a). Os compostos de bário estão presentes na natureza como depósitos minerais e em rochas ígneas e sedimentares. O bário na água vem principalmente de fontes naturais, embora o bário também entre no meio ambiente a partir de emissões industriais e usos antropogênicos (WHO, 2022). Os compostos de bário são usados pelas indústrias de petróleo e gás, para produção de tinta, tijolos, cerâmica, vidro e borracha (ATSDR, 2007). O Ba²⁺ e os compostos hidrossolúveis de bário, principalmente cloreto, nitrato e hidróxido, são tóxicos para humanos e animais (Health Canada, 2020a). Considerando os padrões de potabilidade para o bário, a Portaria GM/MS nº 888 estabelece o valor de 0,7 mg L⁻¹ (Brasil, 2021). As concentrações na água potável são geralmente inferiores a 100 µg L⁻¹, embora concentrações acima de 1 mg L⁻¹ tenham sido determinadas em águas subterrâneas (Utsumi e Tsuchiya, 2010).

As concentrações de Ba sempre apresentaram concentrações abaixo do valor de referência para Classe 2 na legislação CONAMA nº 357 (Ba < 0,7 mg L⁻¹ para as Classes 1 e 2 e 1,0 mg L⁻¹ para a Classe 3; Brasil, 2005). Em relação às concentrações médias de Ba, o P2 apresentou as maiores concentrações tanto na cheia quanto na seca (0,10 ± 0,01 mg L⁻¹). No P1 as concentrações de Ba foram 0,09 ± 0,04 mg L⁻¹ (cheia) e 0,08 ± 0,02 mg L⁻¹ (seca). As menores concentrações de Ba foram encontradas em P3: 0,06 ± 0,01 mg L⁻¹ (cheia) e 0,04 ± 0 mg L⁻¹ (seca). Não houve diferenças significativas (p > 0,05) entre os pontos de amostragem e os períodos hidrológicos para o Ba.

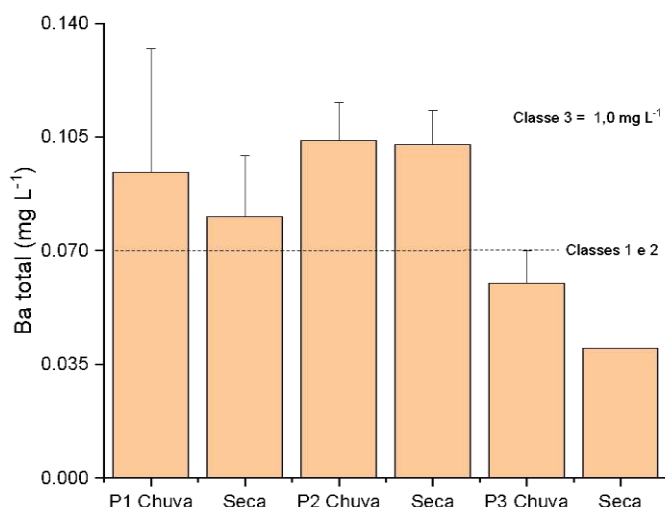


Figura 3.4.1.25.2.3(1). Variações das concentrações médias de bário total (Ba-total) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

3.4.1.26.4.4. Cádmio Total (Classe B)

A maioria dos solos e rochas, incluindo carvão e fertilizantes minerais, contém o Cd. Incêndios florestais e vulcões também liberam algum cádmio na atmosfera (CDC, 2017a). O cádmio apresenta estado de oxidação de 2+ em seus compostos. É frequentemente associado a minérios de Pb, Cu e Zn e ocorre em vários sais diferentes, muitos dos quais são solúveis em água, como o cloreto de cádmio e sulfato de cádmio. A abundância média na crosta de Cd é baixa, entre 0,1 e 0,2 mg kg⁻¹. As concentrações de cádmio na água do rio são tipicamente < 0,5 µg L⁻¹ (Salminen et al., 2005; CETESB, 2021b).

Nos ambientes aquáticos o cádmio (Cd) é encontrado nos sedimentos e em partículas em suspensão, sendo os valores naturais desse elemento na água superficial de 1 µg L⁻¹, as águas subterrâneas apresentam variação de 1 a 10 µg L⁻¹ (APHA, AWWA e WEF, 1998). A ação do cádmio sobre a fisiologia dos peixes é semelhante às do níquel, zinco e chumbo. Geralmente está presente em águas doces em concentrações inferiores a 1,0 µg L⁻¹

(CONAMA 357/05). É um metal com elevado potencial tóxico e acumula-se em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar (CETESB, 2021b). Durante o período de 2017 a 2021, todas as datas de coleta e pontos amostrais apresentaram concentrações de Cd < 0,001 mg L⁻¹, valor abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA nº 357 para essa variável (Classes 1 e 2: < 0,001 mg L⁻¹ e Classe 3: 0,01 mg L⁻¹; Brasil, 2005).

A água potável apresenta baixas concentrações, geralmente entre 0,01 e 1 µg L⁻¹ (CETESB, 2021b). Ressalta-se que as concentrações de cádmio na água potável podem variar muito dependendo das formações geológicas e dos fatores ambientais que afetam a mobilidade do cádmio (Health Canada, 2020b). O padrão de potabilidade fixado pela Portaria GM/MS nº 888 é de 0,003 mg L⁻¹ (Brasil, 2021).

O cádmio pode ser liberado na água por processos naturais de intemperismo, descarga de instalações industriais ou estações de tratamento de esgoto, deposição atmosférica, lixiviação de aterros. O cádmio que entra na água de fontes industriais é adsorvido em material particulado e se deposita. Várias formas de cádmio podem ser encontradas na água, incluindo complexos metálicos inorgânicos e orgânicos (Health Canada, 2020b).

3.4.1.26.4.5. Chumbo Total (Classes B e transição)

O chumbo é comumente encontrado no ambiente, tanto naturalmente quanto como resultado das atividades humanas. Pb²⁺ e, em menor grau, Pb⁴⁺ são as formas dominantes de chumbo encontradas ambientalmente (Health Canada, 2019a). Para a dissolução do Pb, condições ácidas (< 6) do meio aquoso devem ser predominantes; o Pb forma complexos com ânions orgânicos e hidróxidos (Salminen et al., 2005). O chumbo que entra em sistemas aquáticos por deposição atmosférica é depositado na forma particulada nos sedimentos em associação com óxidos de ferro e manganês ou precipitado da solução com carbonato, ou com sulfureto (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999a).

Durante o período de 2017 a 2021, todas as datas de coleta e pontos amostrais apresentaram concentrações de Pb < 0,001 mg L⁻¹, valor abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA nº 357 para essa variável (Classes 1 e 2: < 0,01 mg L⁻¹ e Classe 3:

0,033 mg L⁻¹; Brasil, 2005). O padrão de potabilidade para o chumbo estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888 é de 0,01 mg L⁻¹ (Brasil, 2021).

Considerando a ictiofauna, as doses fatais de Pb, no geral, variam de 0,1 a 0,4 mg L⁻¹, embora, em condições experimentais, alguns peixes resistam até 10 mg L⁻¹ (CETESB, 2021b). Outros organismos (moluscos, crustáceos, quironomídeos e simuliídeos, oligoquetas e tricópteros), desaparecem após a morte dos peixes, em concentrações de Pb superiores a 0,3 mg L⁻¹ (CETESB, 2004). A ação do Pb sobre os peixes é semelhante à do níquel e do zinco. A toxicidade aguda do chumbo para várias espécies de animais de água doce diminui à medida que a dureza da água aumenta (Burton Jr. e Pitt, 2001).

3.4.1.26.4.6. Cobre Total e Dissolvido (Classes B e transição)

O cobre ocorre naturalmente na crosta terrestre, seja em depósitos minerais ou, menos frequentemente, como metal. O cobre pode entrar em fontes de água a partir de processos naturais, como intemperismo do solo e atividades humanas, como agricultura, mineração e manufatura. O cobre é um elemento essencial nos seres humanos. (Health Canada, 2019b). Em geral, o cobre ocorre nas águas naturais em concentrações variando de 4 a 12 µg L⁻¹ (APHA, AWWA e WEF, 1998).

Assim como para o Al-dis, o Cu-dis em P1 apresentou 6 episódios (29% das amostragens) de concentrações mais elevadas que as preconizadas na legislação CONAMA nº 357 (Classes 1 e 2: < 0,009 mg L⁻¹ e Classe 3: 0,013 mg L⁻¹; Brasil, 2005); em P3, apenas houve 1 episódio (5% das amostragens). As concentrações foram maiores que o máximo permitido (< 0,009 mg L⁻¹) no P1 em 10/2017 (0,0114 mg L⁻¹), 02/2018 (0,014 mg L⁻¹), 10/2018 (0,02 mg L⁻¹), 04/2019 (0,01 mg L⁻¹), 10/2019 (0,01 mg L⁻¹) e 10/2021 (0,01 mg L⁻¹). No P3 a única data de concentrações mais elevadas foi em 02/2020 (0,01 mg L⁻¹).

Em relação ao Cu-total, 13 coletas de amostras de água (62% das amostragens) no P1 apresentaram concentrações < 0,005 mg L⁻¹, sendo que as campanhas que tiveram suas concentrações mensuradas acima do limite de detecção do método utilizaram variaram de 0,005 mg L⁻¹ (06/2019) a 0,03 mg L⁻¹ (10/2018 e 10/2019). Em P2 (71% das amostragens)

apresentaram concentrações menores que o limite de detecção do método. As variações das concentrações de Cu-total em P2 foram de 0,0075 mg L⁻¹ (10/2017) a 0,012 mg L⁻¹ (02/2019). No P3, apenas uma data de coleta apresentou concentrações acima do limite de detecção (0,02 mg L⁻¹ em 02/2020).

Quando em concentrações elevadas é prejudicial à saúde humana, conferindo sabor às águas; concentração de 5 mg L⁻¹ torna a água absolutamente impalatável, devido ao gosto produzido. Peixes como trutas, carpas e bagres morrem em dosagens de 0,5 mg L⁻¹. Os microrganismos perecem em concentrações superiores a 1,0 mg L⁻¹ (CETESB, 2021b). Testes de toxicidade foram realizados em cobre com uma ampla variedade de plantas de água doce e as sensibilidades são semelhantes às dos animais. A proteção das espécies animais, no entanto, parece oferecer proteção adequada às plantas. O cobre não parece ter elevado potencial de bioacumulação em espécies aquáticas de água doce (Burton Jr. e Pitt, 2001).

O critério de qualidade da água dos Estados Unidos indica a concentração de 1,3 µg L⁻¹ de cobre como máxima permissível para águas de consumo humano (EPA, 2002). O valor de referência para as concentrações de Cu em águas é 0,009 mg L⁻¹ (CONAMA 357/05).

3.4.1.26.4.7. Cromo Total (Transição)

O cromo é amplamente distribuído na crosta terrestre. Pode existir em valências de +2 a +6 (Utsumi e Tsuchiya, 2010). Segundo APHA, AWWA e WEF (1998), a média de cromo (Cr) na crosta terrestre é 122 mg kg⁻¹, nos solos esse elemento apresenta uma variação de 11 a 22 mg kg⁻¹, nos ambientes lóticos 1 µg L⁻¹ e água subterrâneas 100 µg L⁻¹. O Cr também apresenta fontes atmosféricas naturais (emissões vulcânicas, incêndios florestais, detritos vegetativos) e fontes antropogênicas, geralmente industriais, e.g. cromagem e refinamento do minério de cromita, produção de cimento (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999b). As concentrações totais de cromo na água potável são geralmente inferiores a 2 µg L⁻¹, embora tenham sido relatadas concentrações elevadas de até 120 µg L⁻¹ em regiões com elevadas concentrações geológicas. Os compostos de cromo (VI) são ativos em uma ampla gama de testes de genotoxicidade (tanto in vitro quanto in vivo), diferentemente dos compostos de Cr³⁺ (Utsumi e Tsuchiya, 2010). A dureza tem uma

influência significativa na toxicidade, sendo o Cr^{3+} mais tóxico em água branda (Burton Jr. e Pitt, 2001).

Durante o período de 2017 a 2021, todas as datas de coleta e pontos amostrais apresentaram concentrações de $\text{Cr} < 0,03 \text{ mg L}^{-1}$, valor abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA nº 357 para essa variável (Classes 1, 2 e 3: $< 0,05 \text{ mg L}^{-1}$; Brasil, 2005).

3.4.1.26.4.8. Ferro Total e Dissolvido (Transição)

O ferro é o quarto elemento mais abundante na crosta terrestre e o metal pesado mais abundante; está presente no ambiente principalmente como Fe(II) ou Fe(III) . Os minérios de ferro comerciais mais importantes são: magnetita, siderita, limonita e hematita (Health Canada, 1978). O ferro, assim como o manganês, ocorre naturalmente na crosta terrestre, sendo liberados na água por processos de intemperismo. As concentrações nas águas subterrâneas variam muito, dependendo da geologia local e da química das águas subterrâneas (NHDES, 2021).

As maiores concentrações de Fe-total foram encontradas em P3 ($7,91 \text{ mg L}^{-1}$ em 02/2020), seguidas de P1 ($5,54 \text{ mg L}^{-1}$ em 04/2019) e P2 ($14,24 \text{ mg L}^{-1}$ em 02/2020; Anexo 3.4.1(1) tabelas 3.4.1(1)(3 e 5).

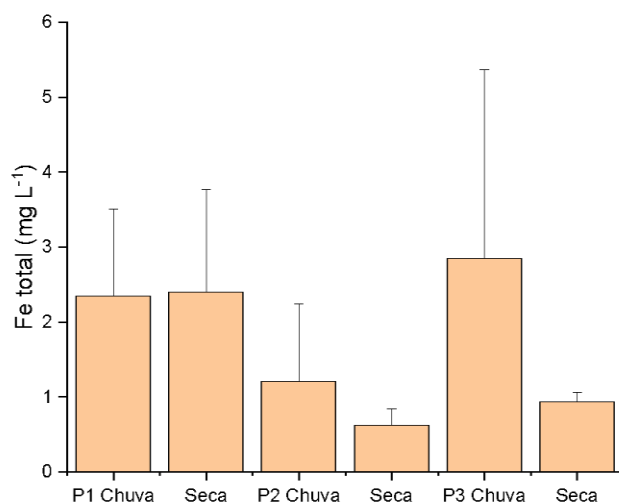


Figura 3.4.1.25.2.8(1). Variações das concentrações médias de ferro total (Fe-total) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Observou-se uma diminuição das concentrações de Fe-total no gradiente longitudinal de P1-P2 tanto na cheia quanto na seca (Figura 3.4.1.25.2.8(1)). Não há concentração máxima permitida para o Fe-total na Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005). As variações de Fe-total foram 2,36 mg L⁻¹ na cheia e 2,41 mg L⁻¹ na seca para o P1, de 1,21 mg L⁻¹ (cheia) e 0,63 mg L⁻¹ (seca) para P2. O maior valor médio de Fe-total foi observado em P3 na cheia (2,85 mg L⁻¹). O P2 na seca foi na cheia distinto de P1 ($p < 0,001$), P3 na cheia ($p < 0,01$), P1 na seca ($p < 0,01$).

As concentrações de ferro dissolvido (Fe-dis) estiveram em 100% das amostragens mais elevados que o preconizado pela legislação (CONAMA nº 357; $< 0,3$ mg L⁻¹ para Classes 1 e 2 e 5,0 mg L⁻¹ para Classe 3) para o P1 e P3 (Figura 3.4.1.25.2.8(2); Tabelas 3.4.1.25.2(1) a 3.4.1.25.2(3)). As concentrações do Fe-dis foi $1,29 \pm 0,58$ mg L⁻¹ (na cheia) e $0,98 \pm 0,53$ mg L⁻¹ (na seca) no P1. Em P2 foi $0,22 \pm 0,09$ mg L⁻¹ (na cheia) e $0,20 \pm 0,07$ mg L⁻¹ (na seca). O P3 foi $0,60 \pm 0,16$ mg L⁻¹ (na cheia) e $0,41 \pm 0,10$ mg L⁻¹ (na seca). O P1 na cheia foi diferente de P2 na cheia ($p < 0,001$) e P3 na seca ($p < 0,001$). O P1 na seca foi

distinto de P2 na cheia ($p < 0,001$) e P3 na seca ($p < 0,001$). Em média, no Ribeirão dos Bagres as concentrações de ferro dissolvido correspondem a 43% das concentrações de ferro total e no Rio Canoas a 24%.

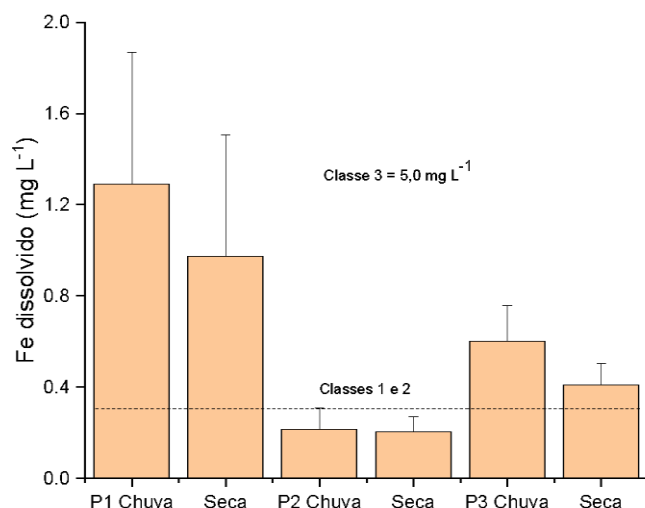


Figura 3.4.1.25.2.8(2). Variações das concentrações médias de ferro dissolvido (Fe-dis) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

O carbonato ferroso é solúvel e frequentemente encontrado em águas subterrâneas contendo elevados níveis de concentração de ferro. Nas águas superficiais, as concentrações de ferro aumentam nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Essa situação foi evidente para o Fe-dis em P1 e P3 (Figura 3.4.1.25.2.8(1)) e P2 e P3 para o Fe-total (Figura 3.4.1.25.2.8(2)). Também poderá ser importante a contribuição devida a efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (i.e., ferrugem) das peças (CETESB, 2021b). A concentração máxima do Fe para a potabilidade das águas é 0,3 mg L⁻¹ (Portaria GM/MS nº 888, Brasil, 2021); entretanto, segundo APHA, AWWA e WEF (1998), concentração média de 0,7 mg L⁻¹ de Fe é comum para águas

naturais. Para efeitos estéticos a concentração do ferro na água potável deve ser $\leq 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ (Health Canada, 1978b).

3.4.1.26.4.9. Manganês Total (Transição)

O manganês compreende aproximadamente 0,085% a 0,95% da crosta terrestre a uma concentração média de 950 mg kg^{-1} . Os principais minérios de manganês incluem: pirolusita (MnO_2), manganita ($\text{Mn}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$), hausmanita (Mn_3O_4) e rodocrosita (MnCO_3). Minerais ferromanganês como biotita mica ($\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$) e anfibólio ($(\text{Mg,Fe})\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) também contêm grandes quantidades de manganês. O manganês em rochas e minerais é naturalmente liberado no meio ambiente pelo intemperismo (British Columbia, 2001). O manganês ocorre naturalmente no meio ambiente e é amplamente distribuído no ar, na água e no solo. O manganês é um dos metais mais abundantes na crosta terrestre, geralmente ocorrendo com o ferro. Não é encontrado na forma elementar no meio ambiente, mas pode existir em vários estados de oxidação (Health Canada, 2019c). Os estados oxidativos mais importantes para as interações ambiente-biota são Mn^{2+} , Mn^{4+} e Mn^{7+} . O manganês ocorre naturalmente em muitas fontes de águas superficiais e subterrâneas, particularmente em condições anaeróbicas ou de baixa oxidação, e esta é a fonte mais importante de água potável (Utsumi e Tsuchiya, 2010). O Mn pode ser encontrado nas águas superficiais com concentração de até $7 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ (APHA, AWWA e WEF, 1998), sendo permitida sua presença em águas de abastecimento em até $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ (Portaria GM/MS nº 888; Brasil, 2021). O manganês está associado aos minerais de ferro, podendo ocorrer em nódulos tanto nos oceanos, quanto nas águas continentais e solos (APHA, AWWA e WEF, 1998).

O manganês total (Mn-total) apresentou valores acima do permitido pela legislação CONAMA nº 357 ($< 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ para Classes 1 e 2 e $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ para Classe 3) mg L^{-1} no P1 em 100% das amostragens, no P2 apresentou apenas 2 episódios (9% das amostragens): $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ em 10/2018 e 12/2018). Em P3, houve um registro de 02/2020 ($0,12 \text{ mg L}^{-1}$) que representou 5% das amostragens. As maiores concentrações de Mn foram observadas em P1 tanto na cheia ($0,19 \pm 0,04 \text{ mg L}^{-1}$) quanto na seca ($0,07 \pm 0,02 \text{ mg L}^{-1}$): Figura

3.4.1.25.2.9(1)). Houve uma diminuição para essa variável no gradiente longitudinal de P1-P2 (Ribeirão dos Bagres).

O P1 na cheia foi significativamente diferente de P2 na cheia ($p < 0,05$), P2 na seca ($p < 0,001$) e P3 na seca ($p < 0,05$). O P1 na seca foi distinto de P2 na cheia ($p < 0,01$), P2 (seca: $p < 0,01$) e P3 (seca: $p < 0,001$).

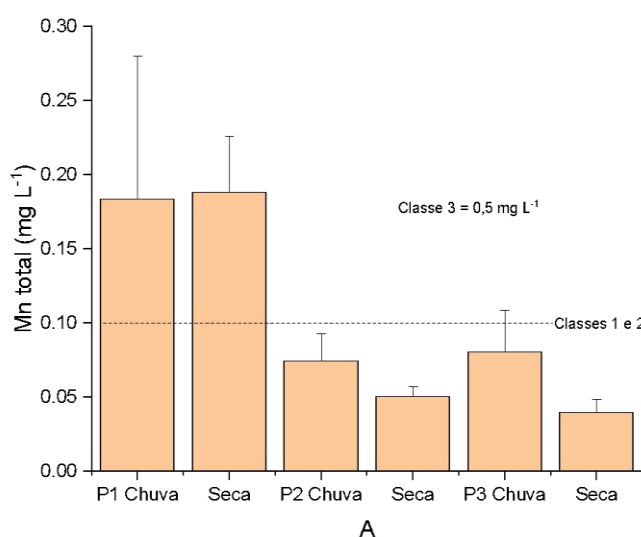


Figura 3.4.1.25.2.9(1). Variações das concentrações médias de manganês total (Mn-total) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021. As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

O manganês pode estar presente nos ambientes aquáticos a partir de fontes naturais (intemperismo de rochas e solos) ou como resultado de atividades humanas (como mineração, descartes industriais e lixiviação de aterros (Health Canada, 2019c). Segundo Matamet e Bonotto (2013) vários curtumes estão instalados em Franca para o beneficiamento do couro, causando a poluição dos solos e corpos de água (e.g., Ribeirão dos Bagres). A presença de Mn em P1, pode estar relacionada à composição pedológica. Solos de Cerrado, geralmente são distróficos e ácidos (pH entre 4 e 5) e apresentam Al, Fe e Mn (Sano et al. 2008). Uma compilação de solos de cerrado no Brasil, mostram que as

maiores concentrações de metais são em ordem descendente: Fe, Mn e Al (Fageria e Stone, 1999).

O manganês é um elemento essencial para humanos e outros animais e ocorre naturalmente em muitas fontes de alimentos. É utilizado principalmente na fabricação de ligas de ferro e aço, como oxidante para limpeza, branqueamento e desinfecção, como permanganato de potássio, e como ingrediente em diversos produtos, e.g.; fogos de artifício, pilhas secas, fertilizantes, fungicidas e cosméticos e tintas (Utsumi e Tsuchiya, 2010; Health Canada, 2019c).

3.4.1.26.4.10. Mercúrio Total (Classe B)

O mercúrio (Hg) apresenta na crosta abundância média de $0,09 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo que em rios sua concentração é $0,07 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ e nas águas subterrâneas de $0,5$ a $1 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ (APHA, AWWA e WEF, 1998). O mercúrio é um metal encontrado no ar, na água e no solo. Existe em três formas (elementar (ou metálico), compostos inorgânicos e compostos orgânicos de mercúrio) que têm diferentes propriedades, uso e toxicidade. O mercúrio elementar é líquido à temperatura ambiente. É usado em alguns termômetros, amálgamas dentais, lâmpadas fluorescentes, alguns interruptores elétricos, mineração e alguns processos industriais. Ele é liberado no ar quando o carvão e outros combustíveis fósseis são queimados (CDC, 2017b). O mercúrio é um elemento tóxico e não apresenta função fisiológica ao ser humano; foi estabelecida uma concentração máxima aceitável de $0,001 \text{ mg L}^{-1}$ na água potável pela Portaria GM/MS nº 888 (Brasil, 2021). Por sua elevada toxicidade, os padrões de classificação das águas naturais são bastante restritivos com relação a esse elemento.

O mercúrio é emitido para o ambiente por três processos: (i) natural: mercúrio emitido pelos solos, vulcões, intemperismo de rochas e incêndios florestais; (ii) antrópico: emissão pela queima de resíduos urbanos e combustíveis fósseis e (iii) ciclagem: ocorre quando o mercúrio é reciclado bioquimicamente, nesse caso, a fonte original do mercúrio ciclado pode ser natural ou antropogênica (NHDES, 2019).

Durante o período de 2017 a 2021, todas as datas de coleta e pontos amostrais apresentaram concentrações de $\text{Hg} < 0,0002 \text{ mg L}^{-1}$, valor abaixo do preconizado pela

Resolução CONAMA nº 357 para essa variável (Classes 1 e 2 < 0,0002 mg L⁻¹ e Classe 3: 0,002 mg L⁻¹; Brasil, 2005).

3.4.1.26.4.11. Níquel Total (Transição)

As concentrações naturais de Ni na crosta terrestre, nos rios e nas águas subterrâneas são: 1,2 mg kg⁻¹, 1 µg L⁻¹ e < 0,1 mg L⁻¹, respectivamente (APHA, AWWA e WEF, 1998). O níquel é um dos muitos metais traços amplamente distribuídos no ambiente, podendo ser liberado tanto de fontes naturais quanto de atividades antropogênicas, com entrada de fontes estacionárias e móveis. Esse metal encontra-se no ar, água, solo e material biológico. Os teores naturais de Ni são encontrados na poeira dispersa pelo vento, derivada da intemperização de rochas e solos, de emissões vulcânicas, incêndios florestais e vegetação. Também é oriundo da combustão de carvão, diesel e fumaça de cigarros (Cempel e Nikel, 2006).

Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a 0,1 mg L⁻¹. Na água potável, sua concentração do metal normalmente é menor que 0,02 mg L⁻¹ (CETESB, 2021b), embora a liberação de níquel de torneiras e acessórios possa contribuir para a elevação de sua concentração (WHO, 2022).

Durante o período de 2017 a 2021, todas as datas de coleta e pontos amostrais apresentaram concentrações de Ni < 0,01 mg L⁻¹, valor abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA nº 357 para essa variável (Classes 1, 2, e 3: < 0,025 mg L⁻¹; Brasil, 2005).

A maior contribuição antropogênica para o ambiente é a queima de combustíveis, além da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e fabricação de alimentos (CETESB, 2021b). A Portaria GM/MS nº 888 (Brasil, 2021) estabelece um valor máximo permitido de níquel na água potável igual ao da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2022), sendo o valor recomendado de 0,07 mg L⁻¹.

3.4.1.26.4.12. Sódio (metal alcalino)

Todas as águas naturais contêm algum sódio, pois os sais de sódio são altamente solúveis em água e é um dos elementos mais abundantes na Terra. Encontra-se na forma iônica (Na^+) e biomassa vegetal e animal (é um elemento essencial para os organismos vivos). Concentrações aumentadas em águas superficiais podem surgir de esgotos e efluentes industriais. Nas áreas costeiras, a intrusão da água do mar também pode resultar em concentrações mais elevadas. As concentrações de sódio nas águas superficiais naturais variam consideravelmente dependendo das condições geológicas locais, descargas de águas residuais (Chapman, 1996).

A variação das concentrações de sódio (Na) pode ser observada no Anexo 3.4.1(1) Tabela 3.4.1(1)(2). A menor concentração de Na foi observada em 06/2019 (P3: $1,82 \text{ mg L}^{-1}$) e as maiores no P1 ($32,1 \text{ mg L}^{-1}$ em 10/2019).

As concentrações de Na, ao se considerar a sazonalidade, foi: P1 de $17,02 \pm 6,22 \text{ mg L}^{-1}$ (cheia) e $16,78 \pm 2,53 \text{ mg L}^{-1}$ (seca). Em P2, $12,10 \pm 2,94 \text{ mg L}^{-1}$ (cheia) e $12,68 \pm 0,85 \text{ mg L}^{-1}$ (seca) e P3, $2,60 \pm 0,92 \text{ mg L}^{-1}$ (cheia) e $3,36 \pm 1,31 \text{ mg L}^{-1}$ (seca). Em relação ao perfil longitudinal do Ribeirão dos Bagres, houve diminuição de P1-P2. O P3 sempre apresentou os menores valores de Na (Figura 3.4.1.25.2.12(1)). Não há valor de referência para essa variável na legislação CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

Houve diferenças nas concentrações de Na em P1 na cheia em relação a P3 na cheia ($p < 0,001$) e na seca ($p < 0,01$). O P1 na seca foi diferente de P3 na cheia ($p < 0,001$) e na seca ($p < 0,001$).

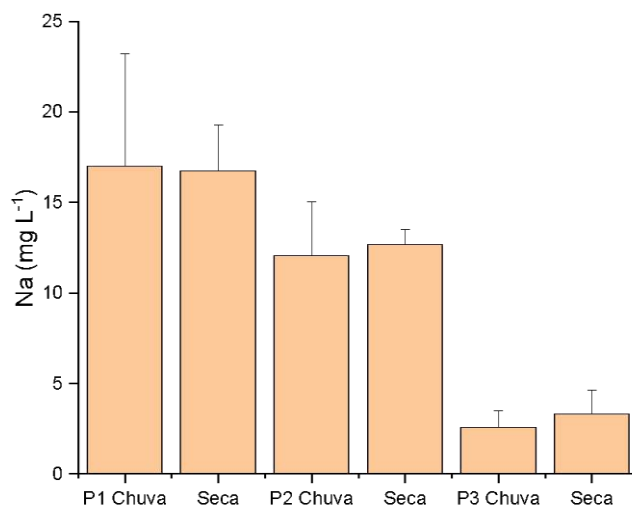


Figura 3.4.1.25.2.12(1). Variações das concentrações médias de sódio (Na) da água em função do período de cheia (i.e., chuvas) e de seca do Ribeirão dos Bagres (P1 - Código do ponto: 1344 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 020; Ponte sob a Av. Hélio Palermo, a 500 metros da nascente - Franca – SP; P2 - Código do ponto: 228 - 0 0 SP 08 310 BAGR 04 500; Ponte no final da Rua Rio Trombetas com a Av. das Seringueiras, próximo ao Residencial Amazonas - Franca – SP) e do rio Canoas (P3 - Código do ponto: 0 0 SP 08 310 KNOA 05 500; captação da SABESP de Franca no rio Canoas, Franca – SP). Período: fevereiro de 2017 a outubro de 2021.

As barras verticais referem-se aos valores do desvio padrão.

Os valores de Na podem variar entre 1 mg L⁻¹ e 10 mg L⁻¹ em águas salobras. Muitas águas superficiais, incluindo aquelas que recebem efluentes, têm níveis bem abaixo de 50 mg L⁻¹. As concentrações nas águas subterrâneas frequentemente excedem 50 mg L⁻¹. Embora a concentração de sódio na água potável geralmente seja menor que 20 mg L⁻¹, esse valor pode ser excedido em alguns países, porém concentração acima de 200 mg L⁻¹ pode conferir à água um gosto não aceitável (CETESB, 2021b).

3.4.1.26.4.13. Zinco Total (Transição)

O zinco é um elemento abundante e constitui ca. 0,004% na crosta terrestre (Health Canada, 1987). O zinco é um elemento metálico e forma vários minerais, como esfalerita: ZnS, smithsonita: ZnCO₃ e zincita: ZnO; mas também é amplamente disperso como um oligoelemento em piroxênio, anfibólio, mica, granada e magnetita (Salminen et al., 2005).

O zinco é um elemento necessário a todas as formas de vida. É amplamente distribuído em plantas, animais e solos, e normalmente está presente em alimentos (EPA, 1992). A

Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) estabeleceu um padrão de qualidade na água para o Zn de 5 mg L^{-1} , com base nas propriedades organolépticas e para controlar a qualidade do sabor e odor indesejáveis da água (Burton Jr. e Pitt, 2001). As concentrações de Zn encontram-se nos Anexo 3.4.1(1) Tabelas 3.4.1(1)(3 e 6).

O zinco total (Zn-total) apresentou 3 episódios (14% das amostragens) em P1 e um (5% das amostragens) em P3 de um total de 21 coletas. As concentrações medidas foram no P1: $0,47 \text{ mg L}^{-1}$ em 10/2018, $0,21 \text{ mg L}^{-1}$ em 10/2019 e $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ em 10/2021. Pela Resolução CONAMA n° 357, o valor máximo permitido para o Zn-total é $< 0,18 \text{ mg L}^{-1}$ (Classes 1 e 2: $< 0,18 \text{ mg L}^{-1}$ e Classe 3: $5,0 \text{ a } 0,18 \text{ mg L}^{-1}$; Brasil, 2005).

No P3, houve 15 campanhas no período de 2018 a 2021, somente 2 amostragens tiveram valores acima do limite de detecção do método, e apenas um acima do valor máximo permitido ($0,2 \text{ mg L}^{-1}$, Tabela 49). Em relação ao Ribeirão dos Bagres, não houve diferença ($p > 0,05$) entre o P1 e P2 em função do período hidrológico.

A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de $10 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ (CETESB, 2021b); em águas subterrâneas a concentração fica em torno de $50 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ (WHO, 2022). O valor máximo permitido de zinco na água potável pela Portaria GM/MS n° 888 é de 5 mg L^{-1} (Brasil, 2021). Em águas continentais com $\text{pH} \leq 8,5$, a forma predominante apresenta valência +2 (Stumm e Morgan, 1996). A água com elevada concentração de zinco tem aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida (CETESB, 2021b).

3.4.1.27. Compilação dos Metais e suas Consequências na Saúde Humana (Potabilidade)

A Tabela 3.4.1.26(1) descreve alguns potenciais efeitos na saúde e na água e as fontes (naturais e antrópicas) de alguns metais/metaloídeos discutidos nesse diagnóstico que usualmente são analisados no monitoramento de águas doces e utilizados como padrão de potabilidade para água de abastecimento.

Tabela 3.4.1.26(1). Descrição dos efeitos potenciais na saúde e na água e as fontes (naturais e antrópicas) de alguns metais/metaloídes usualmente analisados no monitoramento de águas doces e utilizados como padrão de potabilidade para água de abastecimento. Em que: VMP = valor máximo permitido indicado pela Portaria GM/MS nº 888 (Brasil, 2021); 1 = padrão organoléptico de potabilidade e 2 = padrão de potabilidade para substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde.

Elemento (VMP) ¹ ou ²	Efeitos potenciais à saúde e água	Fontes do elemento
Alumínio (0,2 mg L ⁻¹) ¹	(i) Água: confere coloração à água (associado com o uso de floculante no tratamento da água). (ii) Saúde: possível ligação entre a exposição ao Al e aumento do risco de problemas ósseos ou neurológicos.	(i) Natural: intemperismo do solo, rocha e águas subterrâneas. (ii) Antrópica: latas de bebidas, papel alumínio, antiácidos e outros produtos de consumo, misturados com outros metais para formar ligas de alumínio, tubos e torneiras e, adicionados à água potável por abastecimento de água como coagulante.
Arsênico (0,01 mg L ⁻¹) ²	(i) Água: pode ocorrer bioacumulação pela biota. (ii) Saúde: danos na pele ou problemas com os sistemas circulatórios, risco aumentado de desenvolver câncer (pele, fígado, bexiga e pulmão) e incluem danos irreversíveis sistemáticos.	(i) Natural: intemperismo do solo, rocha e águas subterrâneas (por erosão dos depósitos naturais). (ii) Antrópicos: efluentes agrícolas e industriais (produção de vidro e eletrônicos).
Bário (0,7 mg L ⁻¹) ²	(i) Água: pode ocorrer bioacumulação pela biota. (ii) Saúde: aumento da pressão arterial, dor de estômago, alterações ritmo cardíaco, dormência ao redor do rosto, fraqueza muscular ou dificuldade para respirar.	(i) Natural: intemperismo do solo, rocha e águas subterrâneas. (ii) Antrópicos: descarga de resíduos de perfuração e descarga de refinarias de metais.
Cádmio (0,003 mg L ⁻¹) ²	(i) Água: pode ocorrer bioacumulação pela biota. Os cultivos de arroz são particularmente vulneráveis (ii) Saúde: danos renais.	(i) Natural: intemperismo do solo, rocha e águas subterrâneas. (ii) Antrópicos: corrosão de tubos galvanizados, efluentes de refinarias de metal, resíduos de baterias e tintas.

Chumbo (0,01 mg L⁻¹)²	(i) Água: pode ocorrer bioacumulação pela biota. (ii) Saúde: em lactentes e crianças podem causar atrasos no desenvolvimento físico ou mental. Em adultos podem desencadear problemas renais e de pressão alta. Tem comportamento cumulativo provocando saturnismo (envenenamento crônico).	(i) Natural: intemperismo do solo, rocha e águas subterrâneas. (ii) Antrópicos: corrosão de tubos e conexões, as águas subterrâneas se contaminadas com escoamento industrial ou agrícola, pode ser encontrado em tinta, munição de armas, chumbadas de pesca, maquiagens, loções e alimentos.
Cobre (2 mg L⁻¹)²	(i) Água: confere gosto metálico da água e coloração azul-esverdeada. (ii) Saúde: desconforto gastrointestinal em exposição de curto prazo, danos no fígado ou nos rins em exposição de longo prazo. Representa um micronutriente e deve ser ingerido em pequena quantidade.	(i) Natural: intemperismo do solo, rocha e águas subterrâneas. (ii) Antrópicos: corrosão de sistemas de encanamento domésticos, usado como algicida, efluentes de estações de tratamento de esgotos e escoamento agrícola.
Cromo (0,05 mg L⁻¹)²	(i) Água: elevado potencial de absorção pela biota aquática, especialmente, pelos organismos que se alimentam de sedimento. (ii) Saúde: dermatite alérgica. Representa um micronutriente e deve ser ingerido em pequena quantidade.	(i) Natural: intemperismo do solo, rocha e águas subterrâneas. (ii) Antrópicos: Efluentes de indústrias de aço e celulose, corrosão de tubos e conexões e, também, escoamento agrícola.
Ferro (0,3 mg L⁻¹)²	(i) Água: confere coloração de ferrugem (i.e., manchas avermelhadas ou alaranjadas). Forma pequenos flocos na água. Sabor metálico da água. (ii) Saúde: dor de estômago. Representa um micronutriente e deve ser ingerido em pequena quantidade.	(i) Natural: intemperismo do solo, rocha e águas subterrâneas. (ii) Antrópicos: Metal comum em canos e torneiras. Pode ser adicionado à água para abastecimento como coagulante.

Manganês (0,1 mg L ⁻¹) ²	(i) Água: confere coloração preta a marrom. Gosto amargo metálico da água. (ii) Saúde: danos ao sistema nervoso. Representa um micronutriente e deve ser ingerido em pequena quantidade.	(i) Natural: intemperismo do solo, rocha e águas subterrâneas. (ii) Antrópicos: usado na produção de aço.
Mercúrio (0,001 mg L ⁻¹) ²	(i) Água: pode ocorrer bioacumulação pela biota. (ii) Saúde: danos renais, manifestações neurológicas, fraqueza muscular, tremores, insônia e perda de memória.	(i) Natural: ocorre em águas subterrâneas. (ii) Antrópicos: descarga de refinarias e fábricas, escoamento de aterros sanitários e terras agrícolas, emissões industriais ou derramamentos.
Níquel (0,07 mg L ⁻¹) ²	(i) Água: pode ocorrer bioacumulação pela biota. (ii) Saúde: dermatite alérgica. Dor de estômago	(i) Natural: intemperismo do solo, rocha e águas subterrâneas. (ii) Antrópicos: usado na fabricação de produtos de aço inoxidável e ligas, galvanoplastia, mineração e refino de metais, queima de combustíveis, da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição, fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados.
Sódio (200 mg L ⁻¹) ²	(i) Água: pode afetar o sabor da água (salgado) potável em níveis acima do permitido para água potável. (ii) Saúde: Hipertensão.	(i) Natural: intrusão salina, depósitos salinos, borifos de água do mar e água subterrânea. (ii) Antrópicos: lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais.
Zinco (5 mg L ⁻¹) ²	(i) Água: Confere sabor metálico da água. (ii) Saúde: dor de estômago, anemia, danos no pâncreas e alteração dos níveis de colesterol. Representa um micronutriente e deve ser ingerido em pequena quantidade.	(i) Natural: Natural: intemperismo do solo, rocha e águas subterrâneas. (ii) Antrópicos: resíduos de mineração, comum em tubulações de água e torneiras.

(adaptado de: Dozier e McFarland, 2006; Northern Territory Government, 2020; EGGLE, 2021; CETESB, 2021b; EPA, 2022c; Zhuang et al., 2022)

As características organolépticas (coloração, odor, gosto) da água incluem os constituintes da água potável que não têm efeitos diretos ou conhecidos sobre a saúde, mas que, em certas concentrações, podem tornar a água imprópria ou indesejável para consumo. Esses constituintes incluem, por exemplo: cloreto, sulfato, sulfeto, dureza, ferro, manganês, sódio, cor verdadeira e sólidos totais dissolvidos. O maior problema associado a esses constituintes é que diferentes concentrações, ou a combinação de mais de uma variável organoléptica, resulta em diferentes reações por parte do consumidor. Algumas pessoas toleram níveis mais altos que outras, sendo mais difícil estabelecer níveis específicos de aceitabilidade da qualidade da água para consumo (Dickinson-Iron District Health Department, 2019b).

Para que a água possa apresentar características de potabilidade necessárias para que para o consumo humano, padrões bacteriológicos e físico-químicos são regulamentados por normas e/ou padrões definidos em portarias do Ministério da Saúde. A Portaria GM/MS nº 888 regulamenta os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Brasil, 2021).

Os padrões de qualidade para a potabilidade são estabelecidos para contaminantes que, quando consumidos, podem prejudicar a saúde humana. São divididos em três classes: (i) patógenos (padrões bacteriológicos): organismos causadores de doenças, como bactérias, fungos ou vírus; (ii) elementos radioativos (padrões físico-químicos): substâncias que emitem radiação, como rádio, urânio e plutônio e (iii) substâncias tóxicas (padrões físico-químicos): compostos que se em contato com o ser humano, pode causar doenças e até mesmo a morte (Dozier e McFarland, 2006).

As principais variáveis da água potável como pH, temperatura, dureza, alcalinidade, oxigênio dissolvido, nitrato e nitrito, cloretos, flúor, arsênico, chumbo, cádmio, mercúrio, cromo, fósforo, ferro e coliformes fecais apresentam diferentes limites permitidos definidos por agências reguladores em todo o mundo, não havendo uniformidade e consenso entre os valores indicados como padrões (Kumar e Puri, 2012).

Os padrões de qualidade de água, também, podem ser divididos em: (i) primários: seus limites são estabelecidos para proteger a saúde e garantir água de boa qualidade e (ii)

secundários: regulam os contaminantes que causam gosto indesejável, odor, cor, corrosividade, formação de espuma e manchas na água potável. As variáveis organolépticas da água não são consideradas um risco para a saúde humana e são diretrizes para operadores de estações de tratamento de água visando o fornecimento às comunidades com a melhor qualidade possível (Zhuang et al., 2022).

Para se avaliar a corrosão, deve-se considerar o índice de agressividade da água (IA) que considera a dureza e alcalinidade da amostra de água. Esta é uma indicação de quão corrosiva é a água. A corrosão pode ocorrer de diversas formas (e.g., corrosão eletroquímica que pode ser intensificada pela presença de cloro livre) e em diversos tipos de materiais metálicos (Kellner e Oliveira, 2022). Água com alto valor IA (> 12) não é corrosiva; enquanto a água potável com valores de IA < 10 é corrosiva e pode dissolver componentes metálicos de encanamentos e acessórios domésticos, lixiviando metais, como Fe e Cu na água potável (Austin et al., 2016). Algumas variáveis de qualidade da água que podem contribuir para a corrosividade são: pH baixo, baixa alcalinidade ($< 50 \text{ mg L}^{-1}$), dureza (água branda: $< 60 \text{ mg L}^{-1}$) e condições oxigenadas da água, que aumentam a possibilidade de oxidação (Lane, 1993; Aleem et al., 2011).

3.4.1.28. Comparação das Variáveis Limnológicas no Ribeirão dos Bagres (P1 e P2)

Os decréscimos dos valores médios das variáveis entre P1 e P2 indica que houve longitudinalmente (sentido montante jusante) retenção dos elementos (referentes à autodepuração do recurso hídrico); basicamente tais retenções decorrem segundo Allan e Castillo (2007) e Vo et al. (2014) da: (i) sedimentação; (ii) absorção biológica; (iii) reações químicas e (iv) adsorção. Nesses casos, as condições de jusante tendem a serem melhores que as de montante (a exceção das concentrações de oxigênio dissolvido). Houve o predomínio do decréscimo dos valores médios, na época de chuva e na seca, das seguintes variáveis: Al-dis, COD, COT, DBO, Fe-dis, Fe-total, Fluo-total, P-total, Mn-total, Na, TENS, SO_4 -total, Zn-total (Tabela 3.4.1.27(1)). Os decréscimos nas concentrações de COD e COT e da DBO indicam a capacidade elevada de autodepuração desse ambiente, considerando principalmente, a relativa pequena extensão entre os pontos de coleta (Ca. 6,9 km). Os

decréscimos de Al-dis, Fe-dis, P-total, Mn-total, Na, tensoativos, SO₄-total, Zn-total estão, em princípio, principalmente ligados aos processos químicos de (adsorção, coagulação) e físicos (sedimentação) predominantes. Em particular, a sedimentação é mais evidente em ambientes com baixa vazão e, conseqüentemente, baixa velocidade de corrente.

Os aumentos dos valores indicam incrementos dos elementos no trecho de rio. Os incrementos sugerem a ocorrência de fonte pontual do elemento, o predomínio da ação das enxurradas (escoamento lateral) e lançamentos de emissões líquidas (i.e., águas residuais) sobre os processos de autodepuração (Cunha-Santino et al., 2017); nessas circunstâncias, as condições de jusante tendem a serem menos favoráveis que as de montante. Nesse contexto, em média, as seguintes variáveis apresentaram incremento nos valores no sentido montante jusante, tanto na época de chuva quanto na seca: CE, OD, pH, Ba-total, Ca-total, DUR, Mg-total, nitrogênio (N-NH₄, N-KJD, N-NO₃, N-NO₂), K, ST, E. coli e pigmentos (CLO-a e FEO-a); Tabela 3.4.1.27(1). Os incrementos longitudinais das concentrações da série nitrogenada, CE, E. coli e pigmentos indicam aduções significativas de efluentes urbanos, provenientes de águas superficiais e residuais. Para essas variáveis, a capacidade de autodepuração do Ribeirão Bagres foi suplantada pelas aduções externas.

Houve alternância de incremento e decréscimo dos valores em função da época do ano (i.e., chuva e seca) das seguintes variáveis: TURB, Al-total, Cl-total, Cu (dis e total), tendo os incrementos dos valores na época de chuva: TURB e Al-total (Tabela 3.4.1.27(1)). Nesses casos, além dos processos supracitados, há ainda a interferência forte dos processos de diluição e concentração dos elementos devido à variação das vazões, decorrentes das chuvas.

Tabela 3.4.1.27(1). Aumento ou decréscimo dos valores médios das variáveis entre os pontos P1 e P2 (Ribeirão dos Bagres) em função da época do ano. Em que as setas ↑ e ↓ representam crescimento ou decréscimo do valor da variável do ponto P1 para o P2, respectivamente.

Variável	Período hidrológico		Variável	Período hidrológico	
	Chuva	Seca		Chuva	Seca
CE	↑	↑	P-total	↓	↓
OD	↑	↑	Mg-total	↑	↑
pH	↑	↑	Mn-total	↓	↓
TURB	↑	↓	N-NH ₄	↑	↑
Al-dis	↓	↓	N-KJD	↑	↑
Al-total	↑	↓	N-NO ₃	↑	↑
Ba-total	↑	↑	N-NO ₂	↑	↑
Ca-total	↑	↑	OG	↓	↑
COD	↓	↓	K	↑	↑
COT	↓	↓	Na	↓	↓
Cl-total	↓	↑	SDT	↓	↑
Cu-dis	=	↓	ST	↑	↑
Cu-total	↓	=	TENS	↓	↓
DBO	↓	↓	SO ₄ -total	↓	↓
DUR	↑	↑	Zn-total	↓	↓
Fe-dis	↓	↓	E. coli	↑	↑
Fe-total	↓	↓	CLO-a		↑
Fluo-total	↓	↓	FEO-a	↑	↑
P-orto	↓				

3.4.1.29. IQA – Índice de Qualidade das Águas

Os índices limnológicos permitem uma fácil interpretação de valores numéricos, servindo como ferramenta comunicativa para a interpretação das informações aos usuários de um determinado ambiente aquático. Os índices de qualidade da água possuem como aspecto positivo, a capacidade de transformar informações complexas em algo mais simples entendimento. Como ressalva, destaca-se que as generalizações podem terminar em conclusões subjetivas, porque um único indicador pode não expressar toda a dinâmica do sistema e não pode indicar se a qualidade da água está apta para determinados usos. Assim, a utilização de vários indicadores na caracterização da qualidade da água é uma recomendação para um diagnóstico completo.

A CETESB, a partir de um estudo realizado na década de 70 pela *National Sanitation Foundation* (EUA) adaptou e desenvolveu um índice de qualidade de água (IQA) para facilitar a disseminação de informações de qualidade da água. Esse índice se baseia no produtório ponderado das seguintes variáveis: turbidez, pH, temperatura, coliformes, DBO₅ e nas concentrações de nitrogênio total, fósforo total, resíduos totais e de oxigênio dissolvido (CETESB, 2020b).

Os corpos hídricos podem ser enquadrados com base no grau de enriquecimento de nutrientes (i.e., eutrofização), que traz como consequência o crescimento excessivo de algas e macrófitas aquáticas; essa categorização é denominada índice de estado trófico (IET). Esse índice pode ser calculado levando em consideração, as concentrações de fósforo e das concentrações de clorofila-a (CETESB, 2021b). Por meio de faixas para cada variável analisada, é possível enquadrar os cursos d'água em classes de qualidade ou (trofia, no caso do IET), podendo se interpretar as diferentes possibilidades de uso.

Podemos medir a qualidade da água utilizando variáveis isoladas e interpretá-las de acordo com os valores estabelecidos pelas legislações ou por meio de índices. O índice de qualidade da água (IQA) engloba 9 variáveis limnológicas e se baseia no produtório ponderado da turbidez, pH, temperatura, coliformes, DBO₅ e nas concentrações de nitrogênio total, fósforo total, resíduos totais e de oxigênio dissolvido. Assim, compilou-se os valores de IQA dos relatórios de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo da CETESB no período de 2017 a 2021 (Tabela 3.4.1.28(1)).

Tabela 3.4.1.28(1). Resultados mensais (fevereiro, abril, junho, agosto, outubro e dezembro) e média anual do índice de qualidade de água - IQA^(*) (CETESB, 2018; CETESB 2019, CETESB 2020; CETESB 2021). Em 2020, apenas foi calculado o IQA para fevereiro, pois houve apenas uma campanha de monitoramento da água. A média anual do IQA em 2021 só foi calculada em pontos que tiveram pelo menos três resultados, não sendo calculada para BAGR04020, BAGR04500 e KNOA02500.

Índice de qualidade de água - IQA							
	Fev	Abr	Jun	Ago	Out	Dez	Média
2017							
BAGR04020	65	64	64	41	52	54	57
BAGR04500	55	49	57	58	55	50	54
2018							
BAGR04020	66	68	57	61	64	57	62
BAGR04500	54	51	63	60	55	53	56
KNOA02500	66	73	75	78	46	59	66
2019							
BAGR04020	55	54	49	50	48	57	52
BAGR04500	47	53	57	54	53	53	53
KNOA02500	59	62	68	77	69	67	67
2020							
BAGR04020	59						
BAGR04500	39						
KNOA02500	57						
2021							
BAGR04020							
BAGR04500							
KNOA02500							

(*)Coloração verde = qualidade boa e coloração amarela = qualidade regular

O monitoramento da água da CETESB no período de 2017 a 2020 nos P1 (BAGR04020), P2 (BAGR04500) e P3 (KNOA02500), categorizou 51 períodos em relação ao IQA, sendo que 10 (20%, sendo que 5 se relacionou com as épocas de cheia e 5 com as épocas de seca) foram enquadrados como qualidade regular e 41 (80%) como apresentando qualidade boa (Tabela 50). Se considerarmos as médias dos IQA, todos os pontos foram enquadrados como qualidade boa. Um estudo que considerou as 9 variáveis limnológicas que compõe o IQA no Ribeirão dos Bagres (classificado pelo Decreto nº 10.755 como Classe 4, São Paulo, 1977), indicou a necessidade de revisão do enquadramento desse corpo de água para Classe 3, após adequações sanitárias relativas à quantidade de *E. coli* e às concentrações fósforo total na água. Esta mudança poderá impactar diretamente o

atendimento às necessidades socioeconômicas, ecológicas e econômicas em relação aos usos da água desse corpo de água em Franca (Rocha e Abe, 2017).

O P3 sempre apresentou qualidade boa, exceto em 10/2018. As variáveis que influenciaram o valor do IQA em 10/2018 foram: TURB (450 UNT), ST (336 mg L⁻¹) e *E. coli* (26.000 UFC /100 ml). Os aumentos dos teores dessas variáveis estão diretamente relacionados com o incremento do escoamento de água decorrente de elevadas precipitações e possíveis extravasamentos da calha do Rio Canoas.

Os corpos hídricos podem ser enquadrados com base no grau de enriquecimento de nutrientes (i.e., eutrofização), que traz como consequência o crescimento excessivo de algas e macrófitas aquáticas. Esse índice pode ser calculado levando em consideração as concentrações de fósforo e das concentrações de clorofila-a, nesse contexto, utilizaram-se os relatórios da CETESB (CETESB, 2018; 2019; 2020b; 2021c) no período de 2017 a 2021 para se obter os valores mensais e anual do índice de estado trófico (IET; Tabela 53).

Em relação ao IET, de um total de 51 categorizações do estado trófico do P1, P2 e P3; apenas uma data de amostragem considerou o P1 como ultraoligotrófico (P1 em jun/2019). Observou-se 11 enquadramentos como oligotrófico, sendo 7 em P1, o P2 não foi categorizado como oligotrófico durante o período de 2017 a 2021. E o P3 foi enquadrado nessa condição trófica em 4 períodos amostrais. O P2 sempre foi categorizado como mesotrófico, exceto em 08/2018 que recebeu o enquadramento de supereutrófico. O enquadramento de eutrófico foi em P2 em 5 ocasiões. Esse estado trófico não foi observado em P1 e P3. Na média, os estados tróficos se enquadraram em mesotrófico e oligotrófico. No caso da categorização de supereutrófico no P2 em 08/2018, ressalta-se que a concentração de CLO-a foi 14,7 µg L⁻¹ e 0,090 mg L⁻¹ para P-total.

Tabela 3.4.1.28(2). Resultados mensais (fevereiro, junho, agosto e dezembro) e média anual do índice de estado trófico – IET^(*) (CETESB, 2018; 2019, 2020; 2021). Em 2020, apenas foi calculado o IQA para fevereiro, pois houve apenas uma campanha de monitoramento da água. A média anual do IQA em 2021 só foi calculada em pontos que tiveram pelo menos três resultados, não sendo calculada para BAGR04020, BAGR04500 e KNOA02500.

Índice de estado trófico – IET							
2017	Fev		Jun	Ago		Dez	Média
BAGR04020	50,19		52,49	53,14		51,39	51,80
BAGR04500	59,62		53,72	61,23		56,85	57,86
2018							
BAGR04020	51		58	55		51	54
BAGR04500	59		56	65		56	59
KNOA02500	55		51	52		53	53
2019							
BAGR04020	52		46	53		52	51
BAGR04500	57		54	61		55	57
KNOA02500	55		48	49		53	51
2020							
BAGR04020	49						
BAGR04500	56						
KNOA02500	53						
2021							
BAGR04020							
BAGR04500							
KNOA02500							

(*) Coloração azul = ultraoligotrófico; Coloração verde = oligotrófico; Coloração amarela = mesotrófico; Coloração laranja = eutrófico e Coloração vermelha = supereutrófico.

As águas do Rio Canoas a jusante do P3 (em Claraval – MG; Ponto BG078) foram classificadas pelo IQA como regular (50,4 em 2020 e 54,7 em 2021). O IET foi 55,4 (2020) e 54,0 (2021), sendo que as variáveis limnológicas que não atenderem os limites estabelecidos pela legislação foram *E. coli* e P-total. O ponto de amostragem no Rio Canoas a montante de P3 (Arceburgo – MG; Ponto BG095) apresentou IQA de 58,0 (regular) em 2020 e 70,5 (boa) em 2021. Os valores de IET foram 56,6 e 54,7, nesses anos, respectivamente. Independente do ponto de amostragem e do ano, o IET do Rio Canoas foi oligotrófico (IGAM, 2021).

A eutrofização acelerada ou cultural refere-se ao rápido aumento do estado trófico de um corpo de água devido às ações antrópicas, tais como a urbanização e a industrialização

(Khan e Ansari, 2005; Shaw et al., 2003). Considerando a eutrofização, as fontes de nutrientes podem ser classificadas em: difusas e pontuais. As fontes difusas (também chamadas de não pontuais) originam-se de múltiplos pontos de descarga, abrangendo grandes áreas e geralmente associadas ao uso da terra (e.g., escoamentos superficiais urbanos e agrícolas). As fontes pontuais resultam da descarga de nutrientes em locais específicos que podem ser facilmente identificados, como, por exemplo, esgotos domésticos e industriais (Brusseu e Tick, 2006). A eutrofização resulta em efeitos deletérios sobre a estabilidade biológica de um ambiente aquático, mostrando impactos negativos do ponto de vista ecológico, da saúde, social e econômico (Rast et al., 1989), impactando negativamente os usos múltiplos.

3.4.1.30. Resumo do Estado da Qualidade da Água no Período do Diagnóstico

3.4.1.30.1. Qualidade da Água no Córrego Pouso Alegre

Além do P3, que é o ponto de captação de água para abastecimento do Rio Canoas, a SABESP capta água no Córrego Pouso Alegre. O diagnóstico da qualidade da água bruta utilizada no abastecimento foi realizado com o banco de dados (período de 2017 a 2022; Anexo 3.4.1(1) disponibilizado pela SABESP que analisa as seguintes categorizações dos diferentes padrões de indicadores de qualidade da água: (i) bacteriológico da água para consumo humano; (ii) substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde; (iii) substâncias orgânicas que representam risco à saúde; (iv) agrotóxicos e metabólitos que representam risco à saúde; (v) subprodutos da desinfecção que representam risco à saúde; (vi) cianotoxinas da água para consumo humano; (vii) e organoléptico de potabilidade e (viii) cianobactérias em mananciais superficiais de abastecimento de água. Considerando o uso e ocupação do solo atual (i.e., em 2023) da bacia hidrográfica do Rio Canoas, a água bruta atende a todos os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888 (Brasil, 2021) para fins de abastecimento. O monitoramento contínuo da qualidade do Córrego Pouso Alegre é recomendável para a vigilância adequada de sua qualidade. Com base nas médias das variáveis limnológicas, de direto interesse para a potabilidade, que tiveram determinações contínuas no período de 2017 a 2022, as águas do Córrego Pouso Alegre apresentaram pH neutro ($7,1 \pm 0,3$), $92,1 \pm 82,6$ uH de cor aparente, temperatura média de $21,8 \pm 8,3$ °C e

turbidez $71,3 \pm 117,7$ UNT. Ressalta-se que mudanças em relação à ocupação da bacia, pode comprometer a qualidade da água desse manancial de abastecimento para o município de Franca.

3.4.1.30.2. Qualidade da Água no Ribeirão dos Bagres

A qualidade da água analisada no período de 2017 a 2021 indicou que o Ribeirão dos Bagres (P1 e P2) não pode ser utilizado como um manancial de abastecimento para a o município de Franca. Os potenciais usos múltiplos das desse corpo hídrico devem ser revistos juntamente com o diagnóstico da qualidade da água para indicar potenciais possibilidades de utilização. Os valores de TURB foram quase sempre adequados no Ribeirão dos Bagres (P1: 100%; P2: 95% das vezes). Em média, nas águas do Ribeirão dos Bagres, os valores de STD representaram cerca de 81% concentrações de ST.

O P1 apresentou as concentrações mais elevadas de P-total, caracterizando-se, mais frequentemente (14 vezes em 21 determinações), como o trecho mais eutrofizado; o P2 apresentou em duas oportunidades concentrações acima do preconizado. Os valores das concentrações de CLO-a estiveram sempre dentro da conformidade. Os valores de UFC/100 ml de *E. coli* no Ribeirão dos Bagres quase sempre ficaram acima dos valores previstos para águas de Classe 1, 2 e 3. Sendo para P1: 16 vezes em 21 determinações (76%); P2: 21 vezes em 21 determinações (100%).

A variação de temperatura da água é sazonal. Valores de CE acima de $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ sugerem recursos hídricos impactados no caso, os P1 e P2 se enquadram nessas condições. Por estar inserido na malha urbana de Franca, esses pontos estão sujeitos à adução de efluentes urbanos (e.g., industrial e doméstico).

Os valores de DBO foram quase sempre (17 ocorrências em 21 determinações; i.e., 81% das vezes) estiveram acima dos do previsto para Rios de Classe 3 no P1 do Ribeirão dos Bagres. No P2, os valores fora da conformidade (i.e., acima de 5 mg L^{-1}) foram episódicos (02/21). As concentrações de OD foram sempre acima de 5 mg L^{-1} no Ribeirão dos Bagres, exceto em 1 ocasião ($4,94 \text{ mg L}^{-1}$) no P1.

Os valores de pH variaram sempre dentro dos limites preconizados no CONAMA n^o 357 (Brasil, 2005), i.e., valores entre 6 e 9. As concentrações de SDT também permaneceram variando abaixo do valor de referência para rios Classe 1, 2 e 3 (500 mg L⁻¹) nos dois pontos de amostragem (P1 e P2). As concentrações de SO₄-total, Cl-total, N-NH₄, N-NO₃, N-NO₂ ficaram em todos os postos de amostragem sempre dentro do previsto para Rios de Classe 1. As concentrações de Fluo-total total fora da conformidade para Rios de Classe 1, 2 e 3 (i.e., 1,4 mg L⁻¹) ocorreram frequentemente (12/21) apenas no P1.

Vários elementos metálicos não foram detectados ou não apresentaram concentrações fora da conformidade (CONAMA n^o 357; Brasil 2005): As-total, Ba-total, Cd-total, Cr-total, Hg-total, Na, Ni-total, Pb-total, Mg-total. O Zn-total apresentou em três episódios concentrações acima do previsto no Ribeirão dos Bagres (P1: 3/21). Os episódios de concentrações elevadas de metais foram mais frequentes em P1 que em P2. O metal que apresentou mais frequentemente concentrações acima da conformidade (CONAMA n^o 357; Brasil 2005) foi o Fe-dis (21 ocorrências em 21 determinações no P1; 3 ocorrências em 21 determinações em P2), seguido de Mn-total (21 ocorrências em 21 determinações no P1; 2 ocorrências em 21 determinações em P2), Al-dis (6 ocorrências em 21 determinações P1 e P2) e Cu-dis (6 ocorrências em 21 determinações no P1).

As águas do P1, independente da estação de seca ou cheia, sempre ultrapassaram os valores máximos permitidos pela legislação de TENS. As TENS apresentaram frequentemente (18/21) concentrações elevadas, acima do preconizado pela legislação (0,5 mg L⁻¹) apenas no P1. No P2, foi registrado apenas uma ocorrência durante o período de estudo. No P1 foram identificadas concentrações médias de OG na cheia de 6,90 mg L⁻¹ e de 11,75 mg L⁻¹ na seca. As concentrações de COV (i.e., benzeno, estireno, etilbenzeno, m.p-xileno, o-xileno, tolueno) no Ribeirão dos Bagres foram sempre menores que o detectado pelo método analítico selecionado. As concentrações de FEN totais só foram elevadas episodicamente (4/21) no Ribeirão dos Bagres, no P1.

3.4.1.30.3. Qualidade da Água no Rio Canoas

A qualidade da água do Rio Canoas encontra-se adequada para o abastecimento, entretanto deve-se considerar com muita precaução, o aumento de atividades que impactam a qualidade da água bruta, como, por exemplo, processos erosivos que contribuem com o aumento da turbidez da água. No cenário atual de conservação da bacia hidrográfica, os valores de TURB foram quase sempre adequados no Rio Canoas (87% das vezes), entretanto episódios de TURB elevados foram registrados em épocas de elevadas precipitações. Nas águas do Rio Canoas, os STD corresponderam a 51% das concentrações de ST. As concentrações de SDT também permaneceram variando abaixo do valor de referência para os rios Classe 1, 2 e 3 (500 mg L⁻¹).

As concentrações de SO₄-total, Cl-total, N-NH₄, N-NO₃, N-NO₂ e Fluo-total total ficaram sempre dentro do previsto para Rios de Classe 1. O Rio Canoas apresentou apenas dois episódios de concentração de P-total fora da conformidade prevista na legislação (CONAMA nº 357; Brasil 2005), considerando as 15 determinações realizadas. Os valores das concentrações de CLO-a estiveram sempre dentro da conformidade no Rio Canoas. Os valores de UFC/100 ml de *E. coli* quase sempre ficaram acima dos valores previstos para águas de Classe 1, 2 e 3 (P3: 8 vezes em 14 determinações = 57%; a criação de gado a montante do ponto de amostragem é uma fonte provável da presença de *E. coli* nas águas do Rio Canoas. Os valores de DBO e OD foram sempre adequados, indicando uma baixa entrada de carga orgânica no Rio Canoas. As águas sempre apresentaram concentrações de OD superiores a 6,0 mg L⁻¹, indicando boas condições de oxigenação. A variação temporal da temperatura da água do Rio Canoas segue um padrão sazonal, sendo mais elevada em épocas de cheia e menor, na estiagem. Valores de CE acima de 100 µS cm⁻¹ sugerem recursos hídricos impactados, entretanto, nenhuma campanha amostral indicou valores de CE elevados. A variação sazonal da Alc-total foi 20,25 mg L⁻¹ na cheia e 19,67 mg L⁻¹ na seca; esses valores representam indicativos de baixa alcalinidade.

Os valores de pH variaram sempre dentro dos limites preconizados no CONAMA nº 357 (Brasil, 2005), i.e., valores entre 6 e 9. A média da COR na seca (20,60 mg Pt L⁻¹) foi menor 2,4 vezes menor que na cheia (49,50 mg Pt L⁻¹). Vários elementos metálicos não

foram detectados ou não apresentaram concentrações fora da conformidade (CONAMA n^o 357; Brasil 2005): As-total, Ba-total, Cd-total, Cr-total, Hg-total, Na, Ni-total, Pb-total, Mg-total. O Zn-total foi detectado em concentrações acima do previsto em apenas um episódio no (1/11). Os episódios de concentrações elevadas de Fe-dis e Al-dis foram observados; em relação à presença de Cu-dis apenas 1 ocorrência foi observada.

As águas do Rio Canoas sempre apresentaram concentrações de TENS de $< 0,1 \text{ mg L}^{-1}$. Tampouco foram observadas concentrações de OG no período desse estudo. As maiores concentrações de THM foram encontradas na cheia (2,6 vezes maior) que na seca (média = $94,90 \text{ mg L}^{-1}$). Na média, os estados tróficos se enquadraram em mesotrófico e oligotrófico. Em relação ao IQA, todos os pontos foram enquadrados como qualidade boa, apenas 1 evento indicou a qualidade do Rio Canoas como regular. Em adição as condições atuais, a potencial expansão urbana na bacia hidrográfica do Rio Canoas colocará pressões adicionais sobre o manancial de abastecimento, e poderá causar maior deterioração na qualidade da água, como a adução de nitrogênio e fósforo, elementos causadores da eutrofização.

3.4.2. Águas subterrâneas

Não existe rede de monitoramento da qualidade de águas subterrânea na área da AIE Canoas.

3.5. Infraestrutura sanitária

De acordo com MDR (2021) a Organização Mundial da Saúde (OMS) define saneamento como sendo “o controle dos fatores do meio físico do ser humano, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social” e também sugerem uma outra definição: “é o conjunto de medidas realizadas com o objetivo de preservação das condições ambientais, de modo a melhorar a qualidade de vida da população e facilitar a atividade econômica”.

A política de Saneamento Básico no Brasil é dada pela lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e que foi atualizada pela lei 14.026 de 15 de julho de 2020.

De acordo com o Art. 3º da referida lei considera-se:

I – Saneamento básico: conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de:

- a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição;
- b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequada dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana; e
- d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.

Art. 4º Os recursos hídricos não integram os serviços públicos de saneamento básico.

Parágrafo único. A utilização de recursos hídricos na prestação de serviços públicos de saneamento básico, inclusive para disposição ou diluição de esgotos e outros resíduos

líquidos, é sujeita a outorga de direito de uso, nos termos da Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, de seus regulamentos e das legislações estaduais.

Art. 5º Não constitui serviço público a ação de saneamento executada por meio de soluções individuais, desde que o usuário não dependa de terceiros para operar o serviço, bem como as ações e serviços de saneamento básico de responsabilidade privada, incluindo o manejo de resíduos de responsabilidade do gerador.

3.5.1. Indicadores

Segundo o SNIS (2022) referente ao ano de 2021, a cidade de Franca – SP está cadastrada sob o número IBGE 3516200, possui uma população total de 358.539 habitantes, população Urbana de 352.245 habitantes, pertence à microrregião de Franca e a mesorregião de Ribeirão Preto.

3.5.1.1. Abastecimento de Água

O prestador de serviço de Abastecimento de Água do município de Franca é a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp que trabalha sob atendimento regional. Segundo o prestador a cidade de Franca:

- 1ª cidade do país com serviços de saneamento certificados pela ISO 9001:2000
- 1º laboratório de controle sanitário do país acreditado pelo INMETRO (ISO 17.025)
- 1ª unidade a registrar o lodo de esgoto para uso agrícola no MAPA
- Possui controle de perdas de água sistemático
- Apresenta permanente busca por inovações

Tabela 3.5.1.1(1) - Indicadores de Abastecimento de água para a cidade de Franca, Estado de São Paulo e Brasil

INDICADORES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
	FRANCA	ESTADO DE SP	BRASIL
Perdas faturamento (percentual)	13,86	25,01	37,56
OPERACIONAIS			
Economias/ligação (econ./lig.)	1,1		
Extensão de rede (m/lig.)	10,14		
Hidrometração (percentual)	100		
Macromedicação (percentual)	100		
Consumo energia (kWh/m³)	2,06		
PERDAS DE ÁGUA			
Perdas distribuição (percentual)	28,89	34,5	40,25
Perdas lineares (m³/dia/Km)	14,89	26,27	24,45
Perdas ligação (l/lig./dia)	162,97	287,77	333,93
CONSUMO			
Consumo per capita (l/hab./dia)	155,88	173,51	150,66
Consumo economia (m³/mês/econ.)	11,14	12,56	11,64

ATENDIMENTO			
Atendimento Urbano (percentual)	100	98,57	93,46
Atendimento total (percentual)	100	96,6	84,2
EMPREGADOS			
Pessoal total (empregado)	320,42		
Produtividade (lig./empregado)	861,19		

(Fonte: SNIS (2022))

3.5.1.2. Esgotamento Sanitário

O prestador de Serviço de Esgotamento Sanitário da cidade de Franca também é a Sabesp e com atendimento regional.

Tabela 3.5.1.2(1) - Indicadores de Esgotamento Sanitário para a cidade de Franca, Estado de São Paulo e Brasil

INDICADORES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO			
	FRANCA	ESTADO DE SP	BRASIL
OPERACIONAIS			
Coleta esgoto (percentual)	98,82	81,51	60,24
Extensão de rede (m/lig.)	8,51		
Consumo energia (kWh/m³)	0,53		
TRATAMENTO DE ESGOTO			
Coletado tratado (percentual)	100	86,6	80,84
Tratamento/consumo (percentual)	98,82	70,42	51,17
ATENDIMENTO			
Atendimento Urbano (percentual)	100	94,72	64,08
Atendimento total (percentual)	100	92,16	55,81
QUALIDADE			
Extravasamento/rede (extrav./km)	0	1,83	2,5
EMPREGADOS			
Pessoal total (empregado)	320,42		
Produtividade (lig./empregado)	861,19		

(Fonte: SNIS (2022))

Segundo o MPSP (2017) em uma de suas considerações o sistema de esgotos sanitários de Franca encontra-se universalizado em termos de coleta, afastamento e tratamento, o que é uma situação incomum em cidades de porte semelhante no País.

3.5.1.3. Resíduos Sólidos

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Franca é o prestador de serviço dos resíduos sólidos da cidade e presta um atendimento local.

Tabela 3.5.1.3(1) - Indicadores de Resíduos Sólidos para a cidade de Franca, Estado de São Paulo e Brasil

INDICADORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS			
	FRANCA	ESTADO DE SP	BRASIL
COBERTURA			
Cobertura total (percentual)	98,24	97,78	89,93
Cobertura urbana (percentual)	100	99,67	98,35
Cobertura porta a porta (percentual)	100	97,8	94,73
OPERACIONAIS			
Massa coletada total (Kg/hab./dia)	0,68	0,88	0,95
Massa coletada urbana (Kg/hab./dia)	0,68	0,9	0,99
Massa RDO coletada (Kg/hab/dia)	0,63	0,75	0,76
Massa coletada reciclável (Kg/hab/ano)	5,01	10,94	14,77
Massa recuperada (Kg/hab/ano)	2,61	6,37	8,26
Taxa de recuperação (percentual)	1,05	1,92	2,05
Trabalhadores (empreg./1000hab)	1,31		

(Fonte: SNIS (2022))

3.5.1.4. Águas Pluviais

Quem presta os serviços referentes as águas pluviais no município de Franca é a Prefeitura Municipal que é um prestador de atendimento local.

Tabela 3.5.1.4(1) - Indicadores de Drenagem Urbana para a cidade de Franca

INDICADORES DE ÁGUAS PLUVIAIS	
	FRANCA
GERAIS	
Área urb/tot (percentual)	15,5
Densidade urbana (domicílios/ha)	12
INFRAESTRUTURA	
Taxa paviment. (percentual)	90,5
Canais subterrâneos (percentual)	68,7
Parques lineares (percentual)	-
Canais abertos (percentual)	30,1
Canais fechados (percentual)	1,6
Reservatórios (m ³ / Km ²)	-
Captações (unidades/Km ²)	56
GESTÃO DE RISCOS	
Domicílios em risco (percentual)	0
População impactada (percentual)	0
Óbitos (óbitos/100mil hab.)	0
População realocada (pessoas/100mil hab)	-

(Fonte: SNIS (2022))

3.5.2. Produção e Abastecimento de Água

De acordo com a lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e que foi atualizada pela lei 14.026 de 15 de julho de 2020 em seu Art. 3º-A. consideram-se: serviços públicos de abastecimento de água a sua distribuição mediante ligação predial, incluídos eventuais instrumentos de medição, bem como, quando vinculadas a essa finalidade, as seguintes atividades:

- I. Reservação de água bruta;
- II. Captação de água bruta;
- III. Adução de água bruta;
- IV. Tratamento de água bruta;
- V. Adução de água tratada; e
- VI. Reservação de água tratada.

Segundo a Sabesp a cidade de Franca apresenta:

- Altitude elevada: próxima dos 1.000 metros
- Baixa disponibilidade hídrica nas proximidades da cidade
- Estiagens rigorosas
- Mananciais distantes e com elevados desníveis até a cidade
- Alta complexidade dos sistemas de água e esgoto

Todos esses problemas fazem com que a companhia que cuida dos serviços de água e esgotos tenha um empenho bastante grande para conseguir levar água em quantidade e com qualidade suficiente e com atendimento aos padrões de potabilidade do Ministério da Saúde para a população.

Desta forma o município de Franca junto com a Sabesp busca sempre alternativas viáveis para o abastecimento.

Os dados utilizados ao longo deste item foram fornecidos pela Sabesp ou através de documentos ou de entrevistas com colaboradores da instituição.

O município de Franca possui três sistemas de produção de água (Figura 3.5.2(1) e Anexo 3.5.2(1)):

- Sistema Produtor Norte
- Sistema Produtor Sapucaí Mirim
- Poços do Sistema Integrado Franca – Restinga

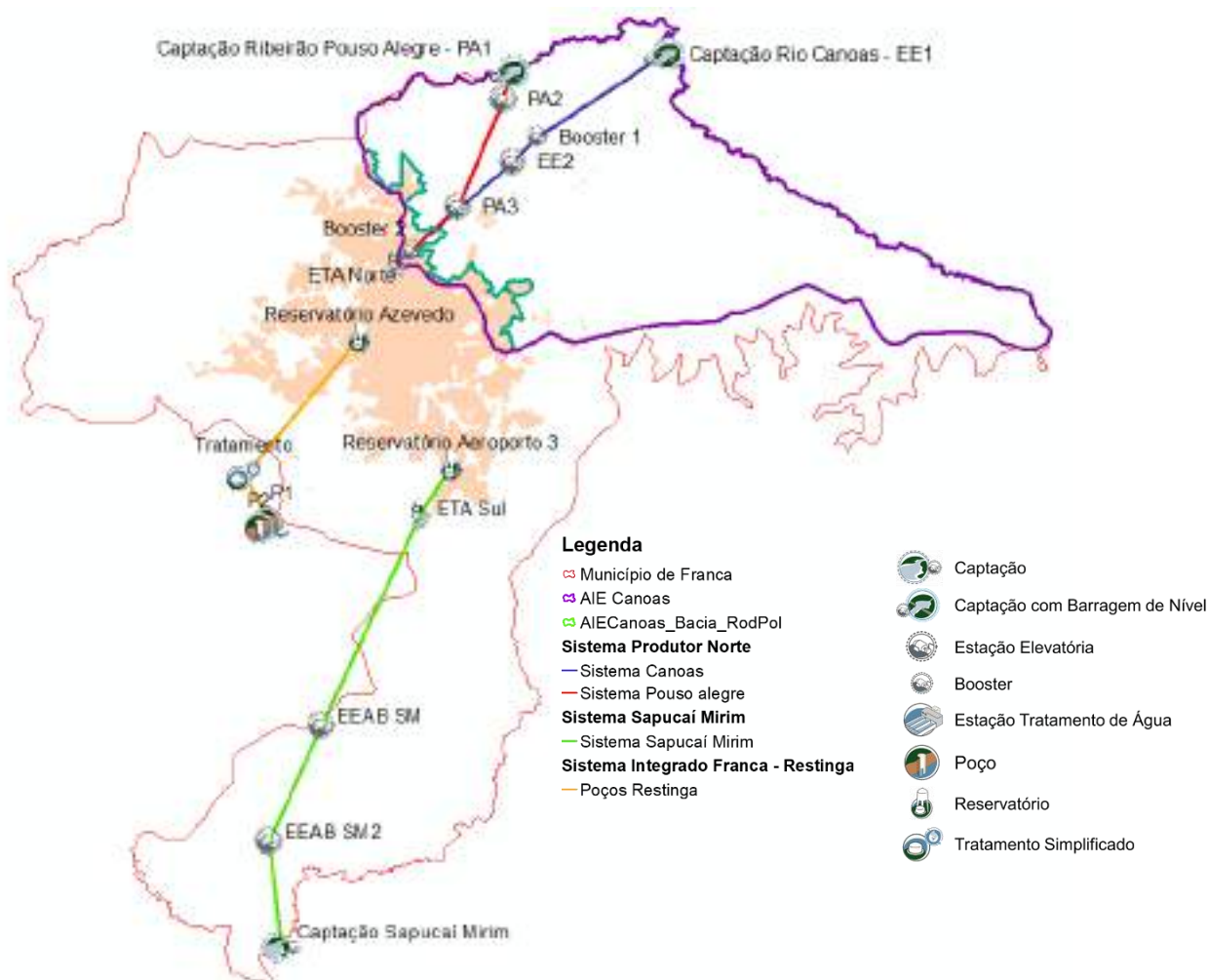


Figura 3.5.2(1) - Sistemas de produção de água de Franca

Apesar de apenas o Sistema Produtor Norte se situar na bacia do Rio Canoas descrever-se-ão todos os sistemas para efeito comparativo e verificação da importância deste para a cidade.

O Sistema Produtor Norte compõe-se de dois sistemas de adução hoje em dia em funcionamento, que são o Sistema Canoas e o Sistema Pouso Alegre. Várias elevatórias e a Estação de Tratamento de Água Norte também fazem parte desta composição. Atualmente esta é a principal fonte de abastecimento para a cidade, contribuindo com 85% da água fornecida, chegando até a 100% do abastecimento, se necessário. Mas nesta condição a

água está no limite e em secas extremas não é o suficiente. Portanto não existe capacidade ociosa neste sistema.

Sistema Canoas – Principais características:

- Manancial: Rio Canoas
- Ponto de captação: imediatamente a jusante da foz do Ribeirão do Onça
- Distância até o centro de distribuição: 14,702 km
- Altura geométrica em relação ao centro de distribuição: 340 m
- Altura manométrica: 432 m
- Potência total instalada: 9.300 cv

Sistema Pouso Alegre – Principais características:

- Manancial: Ribeirão Pouso Alegre
- Distância até o centro de distribuição: 10,370 km
- Altura geométrica em relação ao centro de distribuição: 191 m
- Altura manométrica: 270 m
- Potência total instalada: 3.200 cv

O Sistema Sapucaí Mirim está em fase de implantação, e hoje contribui com o abastecimento de 12% da população do município. A Estação de Tratamento de Água Sul faz parte deste sistema juntamente com três elevatórias de água bruta. O término das obras de interligação das redes permitirá que o Sistema Sapucaí Mirim abasteça até 100% da população. Existe, portanto, hoje, uma folga neste sistema produtor.

Dois poços profundos têm sua operação no município de Restinga, e a água é recalçada até um centro de reservação onde recebe tratamento. Esta água é distribuída para a cidade de Restinga e o excedente segue através de bombeamento para a cidade de Franca, onde contribui com 3% do abastecimento desta. Não se pretende deixar esta captação que abastece parte da cidade.

3.5.2.1. Mananciais na cidade de Franca

A escolha do manancial é de suma importância para a produção de água em um sistema. O fornecimento em quantidade e qualidade é fundamental. Torna-se necessária então a escolha de um local que propicie as melhores condições de qualidade para o

tratamento e que tenha uma disponibilidade hídrica suficiente para um longo alcance de projeto.

De acordo com a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei 7663 de 30 de dezembro de 1991):

Artigo 2.º - A Política Estadual de Recursos Hídricos tem por objetivo assegurar que a água, recurso natural essencial à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social, possa ser controlada e utilizada, em padrões de qualidade satisfatórios, por seus usuários atuais e pelas gerações futuras, em todo território do Estado de São Paulo.

Artigo 4.º por intermédio do Sistema Integrado de Gerenciamento - SIRGH, o Estado assegurará meios financeiros e institucionais para atendimento do disposto nos Artigos 205 a 213 da Constituição Estadual e especialmente para:

I - utilização racional dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, assegurado o uso prioritário para o abastecimento das populações;

II - maximização dos benefícios econômicos e sociais resultantes do aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos;

III - proteção das águas contra ações que possam comprometer o seu uso atual e futuro;

...

VI - desenvolvimento de programas permanentes de conservação e proteção das águas subterrâneas contra poluição e superexploração;

VII - prevenção da erosão do solo nas áreas urbanas e rurais, com vistas à proteção contra a poluição física e o assoreamento dos corpos d'água.

Artigo 9.º - A implantação de qualquer empreendimento que demande a utilização de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, a execução de obras ou serviços que alterem seu regime, qualidade ou quantidade dependerá de prévia manifestação, autorização ou licença dos órgãos e entidades competentes.

Artigo 10 - Dependerá de cadastramento e da outorga do direito de uso a derivação de água de seu curso ou depósito, superficial ou subterrâneo, para fins de utilização no abastecimento urbano, industrial, agrícola e outros, bem como o lançamento de efluentes nos corpos d'água, obedecida a legislação federal e estadual pertinentes e atendidos os critérios e normas estabelecidos no regulamento.

Alguns critérios de outorga de Recursos Hídricos para o Estado de São Paulo constam da Lei 16.337, de 14 de dezembro de 2016 como mostrado a seguir:

Artigo 13 - Quando o uso ou a interferência no recurso hídrico depender de outorga ou de licenciamento ambiental, as autoridades competentes devem considerar:

I - as diretrizes e metas de qualidade e quantidade, estabelecidas no Plano de Bacia Hidrográfica;

II - as prioridades de uso, em conformidade com o estabelecido nos artigos 11 e 12 desta lei;

III - a vazão de referência utilizada no cálculo da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica.

§ 1º - As autoridades responsáveis pela outorga e licenciamento ambiental devem observar a vazão de referência proposta nos planos de bacias hidrográficas e aprovada pelo CRH.

§ 2º - Na ausência de critérios para análise de outorgas de recursos hídricos e licenciamento ambiental nos planos de bacias hidrográficas, seu estabelecimento cabe às autoridades competentes.

De acordo com o Plano de Bacia da UGRHI 08 (2018):

“Franca é o município mais importante da região. Sua população corresponde a aproximadamente 50% da população total da UGRHI, com uma densidade demográfica de 549 hab/km² e uma taxa de urbanização de 98,2%. Além disso, tem grande representatividade econômica. Levando-se em conta uma vazão média – Qmédio - produzida no território do município, a disponibilidade per capita foi de 920 m³/hab.ano em 2016, muito inferior a disponibilidade geral da UGRHI que foi 6.586,50 m³/hab.ano e inferior inclusive ao recomendado pela Unesco que é 1.500 m³/hab.ano. Na prática para o abastecimento de água da população e das atividades econômicas (serviços e indústria por exemplo). Os dados apontam para uma situação de risco em períodos de estiagem uma vez que o grau de comprometimento da vazão de referência Q7,10, definido tecnicamente para segurança dos usuários da água, já está comprometido.

Embora a Sabesp que é responsável pelo sistema de saneamento do município já tenha agido e definido a utilização de uma nova captação no Rio Sapucaí como medida de mitigação dessa situação de risco, as captações

do Rio Canoas e Ribeirão Pouso Alegre continuarão sendo as mais importantes para a região.”

a) Rio Canoas

O rio Canoas é um afluente do rio Grande que divide os municípios de Franca (São Paulo) e Claraval (Minas Gerais) e que pertence a Bacia hidrográfica Sapucaí/Grande da UGRHI 8 no estado de São Paulo. (Figura 3.5.2(2))

A área de drenagem no ponto de captação de água é de 226,6 km² e a vazão mínima anual de 7 dias com dez anos de período de retorno ($Q_{7,10}$) é de 660 l/s. (Sabesp 2013). No presente plano calculou-se através do Método da Vazão Específica (ANA 2020 – NOTA TÉCNICA Nº 75/2020/SPR) os valores de Q_{95} (1.269 l/s) e $Q_{7,10}$ (734,2 l/s) para o Rio Canoas (Tabela 3.3.6(2)).



Figura 3.5.2(2) - Manancial Rio Canoas

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

Nota-se pela foto uma quantidade razoável de sedimentos que pode ser comprovada pela formação de bancos de areia. Estes sedimentos se tornam presentes devido ao inadequado uso do solo na bacia. O solo propicio a ser transportado, quando exposto

encaminha-se para os cursos d'água provocando assoreamento. Isso é prejudicial para a operação e manutenção na captação demandando limpeza dos locais assoreados próximos a captação, sobrecarga em caixas de areia, desgaste no rotor de bombas e demanda mais alta de produtos químicos no tratamento, por exemplo.

As vazões do manancial a montante da captação têm grande relevância para a construção das vazões de captação e demais usos no local. Quando as vazões são menores ao longo do período seco há de se manter a vazão de jusante após a captação para manutenção das funções ecológicas do rio. Também é necessária uma compatibilização com os demais usos na bacia, levando-se em conta que o abastecimento humano é prioritário conforme a Lei de Recursos Hídricos 9.433/97 e Política Estadual de Recursos Hídricos – Lei 7.663/91.

Na tabela 3.5.2(1) a seguir pode-se observar as Vazões médias e Mínimas do Rio Canoas a montante da Captação para o ano de 2022.

Tabela 3.5.2(1) – Valores de Vazão média e mínima do rio Canoas para 2022

CANOAS – Q _{MONTANTE} (l/s)		
MÊS	Q _{MED}	Q _{MIN}
Janeiro	4.934	2.619
Fevereiro	13.851	2.382
Março	6.532	5.265
Abril	4.538	3.203
Maio	3.098	2.807
Junho	2.262	1.781
Julho	1.681	1.515
Agosto	1.360	1.125
Setembro	1.283	862
Outubro	1.752	1.251
Novembro	1.613	1.061
Dezembro	4.440	1.934

(Fonte: Sabesp)

As tabelas completas com todos os anos encontram-se no Anexo 3.3.6(1)

Os resultados serão discutidos no item 3.5.2.2 - Captações.

b) Rio Pouso Alegre

O rio Pouso Alegre, assim como o rio Canoas pertence a Bacia hidrográfica do Sapucaí/Grande da UGRHI 8 do estado de São Paulo e também desagua no rio Grande. (Figura 3.5.2(3))

A área de drenagem ao ponto de captação é de 34,3 km² e a vazão mínima anual de 7 dias com dez anos de período de retorno ($Q_{7,10}$) é de 99 l/s. (Sabesp 2013). No presente plano calculou-se através do Método da Vazão Específica (ANA 2020 – NOTA TÉCNICA Nº 75/2020/SPR) os valores de Q_{95} (110,0 l/s) e $Q_{7,10}$ (41,7 l/s) para o Ribeirão Pouso Alegre (Tabela 3.3.6(2)).



Figura 3.5.2(3) - Manancial Rio Pouso Alegre

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

Da mesma forma que no manancial do Canoas, próximo a captação nota-se a formação de bancos de areia pela grande quantidade de sedimentos que chega ao rio.

Os dados de vazão do ribeirão Pouso Alegre para o ano de 2022 de médias e mínimas encontra-se na Tabela 3.5.2(2).

Tabela 3.5.2(2) – Valores de Vazão média e mínima do ribeirão Pouso Alegre para 2022

POUSO ALEGRE – Q _{MONTANTE} (l/s)		
MÊS	Q _{MED}	Q _{MIN}
Janeiro	726	227
Fevereiro	1.485	604
Março	539	311
Abril	368	248
Maio	266	135
Junho	197	137
Julho	175	96
Agosto	120	90
Setembro	125	71
Outubro	188	96
Novembro	118	71
Dezembro	284	77

(Fonte: Sabesp)

As tabelas completas com todos os anos encontram-se no Anexo 3.3.6(1)

Os resultados serão discutidos no item 3.5.2.2 - Captações.

c) Rio Sapucaí Mirim

O rio Sapucaí Mirim pertence a Bacia Hidrográfica dos rios Sapucaí Mirim/Grande – UGRHI 8 desaguando no rio Pardo. (Figura 3.5.2(4))

A vazão mínima anual de 7 dias com dez anos de período de retorno ($Q_{7,10}$) é de 8.874 l/s. (Sabesp 2013)



Figura 3.5.2(4) – Manancial Sapucaí Mirim

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

Na Figura 3.5.2(4) nota-se uma coloração marrom chocolate na água devido a alta quantidade de sedimentos.

3.5.2.2. Captações

a) Captação no rio Canoas

O Sistema Canoas tem sua captação no rio Canoas imediatamente a jusante da foz do Ribeirão do Onça e recalca a água bruta para a ETA Norte, com uma vazão de até 900l/s. As vazões usuais são entre 460 e 800 l/s dependendo do número de bombas em operação.

Foi implantado de acordo com o projetado entre 1979 e 1983 e entrou em operação em 1984.

A captação no Rio Canoas teve seu pedido de outorga pela Agência Nacional de Águas mediante as características constantes na Tabela 3.5.2(3) (ANA, 2011).

Tabela 3.5.2(3) - Características do pedido de outorga de água na captação do Rio Canoas

Coordenadas do ponto de captação:	20°25'46,99" de latitude sul		47°17'38,00" de longitude Oeste	
Mês	Vazão máxima instantânea (m³/h)	Tempo de captação (h/dia)	Período (dias/mês)	Volume mensal (m³/mês)
Janeiro	2.988,00	24	30	2.151.360,00
Fevereiro	2.988,00	24	28	2.007.936,00
Março	2.988,00	24	31	2.223.072,00
Abril	1.900,00	24	30	1.368.000,00
Maio	1.900,00	24	31	1.413.600,00
Junho	1.900,00	24	30	1.368.000,00
Julho	1.900,00	24	31	1.413.600,00
Agosto	1.900,00	24	31	1.413.600,00
Setembro	1.900,00	24	30	1.368.000,00
Outubro	2.988,00	24	31	2.223.072,00
Novembro	2.988,00	24	30	2.151.360,00
Dezembro	2.988,00	24	31	2.223.072,00
Volume anual (m³):				21.324.672,00

Sendo que 2.988,00 m³/h correspondem a 830,00 l/s e 1.900,00 m³/h correspondem a 528 l/s.

Nos anos anteriores foi impossível manter os valores de outorga pois o sistema Sapucaí ainda não estava em funcionamento. Desta forma foi necessária a captação para prover o abastecimento humano. Este será o primeiro ano na tentativa de se manter a outorga.

O que ocorre é que para valores de vazão do manancial de Q médio em setembro de 2022 de 1.283 l/s e Q mínimo em setembro de 2022 de 862 l/s a captação opera no limite. Com valores de Q_{7,10} de 734,2 l/s e Q₉₅ de 1.269 l/s é impossível manter a outorga, o abastecimento humano e a vazão ecológica do rio além de outros usuários.

A barragem presente no rio no ponto de captação ajuda a regularizar a vazão mas certos cuidados devem ser tomados no local como a limpeza constante dos sedimentos que assoreiam o local. O transporte de sedimentos é extremamente prejudicial nesta época do ano diminuindo a regularização que contribui para a tomada de vazões necessárias ao abastecimento.

A Figura 3.3.7(1) aponta que para a região da captação do Canoas o nível de comprometimento hídrico é alto (entre 30 e 70%).

No rio Canoas a captação é composta de um pequeno reservatório formado por uma soleira de nível em concreto armado tipo Creager que permite a elevação de nível para a tomada d'água e regularização da vazão mesmo em época de estiagem. A seguir tem-se a tomada d'água que encaminha o fluxo para o gradeamento grosso e fino. Seguindo encontra-se uma caixa de areia com compartimento duplo e retirada de areia através de bombas. As duas unidades podem ser isoladas por "stop logs". Toda operação é a fio d'água. As características de cada caixa de areia são as seguintes (Sabesp, 2013):

- Comprimento: 18m
- Largura: 3,5m
- Altura útil: 4,0m
- Altura para depósito de areia : 0,40m
- Altura total: 4,6m

O próximo passo é o bomboamento da água bruta e a elevatória EE1 encontra-se nas dependências da própria captação. A Figura 3.11.2(5) a seguir ilustra este processo.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(g)

Figura 3.5.2(5) - Captação do Rio Canoas – (a) marco da captação, (b) pequeno barramento para elevação de nível, (c) canal de entrada da água, (d) gradeamento, (e) caixa de areia, (g) casa de bombas

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

Observações sobre a Figura 3.5.2(5):

(b) a barragem possui descarga de fundo para limpeza, mas há uma preferência pela limpeza com retroescavadeira atualmente. Existe a necessidade de o local estar sempre desassoreado devido ao comprometimento hídrico existente.

(c) o canal de entrada da água também possui descarga para limpeza

(d) a caixa de areia pode funcionar com 2 ou 3 bombas. Com 3 bombas a sobrecarga hidráulica é maior e conseqüentemente a deposição de areia também, exigindo mais da manutenção.

b) Captação no Rio Pouso Alegre

O Sistema Pouso Alegre capta a água no Ribeirão Pouso Alegre e também recalca para a ETA Norte, com uma vazão de até 200l/s. Esta captação está localizada a nordeste do município de Franca. A captação recalca de 90 a 200 l/s de água nas condições atuais.

O sistema Pouso Alegre começou a operar na década de 1960 e teve sua ampliação na década de 1990.

A outorga da captação no ribeirão Pouso Alegre foi emitida mediante o requerimento de outorga solicitado ao DAEE e presente na Tabela 3.5.2(4).

Tabela 3.5.2(4) - Características do pedido de outorga de água na captação do Ribeirão Pouso Alegre

Coordenadas UTM do ponto de captação:	7.738,58 km N		254,22 km E; MC 45°	
Período (Mês(es))	Vazão máxima instantânea (m³/h)	Tempo de captação (h/dia)	Período (dias/mês)	Vazão Média (m³/h)
Abril/Setembro	322,6	24	30	268,8
Outubro/Março	936,0	24	30	780,0

Sendo que $322,6 \text{ m}^3/\text{h} = 89,6 \text{ l/s}$; $936,0 \text{ m}^3/\text{h} = 260 \text{ l/s}$; $268,8 \text{ m}^3/\text{h} = 74,7 \text{ l/s}$ e $780,0 \text{ m}^3/\text{h} = 216,7 \text{ l/s}$.

Da mesma forma que na captação do rio Canoas nos anos anteriores foi impossível manter os valores de outorga para a captação do Pouso Alegre pois o sistema Sapucaí ainda não estava em funcionamento. Desta forma foi necessária a captação para prover o abastecimento humano. Este será o primeiro ano na tentativa de se manter a outorga no Pouso Alegre também.

O que acontece é que para valores de vazão do manancial de Q médio em novembro de 2022 de 118 l/s e Q mínimo em setembro e novembro de 2022 de 71 l/s a captação opera no limite. Com valores de $Q_{7,10}$ de 41,7 l/s e Q_{95} de 110 l/s é impossível manter a outorga, o abastecimento humano e a vazão ecológica do rio além de outros usuários.

A barragem presente no rio no ponto de captação ajuda a regularizar a vazão, sendo necessária uma regularização maior que a do rio Canoas, mas certos cuidados devem ser tomados no local como a limpeza constante dos sedimentos que assoreiam o local como podemos ver na Figura 3.5.2(3). O transporte de sedimentos é extremamente prejudicial nesta época do ano diminuindo a regularização que contribui para a tomada de vazões necessárias ao abastecimento. Nesta bacia existem problemas de erosões e impermeabilização do solo por loteamentos, além de contaminações por passivos ambientais de resíduos sólidos.

A Figura 3.3.7(1) aponta que para a região da captação do Pouso Alegre o nível de comprometimento hídrico é muito alto (entre 70 e 100%).

Na captação do Ribeirão Pouso Alegre tem-se uma elevação de nível composta por um extravasor Creager e um *by pass* lateral formando um represamento para a tomada d'água. O fluxo segue para o gradeamento grosso e fino e as duas caixas de areia que apresentam as seguintes características (Sabesp, 2013):

- Comprimento: 11,25m
- Largura: 1,90m
- Altura útil: 0,50m
- Altura para depósito de areia: 0,95m
- Altura total: 1,85m

Em seguida encontra-se o sistema de recalque PA1 que fica nas dependências da própria captação e encaminha a água para a ETA Norte. A Figura 3.5.2(6) apresenta ilustrativamente o fluxo da água.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Figura 3.5.2(6) - Captação do Rio Pouso Alegre – (a) marco da captação, (b) manancial assoreado, (c) vertedor Creager para elevação de nível, (d) extravasor lateral, (e) gradeamento, (f) caixa de areia, (g) casa de bombas, (h) recalque de água bruta, (i) cabine de controle da captação

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

c) Captação no rio Sapucaí Mirim

O Sistema Sapucaí Mirim tem sua captação no rio Sapucaí Mirim e encaminha a água bruta para ser tratada na ETA Sul, através de um sistema de recalque, com uma vazão de até 800l/s.

Atualmente o sistema tem sua implantação parcial, operando com uma vazão de 430l/s, abastecendo parte da zona sul da cidade (30% dos imóveis), cerca de 12% da população

de Franca. O Sistema Produtor de Água Sapucaí-Mirim vai dobrar a capacidade de produção de água tratada em Franca. O volume passará de 1.000 l/s atualmente para 1.800 l/s.

Para a tomada d'água no manancial é utilizado um sistema denominado Intake que permite que a água seja captada sem a passagem de material grosseiro, até uma elevatória de baixa carga. Nesta elevatória existem dois poços de sucção vaso-comunicantes com o rio. Na elevatória de baixa carga existem cinco bombas submersíveis; três no poço de sucção 1 e duas no poço de sucção 2 que elevam a água bruta ainda com areia até a caixa de areia. Para uma vazão de 800l/s operam quatro bombas e para a vazão de 430l/s operam duas. Cada bomba de baixa carga tem potência de 70cv e tensão de 440V. A seguir a água é encaminhada até uma caixa de areia com fundo composto de câmaras trapezoidais nas quais a areia depositada é conduzida para secagem e cuja água remanescente é retornada para o rio. A água segue para a estação de bombeamento EEAB1 que se localiza no interior da área de captação e é encaminhada para a ETA Sul. A Figura 3.5.2(7) mostra as etapas pelas quais a água passa na captação.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Figura 3.5.2(7) - Captação do rio Sapucaí Mirim – (a) captação por sistema Intake, (b) poço de sucção de chegada, (c) Vista lateral da caixa de areia com fundo de câmaras trapezoidais, (d) secagem da areia com retorno da água presente para o rio, (e) tanques de proteção contra transientes hidráulicos, (f) vista superior da caixa de areia, (g) casa de bombas, (h) ponte rolante para movimentação das bombas, (i) casa de comando da captação

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

Observações sobre a Figura 3.5.2(7):

(a) Ultimamente notou-se um problema no sistema Intake: ele nem sempre fica submerso. Portanto seria interessante a construção de uma barragem de elevação de nível para que o sistema funcione melhor.

(b) canal de entrada e elevatória de água bruta de baixa carga: 5 conjuntos motobomba em operação e 1 de reserva com vazão de 210 l/s por conjunto e a potência de cada conjunto motobomba é de 70 Hp com altura manométrica de 15 m.c.a.

(c) e (f) caixas de areia 1 em operação e 1 de reserva. O fundo com câmaras trapezoidais facilita a deposição e principalmente o descarte da areia pelo fundo.

d) Captação por poços

O sistema integrado Franca – Restinga faz sua captação através de poços no município de Restinga. O Poço P1 capta até 90 m³/h (25 l/s) e o Poço P2 até 155 m³/h (43 l/s). A água é então encaminhada para o centro de reservação, no qual a água recebe aplicação de cloro e flúor. A água é bombeada para a cidade de Restinga e o excedente é recalcado para a zona oeste da cidade de Franca com uma vazão de 60 l/s. Pode-se observar o sistema Franca-Restinga através da Figura 3.5.2(8).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 3.5.2.8 - Captação por poços – Sistema Franca – Restinga – (a) instalações do poço P1; (b) poço P1; (c) poço P2; (d) instalações do poço P2; (e) tratamento simplificado – tanque de hipoclorito de sódio; (f) tanques de tratamento

Fonte: Sabesp, 2023

e) Comentário final sobre as captações

Considerando que o sistema Canoas capta de 460 a 800 l/s, podendo chegar até 900 l/s; que o Sistema Pouso Alegre capta de 90 a 200 l/s de água podendo chegar até 200 l/s; que o Sistema Sapucaí Mirim pode chegar a captar até 800 l/s e que a produção de água para a população atual é de 1.000 l/s:

Nenhum Sistema sozinho pode fornecer água para a cidade, sendo que se o Sistema Sapucaí Mirim não tem capacidade de fornecer água sozinho para a cidade, as Captações do Canoas e Pouso Alegre precisam continuar a existir. E devemos lembrar que a população poderá crescer demandando mais água. Daí conclui-se a importância do Sistema produtor Norte para a cidade.

Considerando que o nível de comprometimento hídrico no manancial da captação do Canoas é alto (entre 30 e 70%) e que o comprometimento hídrico no manancial da captação do Pouso Alegre é muito alto (entre 70 e 100%) e que hoje em dia essas captações não conseguem cumprir a outorga:

Deverá haver um balanço entre as captações de água agora que o Sistema Sapucaí Mirim entrou em operação. É claro que as barragens do Sistema produtor Norte ajudam a

regularizar a vazão, mas é necessário que se cumpra a outorga, dê prioridade ao abastecimento humano, se mantenha a vazão ecológica do rio e se respeite os outros usos nas bacias.

3.5.2.3. Adução de Água Bruta

Segundo a Sabesp os dados a seguir darão uma noção da complexidade dos sistemas de adução de água bruta que são necessários para garantir que a população seja abastecida. E completa dizendo que sistemas desse porte são raros em cidades interioranas.

“Além dessa complexidade hidráulica e eletromecânica do sistema de adução, o relevo montanhoso e as características geotécnicas do solo encontrados no caminhamento das adutoras agregam mais dificuldades de projeto, construção, operação e manutenção das unidades operacionais, dificuldades essas que podem ser incomuns inclusive nas grandes cidades”.

O sistema complexo de abastecimento de água e esgotos de Franca é utilizado inclusive como exemplo no ensino e pesquisa da região.

a) Sistema Canoas

A adução de água bruta neste sistema é composta por duas elevatórias (EE1 e EE2), dois boosters (Booster 1 e Booster 2) e 14,7km de adutora, diâmetro de 700mm, com trechos em ferro fundido e aço carbono.

A presença de transporte de sedimentos na bacia, seja por erosão, seja por mau uso do solo, é extremamente prejudicial para o funcionamento das bombas reduzindo sua vida útil.

O material do rotor bombas foi modificado, sendo colocado aço duplex que é melhor para desgaste por abrasão. Mesmo assim a manutenção por abrasão é constante: a cada seis meses as bombas vão para manutenção para substituição de peças. As carcaças também tem apresentado muitos problemas.

O percurso por onde passa a adutora é composto por áreas de pasto e também travessias, além do terreno ser sujeito a erosões.

Na adutora é realizado serviço preventivo, com inspeções mensais no período chuvoso e trimestrais no período seco, além de geofonamento anualmente.

São realizadas correções no terreno, conserto de contenções nas travessias, instalação de drenagem e outros, todos com mão de obra da Sabesp.

A capacidade hidráulica máxima do sistema de recalque, com três conjuntos motobomba funcionando em paralelo é de 830 l/s. Dois conjuntos motobomba em paralelo recalcam 680l/s e um único conjunto 460 l/s.

Elevatória EE1

A Elevatória EE1 encontra-se dentro do próprio local da captação.

Nesta elevatória existem três conjuntos motobombas que operam em paralelo. Figura 3.5.2(9)

- Potência de cada conjunto motobomba: 1.350cv – Total: 4.050cv
- Tensão dos motores: 13,2 kV
- Altura manométrica das bombas: entre 170 e 180m.c.a.
- Vazão: 450 – 900l/s



Figura 3.5.2(9) - Elevatória de Água Bruta EE1 do Sistema Produtor Norte

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

Elevatória EE2

Funcionam nesta elevatória três conjuntos motobombas que operam em paralelo.

Figura 3.5.2(10)

- Potência de cada conjunto motobomba: 1.700cv – Total: 5.100cv
- Tensão dos motores: 13,2kV
- Altura manométrica das bombas: entre 205 e 220m.c.a.
- Vazão: 450 – 900l/s

Segundo a Sabesp nas duas elevatórias não há conjunto motobomba reserva instalado. As elevatórias operam a maior parte do tempo com os três conjuntos e, em alguns momentos, no período da noite, operam com duas bombas.



Figura 3.5.2(10) - Elevatória de Água Bruta EE2 do Sistema Produtor Norte

Fonte: Sabesp, 2023

Booster 1

Os boosters tem a função de reduzir a altura manométrica sobre as elevatórias e aumentar a vazão do sistema. Figura 3.5.2(11)

- Potência: 600cv
- Tensão: 440V
- Local instalado: entre EE1 e EE2
- Altura manométrica: 35 m.c.a.
- Vazão: 900l/s



Figura 3.5.2(11) - Vista do Booster 1 e bomba do sistema

Fonte: VM Engenharia, 2019

Booster 2

O booster 2 pode ser visualizado na Figura 3.5.2(12)

- Potência: 500cv
- Tensão: 440V
- Local instalado: entre EE2 e ETA Norte
- Altura manométrica: 25 m.c.a.
- Vazão: 900l/s



Figura 3.11.2(12) - Vista do Booster 2

Fonte: VM Engenharia, 2019

A seguir na Figura 3.5.2(13) apresenta-se o perfil longitudinal da adutora de água bruta do Sistema Canoas. Na Tabela 3.5.2(5) encontram-se as características da Adutora de água bruta deste Sistema.

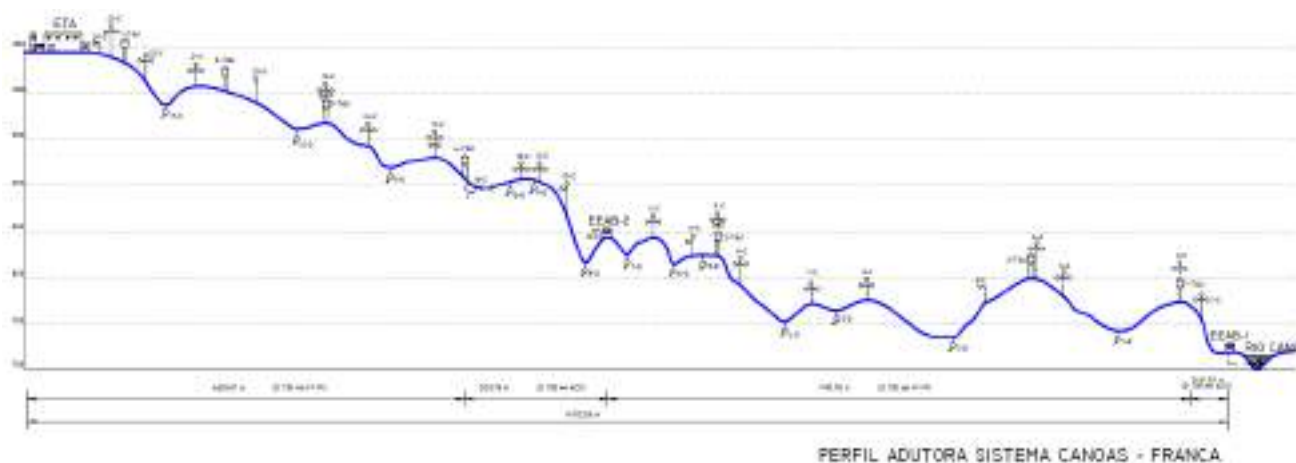


Figura 3.5.2(13) - Perfil longitudinal da adutora do Sistema Canoas – Franca

(Fonte: Sabesp)

Obs: A Figura pode ser melhor visualizada no Anexo 3.5.2(2)

Tabela 3.5.2(5) - Características da Adutora de Água Bruta do Sistema Canoas

Discriminação	Trecho			
	EE1 – EE2		EE2 – ETA Norte	
Diâmetro (mm)	700		700	
Extensão (m)	433	7.491,93	2.138,78	4.638,07
Material	aço	FºFº	aço	FºFº
Desnível geométrico (m)	139		200,6	
Tanques de amortecimento unidirecional	3		4	

(adaptado de Sabesp 2013)

EE1 – EE2: 7.925 m aproximadamente e EE2 – ETA: 6.462 m aproximadamente. Total de 14,887 km aproximadamente.

Todos esses dados comprovam a dificuldade em se operar um sistema como esse com desníveis tão grandes a vencer, necessitando de muito recalque de água bruta e com terreno tão complexo a superar.

b) Sistema Pouso Alegre

O sistema possui três elevatórias de água bruta (PA1, PA2 e PA3). A extensão da adutora de água bruta é de 10,370 km, diâmetro com trechos de 450 mm e outro de 400 mm e é toda composta de Ferro Fundido.

O percurso por onde passa a adutora é composto por áreas de preservação e cafezais, sendo muito mais simples a manutenção que no Sistema Canoas.

Dois conjuntos motobomba em paralelo recalcam 200 l/s e um único conjunto 90 l/s.

Elevatória PA1

Existem nesta elevatória quatro conjuntos motobomba instalados, operando um ou dois conjuntos por vez, ficando dois conjuntos como reserva já instalados. Figura 3.5.2(14)

- Potência: 250cv
- Tensão de alimentação: 440V
- Vazão: 100 – 200l/s
- Altura manométrica das bombas: 105 m.c.a.

- Dois conjuntos são acionados por inversores de frequência e dois conjuntos por soft starters



Figura 3.11.2(14) - Elevatória de Água Bruta PA1 do Sistema Produtor Norte

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

Elevatória PA2

Possui quatro conjuntos motobomba instalados, operando um ou dois conjuntos por vez, ficando dois conjuntos como reserva instalados. Figura 3.5.2(15)

- Potência: 350cv
- Tensão de alimentação: 440V
- Vazão: 100 – 200l/s
- Altura manométrica das bombas: 160 m.c.a.
- Dois conjuntos são acionados por inversores de frequência e dois conjuntos por soft starters



Figura 3.5.2(15) - Elevatória de Água Bruta PA2 do Sistema Produtor Norte

Fonte: Sabesp, 2023

Elevatória PA3

Nesta elevatória quatro conjuntos motobomba estão instalados, operando um ou dois conjuntos por vez, ficando dois conjuntos como reserva instalados. Figura 3.5.2(16)

- Potência: 250cv
- Tensão de alimentação: 440V
- Vazão: 100 – 200l/s
- Altura manométrica das bombas: 115 m.c.a.
- Dois conjuntos são acionados por inversores de frequência e dois conjuntos por soft starters



Figura 3.5.2(16) - Elevatória de Água Bruta PA3 do Sistema Produtor Norte

Fonte: Sabesp, 2023

A seguir na Figura 3.5.2(17) apresenta-se o perfil longitudinal da adutora de água bruta do Sistema Pouso Alegre. Na Tabela 3.5.2(6) encontram-se as características da Adutora de água bruta deste Sistema.

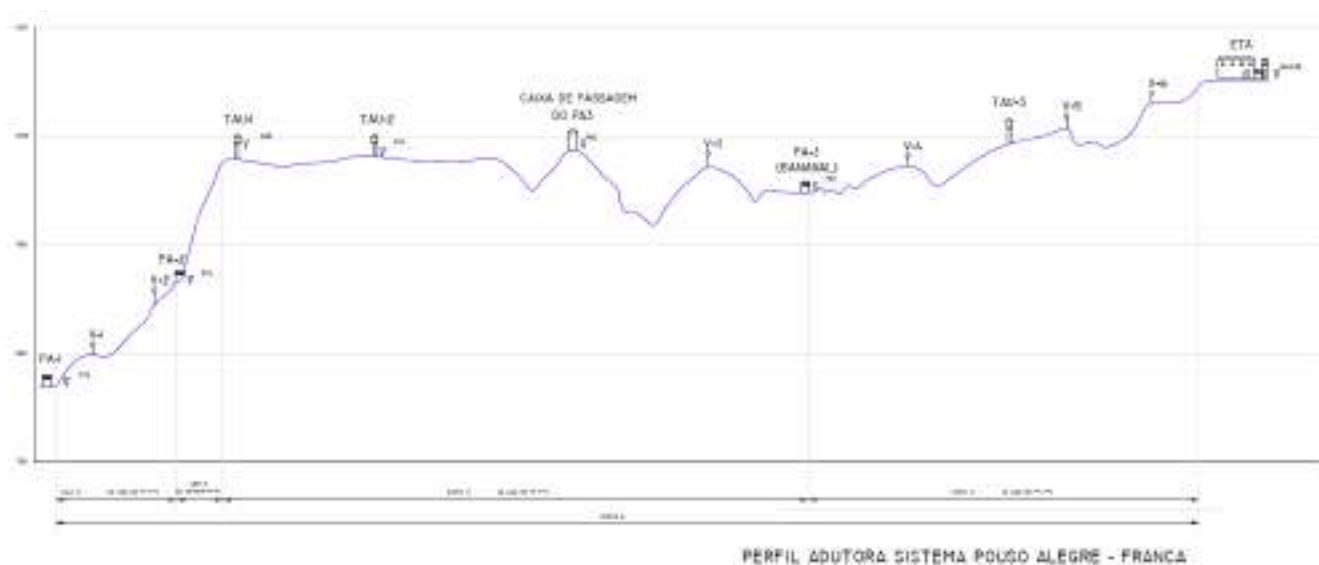


Figura 3.5.2(17) - Perfil longitudinal da adutora do Sistema Pouso Alegre – Franca

Fonte: Sabesp

Obs: A Figura pode ser melhor visualizada no Anexo 3.5.2(3)

Tabela 5.5.2(6) - Características da Adutora de Água Bruta do Sistema Pouso Alegre

Discriminação	Trecho			
	PA1 – PA2	PA2 - CP	CP – PA3	PA3 – ETA Norte
Diâmetro (mm)	450	450	400	450
Extensão (m)	1.140	445	5.390	3.390
Material	FºFº	FºFº	FºFº	FºFº
Desnível geométrico (m)	92	103	65	
Tanques de amortecimento unidirecional	3			

Da mesma forma que no Sistema Canoas tem-se uma grande dificuldade de operação graças a distância da adutora e desnível geométrico a ser vencido.

c) Sistema Sapucaí Mirim

Neste sistema a água bruta é recalçada para a ETA Sul através de três elevatórias (EEAB1, EEAB2 e EEAB3). A adutora possui uma extensão de 20,791 km, diâmetro de 800 mm e trechos em aço e outros em Ferro Fundido.

O trajeto da adutora de água bruta se dá em relevo que ajuda muito a manutenção e operação. Trata-se de trecho reto com apenas uma travessia em rio e se localiza ao lado de uma rodovia. Porém é extremamente longa e com grande desnível geométrico a vencer.

Elevatória EEAB1

Nesta elevatória existem três conjuntos motobomba, sendo que para a vazão de 800l/s operam dois conjuntos e para a vazão de 430l/s opera somente um conjunto. O terceiro conjunto é reserva instalado. Figura 3.5.2(18)

- Potência dos motores: 1.000cv
- Tensão: 3,8kV
- Vazão: 430 – 800l/s
- Altura manométrica das bombas: 120 – 135 m.c.a.



Figura 3.5.2(18) - Elevatória de Água Bruta EEAB1 do Sistema Produtor Sapucaí Mirim

Fonte: Sabesp, 2023

Elevatória EEAB2

Nesta elevatória existem três conjuntos motobomba, sendo que para a vazão de 800l/s operam dois conjuntos e para a vazão de 430l/s opera somente um conjunto. O terceiro conjunto é reserva instalado. Figura 3.5.2(19)

- Potência dos motores: 1.100cv
- Tensão: 3,8kV
- Vazão: 430 – 800l/s
- Altura manométrica das bombas: 130 – 145 m.c.a.



Figura 3.5.2(19) - Elevatória de Água Bruta EEAB2 do Sistema Produtor Sapucaí Mirim

Fonte: Sabesp, 2023

Elevatória EEAB3

Nesta elevatória existem três conjuntos motobomba, sendo que para a vazão de 800l/s operam dois conjuntos e para a vazão de 430l/s opera somente um conjunto. O terceiro conjunto é reserva instalado. Figura 3.5.2(20)

- Potência dos motores: 1.250cv
- Tensão: 3,8kV
- Vazão: 430 – 800l/s
- Altura manométrica das bombas: 125 – 145m.c.a.



Figura 3.5.2.20 - Elevatória de Água Bruta EEAB3 do Sistema Produtor Sapucaí Mirim

Fonte: Sabesp, 2023

Na Figura 3.5.2(21) a seguir apresenta-se o desenho esquemático da adutora de água bruta do Sistema Sapucaí Mirim. Na Tabela 3.5.2(7) encontram-se as características da Adutora de água bruta deste Sistema.

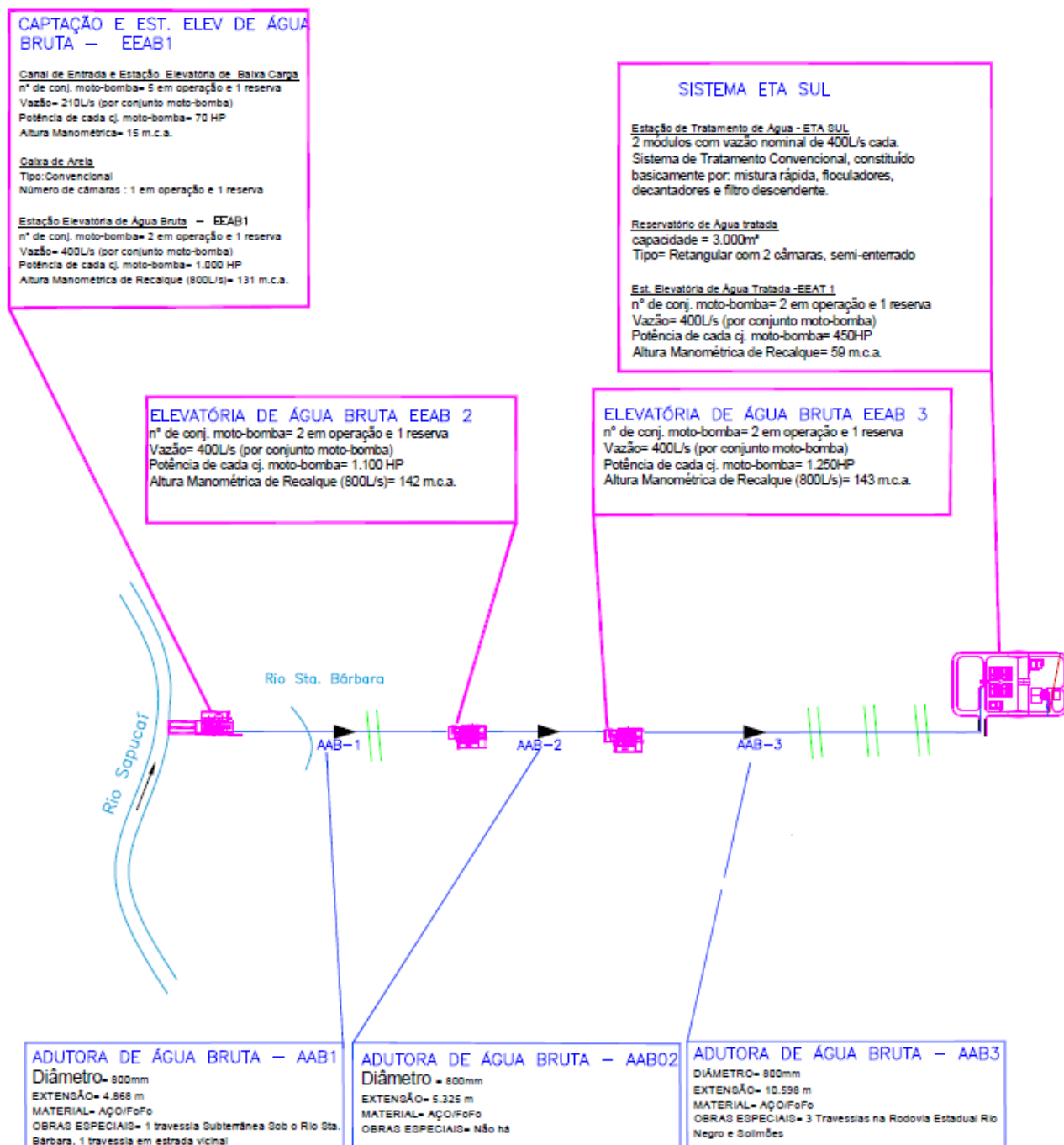


Figura 3.5.2(21) – Desenho esquemático do sistema produtor Sapucaí Mirim

Fonte: Sabesp

Tabela 3.5.2(7) - Características da Adutora de Água Bruta do Sistema Sapucaí Mirim

Discriminação	Trecho		
	EEAB1-EEAB2	EEAB2-EEAB3	EEAB3-ETA
Diâmetro (mm)	800	800	800
Extensão (m)	4.868	5.325	10.598
Material	Aço/FºFº	Aço/FºFº	Aço/FºFº
Obras especiais	1 travessia subterrânea sob o rio Sta. Bárbara, 1 travessia em estrada vicinal	Não há	3 travessias na rodovia Estadual Rio Negro e Solimões

Extensão total da adutora de 20.791 m.

Devido à grande distância a ser percorrida, grande quantidade de elevatórias com altura manométrica elevada e consumo de produtos químicos, o sistema Sapucaí Mirim torna-se o com custo operacional maior de todos fazendo com que outras opções sejam sempre preferidas para que os custos de produção possam ser menores.

d) Sistema Integrado Franca-Restinga

A potência total instalada do sistema (bombas dos poços, motobombas de recalque dos poços até o centro de reservação e motobombas de recalque de Restinga para Franca) é de 790 cv. Vazão para Franca: 60l/s. Podemos visualizar esse sistema através da Figura 3.5.2(22).



Figura 3.5.2(22) - Elevatória de água tratada do sistema Franca – Restinga

Fonte: Sabesp, 2023

3.5.2.4. Estações de Tratamento de Água

Todas as informações sobre as Estações de Tratamento de Água foram fornecidas pela Sabesp Franca.

ETA NORTE

A ETA Norte faz parte do Sistema Produtor Norte e recebe a água bruta proveniente dos Sistemas Canoas e Pouso Alegre. Localiza-se ao Norte da cidade de Franca - SP, num dos pontos mais altos da cidade (cerca de 1.040 m de altitude) o que facilita a distribuição.

A ETA tem vazão nominal de projeto de 650 l/s, porém trata hoje em dia, 1.000 l/s.

A Estação pode tratar até 1.100 l/s de água, e funciona ininterruptamente e produz 95.000 m³ de água potável diariamente. É operada por técnicos capacitados e com formação especial (possuem CRQ).

Mesmo tendo a operação com vazão acima da vazão nominal de projeto, a água produzida nesta ETA atende aos padrões de potabilidade.

Constitui-se de uma Estação de Tratamento de Água do Tipo Convencional com caixa de entrada de água bruta, medidor de vazão (Parshall), mistura rápida, coagulação, floculação (três floculadores), decantação (cinco decantadores de fluxo horizontal), filtração (nove filtros de filtração rápida de dupla camada – areia e antracito), desinfecção e fluoretação. A seguir tem-se uma vista aérea da Estação de Tratamento de Água Norte na Figura 3.5.2(23)



Figura 3.5.2(23) – Vista aérea ETA Norte

Fonte: Sabesp

a) Chegada na ETA:

As duas tubulações (sistema Canoas e sistema Pouso Alegre) chegam até a ETA separadamente e a água bruta se une em uma câmara de 30 m³ onde se inicia o processo físico-químico no qual se adiciona:

Coagulante: Poli Cloreto de Alumínio (PAC) e polímero. São utilizados para a desestabilização de cargas elétricas presentes na água, favorecendo assim a aglutinação de partículas em suspensão.

Alcalinizante: Hidróxido de Cálcio. Aplicado para corrigir o pH da água, cria melhores condições para o coagulante interagir com a suspensão.

Cloração: Hipoclorito de Sódio. É imprescindível nesta etapa. O cloro oxida os microorganismos e previne a proliferação de algas nas unidades seguintes do tratamento.

Figura 3.5.2(24).



Figura 3.5.2(24) – Chegada da água bruta a ETA

Fonte: VM Engenharia, 2019

b) Medição de vazão:

A calha Parshall mede a vazão de água bruta que entra na Estação de Tratamento. Ao lado do medidor Parshall encontra-se um medidor ultrassônico, que envia sinal para o medidor de vazão (localizado no laboratório de controle) e estes dados ficam armazenados num Supervisório de controle. Estes dados são utilizados para se efetuar os cálculos de produtos químicos a serem adicionados ao processo. Através desse medidor tem-se o controle da água produzida pela ETA. Na Figura 3.5.2(25) visualiza-se a Calha Parshall.



Figura 3.5.2(25) – Medidor Parshall de vazão – adição de produtos químicos

Fonte: Sabesp

c) Floculação:

A ETA possui floculadores mecanizados. São três sistemas de floculação que totalizam 1.285 m³ de capacidade de armazenamento de água. Os floculadores tem tempo de detenção aproximado de 24 minutos. Cada floculador é dividido em 4 compartimentos em série e cada um é dotado de um agitador tipo turbina, com energia variável e velocidade de rotação decrescente. Figura 3.5.2(26)



Figura 3.5.2(26) – Floculadores

Fonte: Sabesp

d) Decantação:

Nos decantadores ocorre a sedimentação dos flocos formados e neste momento acontece a maior redução de turbidez de todo o processo. A ETA possui 5 decantadores retangulares de fluxo horizontal, somando uma área de 1.157 m². O tempo de retenção da água em cada decantador é de aproximadamente 1 hora e 25 minutos. A entrada da água é feita através de cortinas de madeira, perfuradas em toda sua extensão, para que haja uniformidade em sua distribuição. A coleta da água decantada é efetuada por meio de calhas coletoras, que são niveladas por vertedores triangulares fabricados em fibra de vidro. A cada 60 dias, efetua-se a drenagem e limpeza destes decantadores. Cerca de 75% de seu volume é constituído de lodo sedimentado. A vista de um decantador pode ser observada na Figura 3.5.2(27).



Figura 3.5.2(27) – Decantadores

Fonte: Sabesp

e) Filtração:

Nesta etapa, são eliminadas da água as partículas finamente floculadas que não sedimentam por falta de peso para a distância a ser percorrida no decantador. A ETA possui 13 filtros, do tipo rápido, de gravidade (fluxo descendente), com as seguintes características: Camada de suporte: composta por seixos rolados de diversas medidas; Areia: com tamanho efetivo de 0,41 à 0,45 mm; Antracito: com tamanho efetivo de 0,85 à 0,90 mm. A lavagem dos filtros ocorre quando a taxa de filtração declinar ou houver aumento da turbidez da água filtrada. Para se efetuar a lavagem de cada filtro (superficial e contracorrente) utiliza-se em torno de 150 m³ de água. Esta água retorna para a caixa do início do processo. Cada filtro contém uma mesa de comando, através da qual são operadas hidraulicamente, suas válvulas e comportas, como também o controle da bomba de lavagem superficial. Figura 3.5.2(28)



Figura 3.5.2(28) – Filtros

Fonte: Sabesp

f) Lodos do processo e água de lavagem dos filtros:

A água de lavagem dos filtros retorna para a caixa do início do processo. Os lodos são encaminhados para a Estação de Tratamento de Esgotos de Franca.

g) Caixa de reunião de água:

Na etapa final a água filtrada flui a uma caixa de reunião, situada próxima à casa de química. Nesta caixa é finalizada a etapa do tratamento da água com a aplicação dos seguintes produtos químicos: Cloro - para desinfecção e manutenção de um residual na rede de distribuição, garantindo a potabilidade da água até a utilização por parte da população. Alcalinizante - a cal é aplicada para correção de pH a para que haja a formação de uma película protetora de carbonato de cálcio, auxiliar na conservação da rede de distribuição. Ácido Fluorsilícico - o flúor (ácido fluorsilícico) é adicionado ao processo de acordo com a legislação vigente. Figura 3.5.2(29)



Figura 3.5.2(29) - Caixa de Reunião de Água Tratada

Fonte: Sabesp

h) Controle Operacional:

O controle operacional de todo o processo de tratamento é efetuado no prédio destinado ao controle da qualidade da água, preparo e dosagem dos produtos químicos a serem utilizados, que abriga também a sede administrativa da ETA.

Esse controle é monitorado por um computador com leitura em tempo real (supervisório), responsável pela emissão de relatórios de controle de vazão, dosagens e resultados de análises. É também de responsabilidade da ETA a realização de análises físico-químicas necessárias ao funcionamento do sistema de produção de água (pH água bruta, pH água coagulada, pH água final, cloro, flúor, etc). Figura 3.5.2(30)



Figura 3.5.2.(30) - Laboratório de análises físico-químicas

Fonte: Sabesp

i) Saída da água tratada:

O controle da produção, com vazões e volumes, e o controle de dosagens de todos os produtos químicos é realizado de forma automática pelo sistema de automação. Somente a lavagem dos filtros é realizada manualmente. O operador monitora e pode intervir no tratamento, através do Supervisório.

Partindo da caixa de reunião de água tratada, o efluente da ETA é enviado para 5 reservatórios semienterrados, localizados na área interna da Sabesp (totalizando aproximadamente 11.600m³) e para um reservatório elevado, que tem parte de sua capacidade preenchida com água de lavagem de filtros.

Em seguida, a água restante é enviada para outros 16 reservatórios estrategicamente localizados na área urbana do município e distribuída à população através de 700 km de rede de distribuição. Figura 3.5.2(31)



Figura 3.5.2(31) – Reservatório de Água para Lavagem dos Filtros

Fonte: Sabesp

ETA SUL

Na Figura 3.5.2(32) pode-se observar uma vista aérea da Estação de Tratamento de Água Sul.



Figura 3.5.2(32) - Vista aérea da Estação de Tratamento de Água Sul

Fonte: Sabesp

A Estação de Tratamento de Água Sul faz parte do Sistema produtor Sapucaí Mirim e recebe água proveniente do rio de mesmo nome. A Estação entrou em operação em 2022. Na Figura 3.11.2(33) pode ser vista a entrada da ETA Sul.

Possui vazão nominal de projeto de 800 l/s, porém atualmente trata 430 l/s, podendo tratar até 800 l/s. A ETA é composta pela caixa de entrada de água bruta, medidor Parshall, dois módulos de produção de água (MPA1 e MPA2ncom vazão nominal de 400 l/s cada), caixa de contato do efluente e reservatório elevado para água de serviço.

Trata-se de sistema de tratamento convencional constituído basicamente por mistura rápida, medição de vazão, floculação, decantação, filtração, cloração e fluoretação.



Figura 3.5.2(33) - Entrada da Estação de Tratamento de Água Sul

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

a) Chegada na ETA:

A água proveniente do sistema Sapucaí Mirim chega à Estação por um canal abaixo da calha Parshall e segue em direção a esta. Neste processo são adicionados hipoclorito de sódio, cal hidratada para correção do pH de coagulação e para coagulação policloreto de alumínio (PAC) e polímero. Figura 3.5.2(34)



Figura 3.5.2(34) – Caixa de chegada de água

Fonte: VM Engenharia, 2019

b) Medição de vazão:

Para a medição de vazão utiliza-se um medidor Parshall. Isto é muito importante para auxiliar junto com a qualidade na dosagem de produtos químicos na ETA. Figura 3.5.2(35).



Figura 3.11.2(35) - Medidor Parshall de vazão

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

- c) Floculação: a floculação ocorre através de dois floculadores de concreto armado por MPA. Esses floculadores são hidráulicos e compostos por chicanas que fazem o fluxo de água se mover tanto vertical quanto horizontalmente promovendo uma mistura adequada a formação dos flocos de impurezas. Figura 3.11.2(37)



Figura 3.5.2(37) - Floculadores hidráulicos

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

- d) Decantação:

Existem quatro decantadores por MPA. Estes decantadores são de fluxo ascendente e são equipados com módulos tubulares em sua superfície o que aumenta a eficiência de sedimentação. O fundo dos decantadores é composto por câmaras trapezoidais facilitando a retirada do lodo. Figura 3.5.2(38)



Figura 3.5.2(38) - Decantadores de módulos tubulares

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

e) Filtração:

A ETA possui oito filtros por MPA. Os filtros são conhecidos como filtros rápidos e são de dupla camada de carvão e antracito. Figura 3.5.2(39)



Figura 3.5.2(39) – Filtros

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

f) Tanque de contato: Figura 3.5.2(40)



Figura 3.5.2(40) - Tanque de contato

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

g) Lodos do processo e água de lavagem dos filtros: Figura 3.5.2(41)

Os lodos do processo são enviados para a ETE Franca através de um sistema de Transferência de Lodo da ETA Sul. Esse sistema é composto de uma Estação Elevatória com capacidade para 5 l/s, uma adutora de 100 mm com extensão de 5.112 m e um emissário de 150 mm com extensão de 1.870 m. No caminho existem algumas obras especiais como 2 travessias de córrego e 1 travessia de rodovia (AUTOVIAS). Chegando na ETE o lodo é enviado para tanques de sedimentação e adensamento do lodo seguindo estação elevatória de recalque de lodos, sistema de aplicação de polímeros e sistema de desidratação de lodos.

A água de lavagem dos filtros, após decantada é enviada novamente para o sistema e o lodo sedimentado é incorporado aos demais lodos da ETA.



Figura 3.5.2(41) – Decantador da água de lavagem dos filtros e reuso de água para lavagem dos filtros.

Fonte: VM Engenharia, 2019

h) Outros: Figura 3.5.2(42)

O laboratório de análises químicas possui equipamentos para análises diárias da qualidade da água tratada e os dosadores de produtos químicos podem ser utilizados com sistema automático de medição dos parâmetros e dosagem de produtos químicos. A estação é toda automatizada e poderá funcionar sem a presença de operador no local.



Figura 3.5.2(42) - Analisadores automáticos

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

i) Saída da água tratada:

A ETA foi projetada para operar de forma desassistida presencialmente, automatizada, porém atualmente ainda opera no manual. Futuramente o controle da produção, com vazões, volumes, e o controle de dosagem de todos os produtos químicos, bem como a lavagem dos filtros será realizada de forma automática pelo sistema de automação. Podendo o operador intervir no tratamento a qualquer momento através do Supervisório. Figura 3.5.2(43). A ETA possui uma pós cloração e aplicação final de cal hidratada para correção do pH da água final. A fluoretação é realizada com a adição de ácido fluorsilícico.



Figura 3.5.2(43) - Reservatório de água tratada, poço de sucção e estação de bombeamento

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

No final do processo ainda existem uma Elevatória de água Tratada (EEAT), e também uma elevatória de lodo que recalca os lodos produzidos na ETA para a Estação de Tratamento de lodo (ETL), localizada na ETE Franca.

A EEAT está localizada na mesma área da ETA Sul, e recalca a água produzida pela ETA para o Centro de reservação Aeroporto de onde a água é distribuída para a zona sul da cidade. A EEAT recalca água tratada para o Centro de Reservação Aeroporto através de uma adutora de água tratada de 3.120 m de extensão, com diâmetro de 800 mm e constituída de Aço e Ferro Fundido e que atravessa uma rodovia. Nesta Elevatória existem três conjuntos motobomba, sendo que para a vazão de 800 l/s operam dois conjuntos e para a vazão de 430 l/s opera somente um conjunto. O terceiro conjunto é reserva instalado. Os motores têm potência de 450 cv cada e tensão de 3,8 kv.

O Sistema de transferência de lodo da ETA Sul é composto de uma Estação Elevatória com capacidade de 5 l/s e transfere o lodo para a ETE Franca através de uma adutora de 100 mm e extensão de 5.112 m e um emissário de 150 mm e extensão de 1.870 m.

Apresenta como obras especiais a travessia de 2 córregos e 1 rodovia (AUTOVIAS). Figura 3.5.2(44).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.5.2(44) – Sistema de recalque de lodo da ETA Sul – (a) identificação do sistema de recalque; (b) e (c) tanques de sedimentação do lodo; (d) conjuntos motobomba para recalque do lodo até a ETE Franca

Fonte: Sabesp

INTERLIGAÇÃO DAS ETAS

A Figura 3.5.2(45) mostra como será o sistema de interligação entre as duas ETAs da cidade de Franca.

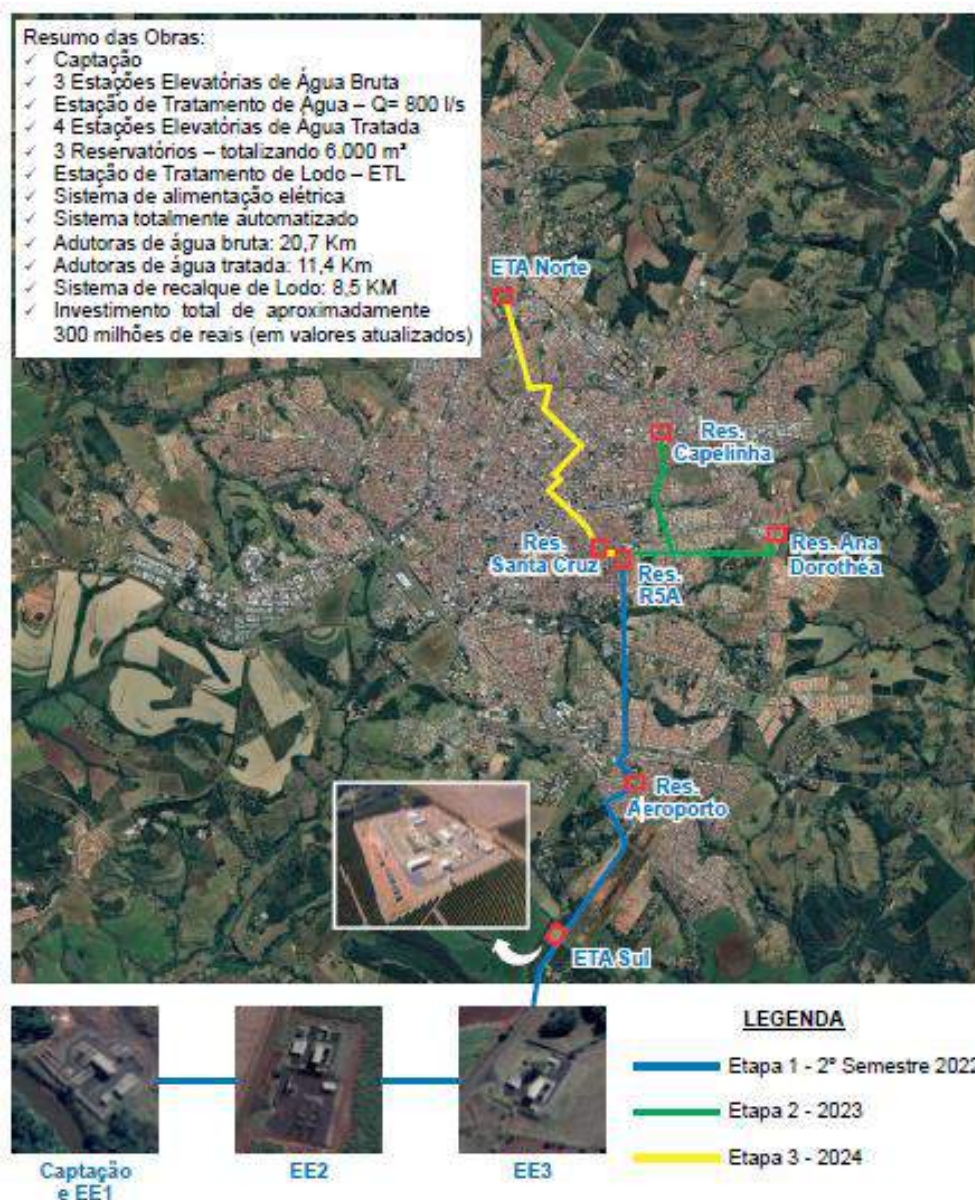


Figura 3.5.2(45) – Sistema Integrado de Abastecimento de Franca – ETA Norte – Canoas, Pouso Alegre e ETA Sul – Sapucaí Mirim

No resumo das obras da Figura 3.5.2(45) são mostradas características do sistema produtor Sapucaí Mirim e das interligações dos sistemas.

A primeira etapa que já foi concluída no segundo semestre de 2022 é composta por uma adutora de água tratada da ETA Sul até o Reservatório Aeroporto, o Reservatório Aeroporto, uma adutora de água tratada do Reservatório Aeroporto até o sistema R5A e do próprio sistema R5A.

A adutora de água tratada da ETA Sul até o Reservatório Aeroporto é descrita no item i) Saída de água tratada da ETA Sul.

O Reservatório Aeroporto tem uma capacidade de 2.000 m³ e é do tipo circular, apoiado.

A adutora de água tratada que vai do reservatório Aeroporto até o Sistema R5A possui diâmetro de 700 mm, extensão de 4.493 m e é composta de Aço e Ferro Fundido, precisa superar uma travessia sob Rodovia e 2 travessias sob córregos.

O Reservatório R5A é do tipo retangular, enterrado e possui uma capacidade de 1.000 m³.

A segunda etapa da expansão se dará do sistema R5A até os reservatórios Ana Dorothea e Capelinha existentes através de Estações Elevatórias.

A Estação Elevatória R5A/Capelinha veicula uma vazão de 183 l/s e possui 1 conjunto motobomba em operação e um de reserva com uma potência de 125 HP cada motor e tendo que vencer uma altura manométrica de 40 m.c.a.

A adutora R5A/Capelinha terá diâmetro de 400 mm e uma extensão de 2.940 m, sendo 2.160 m projetado e 780 m existente. A adutora será de Ferro Fundido e terá que vencer 2 travessias sob córregos.

A Estação Elevatória R5A/Ana Dorothea transporta água com uma vazão de 117 l/s com 1 conjunto motobomba e 1 de reserva com uma potência de 125HP cada motor e vencendo uma altura manométrica de 59 m.c.a.

A adutora de água tratada R5A/Ana Dorothea será construída com diâmetro de 300 mm e uma extensão de 2.900 m.

A terceira etapa fará a interligação do sistema R5A com a Reserva Anta Cruz (existente) e com a Reserva ETA Norte também existente.

A Estação Elevatória R5A/Santa Cruz transportará uma vazão de 150 l/s através de 1 conjunto motobomba em operação e um de reserva. A potência de cada motor é de 75 HP com uma altura manométrica de 28 m.c.a.

A adutora R5A/Santa Cruz possui diâmetro de 600 mm e uma extensão de 560 m em Aço e Ferro Fundido.

A Estação Elevatória R5A/ETA Norte recalcará uma vazão de 160 l/s com 2 conjuntos motobomba em operação e 1 de reserva com 150 HP de potência cada motor e altura manométrica de recalque de 45 m.c.a.

Na adutora de água tratada R5A/ETA Norte será necessário um reforço estrutural. Ela já possui uma extensão de 5.300 m com 400 mm e está projetada mais uma extensão de 281 m de 500 mm, ambas em Ferro Fundido. Será necessário reforço estrutural nas curvas com sondagens para avaliar a estrutura existente.

A Sabesp diz que a previsão é que, já neste ano, o Sistema Sapucaí Mirim chegará também à Zona Leste e, em 2024, estará totalmente integrado com o sistema produtor Norte: Rio Canoas e Córrego Pouso Alegre. E desta forma poderá abastecer toda a cidade, garantindo saúde e qualidade de vida para todos.

3.5.2.5. Reservação e Distribuição de Água Tratada na bacia do Rio Canoas

O sistema de distribuição de água de Franca é dividido em 11 setores divididos de I a XII, sendo que o Setor IX está desativado.

A Figura 3.5.2(46) a seguir apresenta as zonas ou setores de abastecimento com os reservatórios de distribuição pertencentes a cada uma delas (mapa no anexo 3.5.2(4)a).

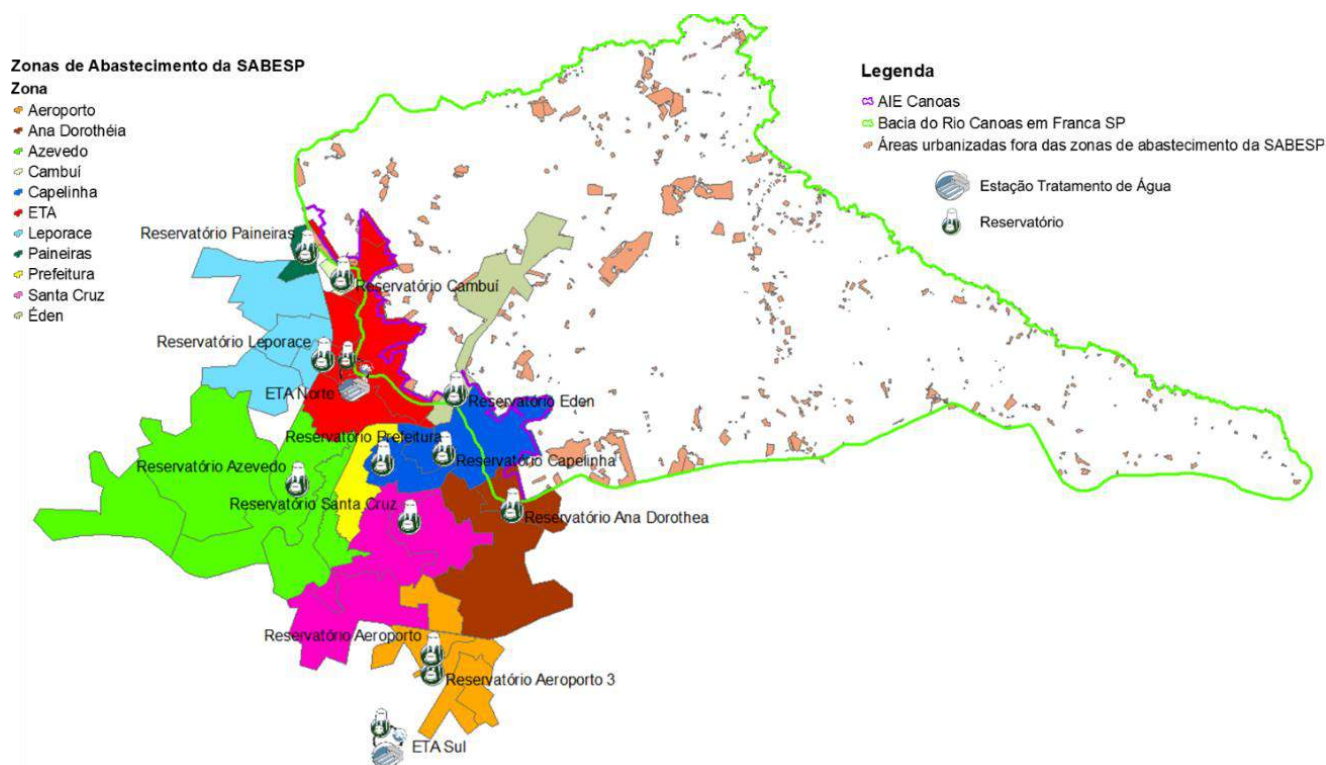


Figura 3.5.2(46) - Setores de abastecimento de água com reservatórios correspondentes

a) Setores de abastecimento

Os setores de abastecimento são divididos em subsetores para uma maior facilidade de controle da distribuição.

A Figura 3.5.2(47) mostra os setores de abastecimento e suas subdivisões para a bacia do Rio Canoas (mapa no anexo 3.5.2(4)b).

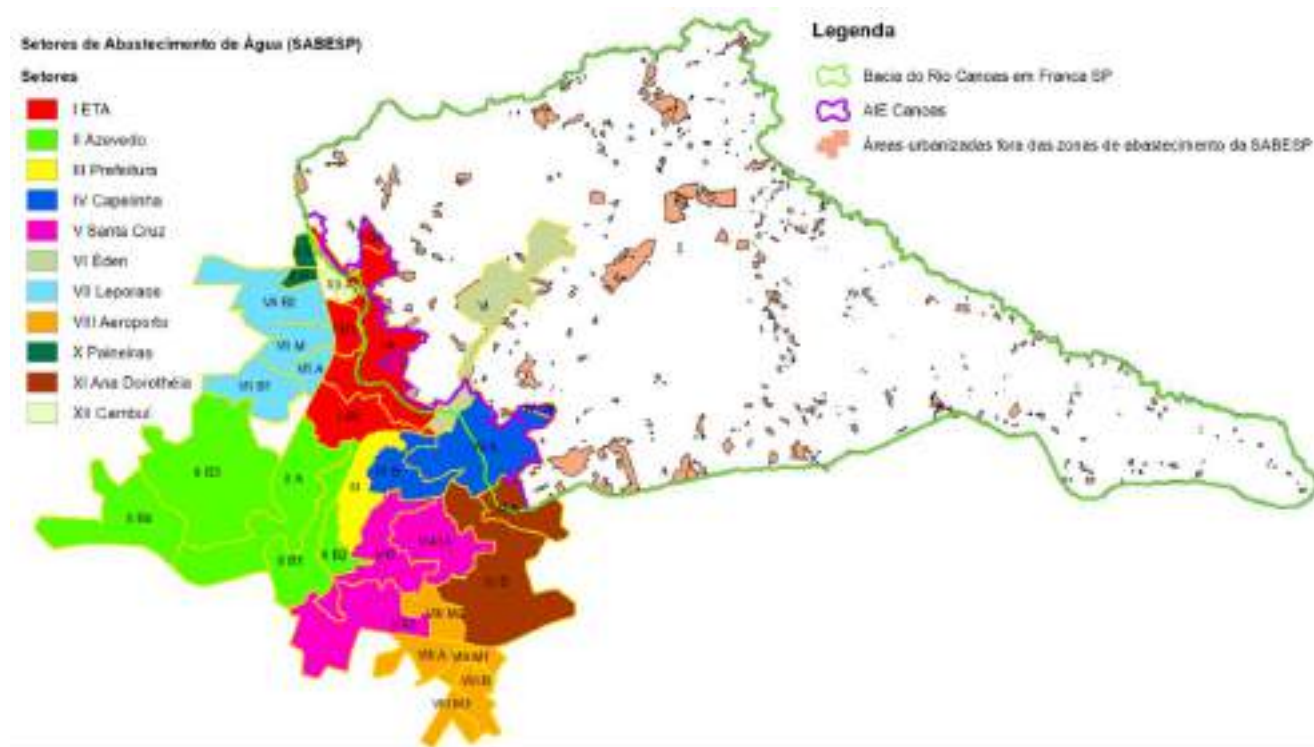


Figura 3.5.2(47) – Setores de Abastecimento de Água e Subdivisões

As zonas de abastecimento da Sabesp que fazem parte da Bacia do Rio Canoas são ETA – Setor I, Éden – Setor VI, Capelinha – Setor IV e Ana Dorothea – Setor XI. Os reservatórios correspondentes a cada área são: ETA Norte (TN 1 e IQA), Reservatório Éden (R6 e T6), Capelinha (T4 e TN4) e Ana Dorothea (R11). Esses sistemas podem ser observados na Figura 3.11.2(46) e Figura 3.11.2(47).

Atualmente todos esses reservatórios recebem água proveniente da ETA Norte, mas com o processo de interligação das ETAs os reservatórios Capelinha e Ana Dorothea terão condições de receber água proveniente da ETA Sul. Desta forma o Sistema Sapucaí Mirim poderá abastecer uma parcela da Área Urbana da bacia do Canoas.

SISTEMA ETA – SETOR I

O Setor I – Sistema ETA de abastecimento abastece os seguintes bairros na bacia do Rio Canoas: (existem outros bairros nesses setores que não pertencem a bacia do Canoas)

- **Setor I A – Reservatório TN 1** (350 m³): City Petrópolis (parte), Jardim Ipanema, Miramontes, Recreio Campo Belo, Parque Dom Pedro I, Samel Park, Residencial Nova Franca, Jardim Dr. Antônio Petráglio.
- **Setor IQA (Petrópolis) – Reservatório TN1** (150 m³): City Petrópolis (parte)

Este Sistema abastece prioritariamente a parte urbana da Bacia do Rio Canoas que fica fora da AIE Canoas.

A Figura 3.5.2(48) apresenta o croqui esquemático do Sistema I – ETA.

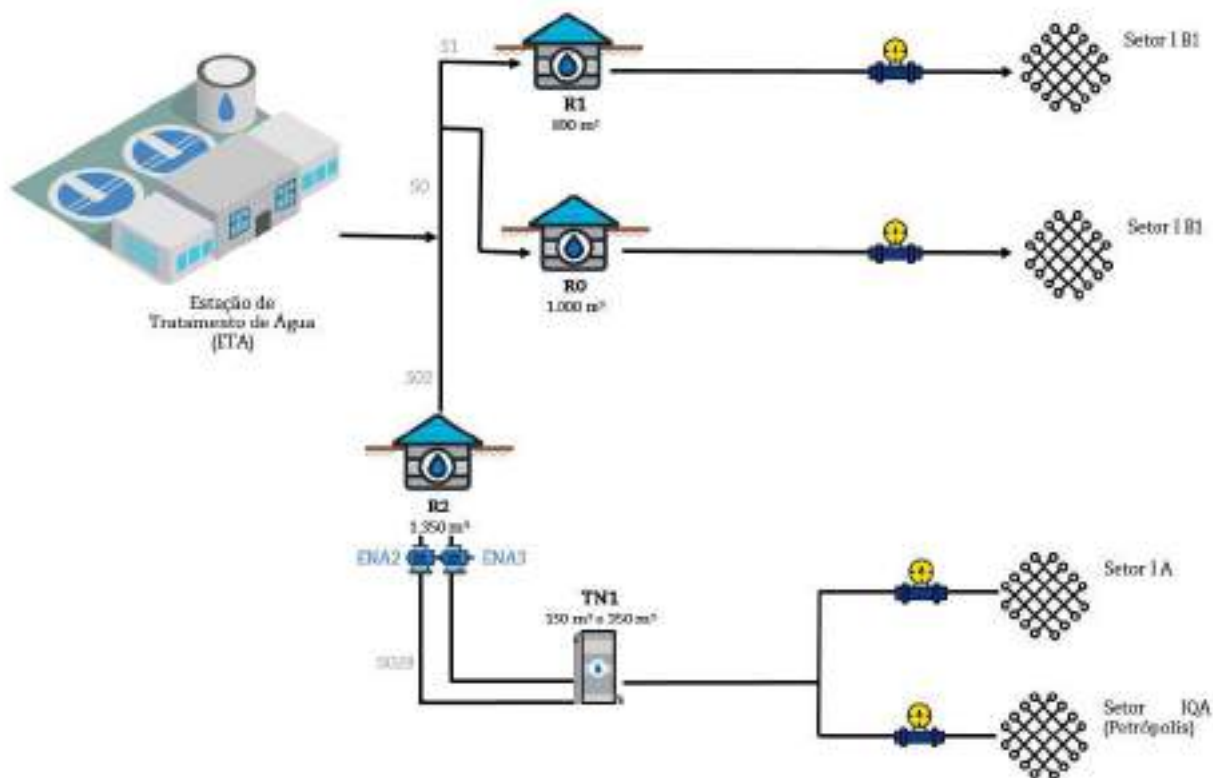


Figura 3.5.2(48) – Croqui esquemático do Sistema I - ETA.

Fonte: VM Engenharia, 2019 e SABESP, 2018

Tabela 3.5.2(8) - Zonas de Abastecimento – Setor I – Sistema ETA

Setor		I - ETA	
Setores de Abastecimento		Setor IA	Setor IQA
Reservatório		TN1	TN1
Dez/18	Ligações	9.972	769
	Economias	10.890	777
Consumo médio	(l/s)	50,01	3,86
Vazão perdas	(l/s)	16,04	1,24
Vazão média	(l/s)	66,06	5,09
Vazão Máxima	Diária (l/s)	76,06	5,87
	Horária (l/s)	106,7	8,18
Reservação	Necessária (m ³)	2.191	169
	Existente (m ³)	11.710	

SISTEMA CAPELINHA – SETOR IV

O Setor IV – Sistema Capelinha de abastecimento abastece os seguintes bairros na bacia do Rio Canoas: (existem outros bairros nesses setores que não pertencem a bacia do canoas).

- **Setor IV A– Reservatório T4** (150 m³): Jardim Paulistano, Jardim Palma, Jardim Braslândia, Jardim Paulistano, Jardim Panorama
- **Setor IV QA– Reservatório TN4**: Jardim São Francisco

Este Sistema abastece parte da área urbana da Bacia do Rio Canoas que fica fora da AIE Canoas.

A Figura 3.5.2(49) apresenta o croqui esquemático do Sistema IV – Capelinha

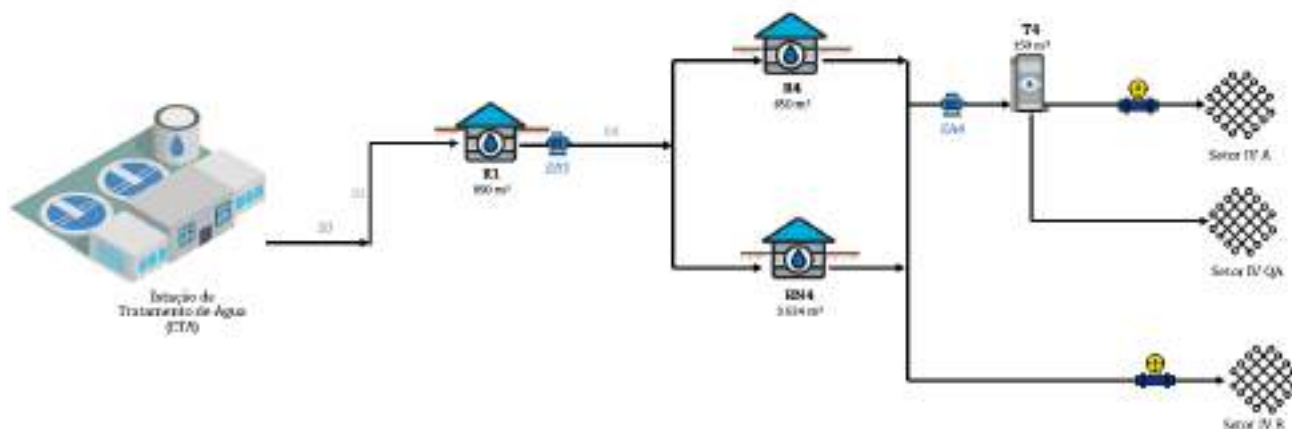


Figura 3.5.2(49) – Croqui esquemático do Sistema IV – Capelinha.

Fonte: VM Engenharia, 2019 e SABESP, 2018

Tabela 3.5.2(9) - Zonas de Abastecimento – Setor IV – Sistema Capelinha

Setor		Setor IV - Capelinha	
Setores de Abastecimento		Setor IV A	Setor IV QA
Reservatório		T4	TN4
Dez/18	Ligações	12.745	422
	Economias	13.218	425
Consumo médio	(l/s)	63,93	2,12
Vazão perdas	(l/s)	20,50	0,68
Vazão média	(l/s)	84,43	2,80
Vazão Máxima	Diária (l/s)	97,21	3,22
	Horária (l/s)	135,56	4,49
Reservação	Necessária (m³)	2.747,75	93
	Existente (m³)	4.624	

SISTEMA ÉDEN – SETOR VI

O Setor VI – Sistema Éden de abastecimento abastece os seguintes bairros na bacia do Rio Canoas: (existem outros bairros nesses setores que não pertencem a bacia do canoas)

- **Setor VI A– Reservatório R6 (310 m³):** Jardim do Éden, Residencial Rodrigo Salloum e Palma (parte)
- **Setor VI B– Reservatório T6 (30 m³):** Jardim Santa Mônica, Jardim Monte Carlo, Rec Fortuna, Capim Mimoso, Vale Belo e Parque do Mirante

O Sistema Éden, além de abastecer uma parte da área urbana da Bacia do Rio Canoas também abastece algumas regiões do setor de chácaras que fica dentro da AIE Canoas. Tabela 3.5.2(11).

A Figura 3.5.2(50) apresenta o croqui esquemático do Sistema VI – Éden

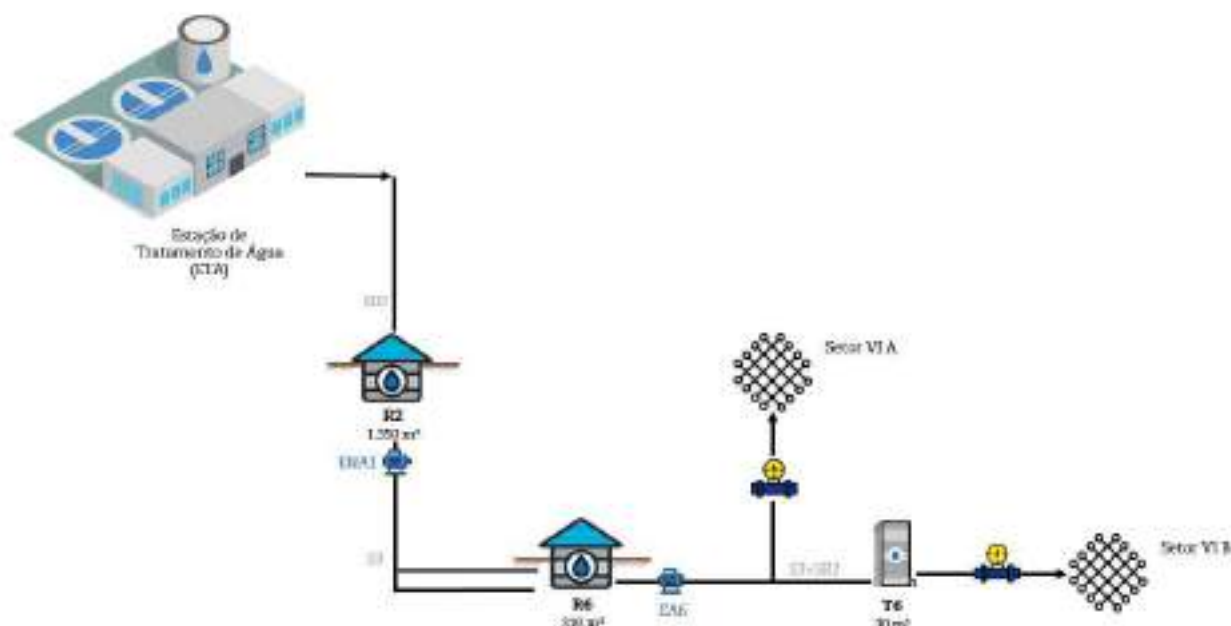


Figura 3.5.2(50) – Croqui esquemático do Sistema VI – Éden.

Fonte: VM Engenharia, 2019 e SABESP, 2018

Tabela 3.5.2(10) - Zonas de Abastecimento – Setor VI – Sistema Éden

Setor		Setor VI - Éden	
Setores de Abastecimento		Setor VI A	Setor VI B
Reservatório		R6	T6
Dez/18	Ligações	902	526
	Economias	906	532
Consumo médio	(l/s)	4,52	2,64
Vazão perdas	(l/s)	1,45	0,85
Vazão média	(l/s)	5,98	3,48
Vazão Máxima	Diária (l/s)	6,88	4,01
	Horária (l/s)	9,59	5,59
Reservação	Necessária (m³)	198	116
	Existente (m³)	340	

Tabela 3.5.2(11) – Número de ligações na região de Chácaras

Condomínio	Nº Ligações
Monte Carlo	133
Recanto Fortuna	126
Vale Belo	6
Parque Mirante	103
Capim Mimoso	31
Monte Verde	20
Total	419

(Fonte: Sabesp)

SISTEMA ANA DOROTHEA – SETOR XI

O Setor XI – Sistema Ana Dorothéa de abastecimento abastece os seguintes bairros na bacia do Rio Canoas: (existem outros bairros nesses setores que não pertencem a bacia do canoas)

- **Setor XI A– Reservatório R11** (1.000 M³): Jardim São Luiz I e II, Jardim Palestina.

Este Sistema abastece parte da área urbana da Bacia do Rio Canoas fora da região do AIE Canoas.

A Figura 3.11.2(51) apresenta o croqui esquemático do Sistema XI – Ana Dorothéa

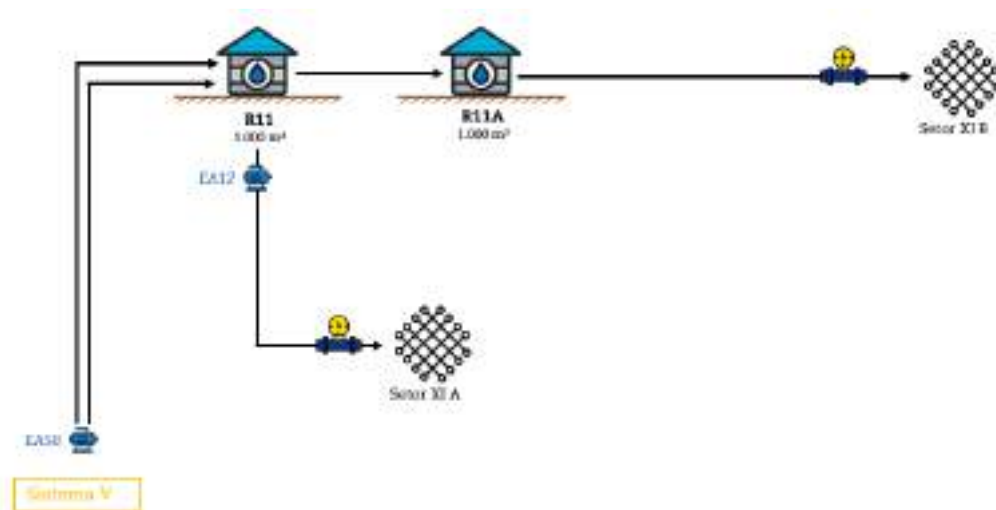


Figura 3.5.2(51) – Croqui esquemático do Sistema XI – Ana Dorothéa.

Fonte: VM Engenharia, 2019 e SABESP, 2018

Tabela 3.5.2(12) - Zonas de Abastecimento – Setor XI – Sistema Ana Dorothea

Setor		Setor XI – Ana Dorothea
Setores de Abastecimento		Setor XI A
Reservatório		R11
Dez/18	Ligações	2.585
	Economias	2.618
Consumo médio	(l/s)	12,96
Vazão perdas	(l/s)	4,16
Vazão média	(l/s)	17,12
Vazão Máxima	Diária (l/s)	19,72
	Horária (l/s)	27,50
Reservação	Necessária (m³)	568
	Existente (m³)	2.000

b) Demanda doméstica por água na Bacia do Rio Canoas

A demanda doméstica por água em uma bacia pode ser dada através da vazão de consumo de uma população.

Na Bacia do Rio Canoas existe uma área urbana consolidada que fica fora da AIE canoas e uma área rural com loteamentos de chácaras dispersos. Para o posterior estudo do prognóstico serão estudadas essas populações atuais ao longo dos anos.

A vazão atual pode ser calculada apenas pelo censo de 2010 já que os dados do censo mais recente ainda não estão disponíveis.

➤ Vazão de Consumo

$$Q = (K_1.K_2.P.q)/86400$$

Q: vazão de consumo (l/s)

K₁: coeficiente do dia de maior consumo (s/unid)

K₂: coeficiente da hora de maior consumo (s/unid)

P: população da área abastecida (habitantes)

Q: consumo *per capita* de água (l/hab.dia)

Para a cidade de Franca utilizaremos:

K₁: 1,2 e K₂: 1,5 (Tsutiya, 2004) (ABNT)

q: 155,88 l/hab.dia

P: População na área da bacia do Rio Canoas para Censo IBGE 2010:

- 48.725 moradores
- 4.172 moradores na AIE Canoas
- 44.553 moradores na área urbana da bacia

Q: Vazão na área da bacia do Rio Canoas

- 13,55 l/s na AIE Canoas
- 144,68 l/s na área urbana da bacia

3.5.2.6. Abastecimento na área rural

Nos últimos anos há uma tendência à formação de loteamentos na bacia do Canoas principalmente em sua área rural. Esses loteamentos se apresentam preferencialmente ao longo das rodovias João Traficante e Tancredo de Almeida Neves.

A urbanização dispersa dificulta e encarece substancialmente a implantação de redes de distribuição de água. Desta forma existe uma preferência pelos poços artesianos individuais. Algumas das chácaras já estão em processo de serem abastecidas por rede, podendo os dados fornecidos pela Secretaria de Infraestrutura estarem com algumas pequenas inconsistências. As imagens de satélite utilizadas a seguir foram atualizadas para o período mais recente que podem ser encontradas.

A seguir, ao longo das Tabelas 3.5.2(13) a 3.5.2(31) e das Figuras 3.5.2(52) a 3.5.2(70) encontram-se alguns exemplos destes loteamentos que são acompanhados pela Secretaria de Infraestrutura de Franca.

Tabela 3.5.2(13) – Loteamentos com pedido de regularização – Recanto Campestre

RECANTO CAMPESTRE	
Localização	Rod. João Traficante (Franca-Ibiraci)
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Aprovação definitiva, aguardando análise da documentação apresentada
Projeto de rede de água	Projeto pendente de análise



Figura 3.5.2(52) – Vista aérea do loteamento Recanto Campestre

Tabela 3.5.2(14) – Loteamentos com pedido de regularização – Recanto Del Bianco

RECANTO DEL BIANCO	
Localização	Próximo ao Jardim do Éden
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Aguardando abertura de processo de aprovação prévia e apresentação de retificação de área
Projeto de rede de água	A ser apresentado na aprovação definitiva



Figura 3.5.2(53) – Vista aérea do loteamento Recanto Del Bianco

Tabela 3.5.2(15) – Loteamentos com pedido de regularização – Condomínio Monte Verde

CONDOMÍNIO MONTE VERDE	
Localização	Rod. Tancredo Neves
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Aprovação definitiva
Projeto de rede de água	Sim

A Sabesp informou que neste condomínio já existem 20 ligações de água providas do Sistema Éden.



Figura 3.5.2(54) – Vista aérea do loteamento Condomínio Monte Verde

Tabela 3.5.2(16) – Loteamentos com pedido de regularização – Recanto Esperança

RECANTO ESPERANÇA	
Localização	Rod. João Traficante
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Aprovação definitiva
Projeto de rede de água	Sim



Figura 3.5.2(55) – Vista aérea do loteamento Recanto Esperança

Tabela 3.5.2(17) – Loteamentos com pedido de regularização – Parque do Mirante

PARQUE DO MIRANTE	
Localização	Rod. Tancredo Neves
Rede de Abastecimento de água	Sim (Sabesp)
Fase	Aprovado
Projeto de rede de água	Não

A Sabesp informou que neste condomínio já existem 103 ligações de água providas do Sistema Éden.



Figura 3.5.2(56) – Vista aérea do loteamento Parque do Mirante

Tabela 3.5.2(18) – Loteamentos com pedido de regularização – Parque dos Ipês

PARQUE DOS IPÊS	
Localização	Rod. Tancredo Neves
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Não há processo de regularização
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(57) – Vista aérea do loteamento Parque dos Ipês

Tabela 3.5.2(19) – Loteamentos com pedido de regularização – Recanto Portal de Minas

RECANTO PORTAL DE MINAS	
Localização	Rod. João Traficante
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Foram solicitadas as Diretrizes em 2008.
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(58) – Vista aérea do loteamento Recanto Portal de Minas

Tabela 3.5.2(20) – Loteamentos com pedido de regularização -Recanto Primavera

RECANTO PRIMAVERA	
Localização	Rod. João Traficante
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Foram expedidas diretrizes topográficas em 01/11/2012
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(59) – Vista aérea do loteamento Recanto Primavera

Tabela 3.5.2(21) – Loteamentos com pedido de regularização – Chácara Ceris

CHÁCARA CÉRIS	
Localização	Rod. João Traficante
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Foram emitidas Diretrizes Topográficas em 21/10/2005.
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(60) – Vista aérea do loteamento Chácara Céris

Tabela 3.5.2(22) – Loteamentos com pedido de regularização – Recanto Capim Mimoso

RECANTO CAPIM MIMOSO	
Localização	Rodovia Tancredo Neves (Franca-Claraval)
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Emissão de novas diretrizes Topográficas
Projeto de rede de água	Não

A Sabesp informou que neste condomínio já existem 31 ligações de água provindas do Sistema Éden.



Figura 3.5.2(61) – Vista aérea do loteamento Recanto Capim Mimoso

Tabela 3.5.2(23) – Loteamentos com pedido de regularização – Recanto Verde Valle I

RECANTO VERDE VALLE I	
Localização	Rod. Tancredo Neves
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Diretrizes Topográficas
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(62) – Vista aérea do loteamento Recanto Verde Valle I

Tabela 3.5.2(24) – Loteamentos com pedido de regularização – Recanto Verde Valle II

RECANTO VERDE VALLE II	
Localização	Rod. Tancredo Neves
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Diretrizes Topográficas
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(63) – Vista aérea do loteamento Recanto Verde Valle II

Tabela 3.5.2(25) – Loteamentos com pedido de regularização – Chácara Santa Marcelina

CHÁCARAS SANTA MARCELINA	
Localização	Rod. Tancredo Neves
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Não contém processo de regularização
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(64) – Vista aérea do loteamento Chácara Santa Marcelina

Tabela 3.5.2(26) – Loteamentos com pedido de regularização – Recanto Paiolzinho

RECANTO PAIOLZINHO	
Localização	Rod. Tancredo Neves
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Não contém processo de regularização
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(65) – Vista aérea do loteamento Recanto Paiolzinho

Tabela 3.5.2(27) – Loteamentos com pedido de regularização – Não Identificado 1

NÃO IDENTIFICADO 1	
Localização	Rod. Tancredo Neves
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Não contém processo de regularização
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(66) – Vista aérea do loteamento Não Identificado 1

Tabela 3.5.2(28) – Loteamentos com pedido de regularização – Não Identificado 2

NÃO IDENTIFICADO 2	
Localização	Rod. Tancredo Neves
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Não contém processo de regularização
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(67) – Vista aérea do loteamento Não Identificado 2

Tabela 3.5.2(29) – Loteamentos com pedido de regularização – Não Identificado 3

NÃO IDENTIFICADO 3	
Localização	Rod. Tancredo Neves
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Não contém processo de regularização
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(68) – Vista aérea do loteamento Não Identificado 3

Tabela 3.5.2(30) – Loteamentos com pedido de regularização – não identificado 4

NÃO IDENTIFICADO 4	
Localização	Rod. Tancredo Neves
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Não contém processo de regularização
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(69) – Vista aérea do loteamento Não Identificado 4

Tabela 3.5.2(31) – Loteamentos com pedido de regularização – Jardim Canadá

JARDIM CANADÁ	
Localização	Rod. João Traficante
Rede de Abastecimento de água	Não (poço artesiano individual)
Fase	Não contém processo de regularização
Projeto de rede de água	Não



Figura 3.5.2(70) – Vista aérea do loteamento Jardim Canadá

3.5.3. Esgotamento Sanitário

A política de Saneamento Básico no Brasil é dada pela lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e que foi atualizada pela lei 14.026 de 15 de julho de 2020.

De acordo com o Art. 3º da referida lei considera-se:

XVI – sistema condominial: rede coletora de esgoto sanitário, assentada em posição viável no interior dos lotes ou conjunto de habitações, interligada à rede pública convencional em um único ponto ou à unidade de tratamento, utilizada onde há dificuldades de execução de redes ou ligações prediais no sistema convencional de esgotamento;

XVII – sistema individual alternativo de saneamento: ação de saneamento básico ou de afastamento e destinação final de esgotos, quando o local não for atendido diretamente pela rede pública;

XVIII – sistema separador absoluto: conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar exclusivamente esgoto sanitário;

XIX – sistema unitário: conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar conjuntamente esgoto sanitário e águas pluviais.

Art. 3º – B. Consideram-se serviços públicos de esgotamento sanitário aqueles constituídos por 1 (uma) ou mais das seguintes atividades:

I – coleta, incluída ligação predial, dos esgotos sanitários;

II – transporte dos esgotos sanitários;

III – tratamento dos esgotos sanitários; e

IV – disposição final dos esgotos sanitários e dos lodos originários da operação de unidades de tratamento coletivas ou individuais de forma ambientalmente adequada, incluídas fossas sépticas.

Parágrafo único. Nas Zonas Especiais de Interesse Social (Zeis) ou outras áreas do perímetro urbano ocupadas predominantemente por população de baixa renda, o serviço público de esgotamento sanitário, realizado diretamente pelo titular ou por concessionário, inclui conjuntos sanitários para as residências e solução para a destinação de efluentes, quando inexistentes, assegurada compatibilidade com as diretrizes da política municipal de regularização fundiária.

3.5.3.1. Sistema de Coleta de Esgotos Sanitários na Bacia do Rio Canoas

Os dados da área de esgotamento sanitário foram fornecidos pela Sabesp.

No Brasil a maior parte das cidades tem sua coleta de esgotos feita pelo sistema separador absoluto, o que também é o caso de Franca.

A coleta de esgoto sanitário abrange 100% da área urbana da cidade de Franca e deste esgoto coletado 100% é tratado.

A rede coletora possui mais de 1.300 km de extensão e em sua maior parte é constituída de tubulações de manilha cerâmica de 150 mm que apresentam bom estado de conservação.

O sistema de esgotamento sanitário na área urbana conta com uma rede coletora, coletores tronco, interceptores, estações elevatórias, emissários, estações de tratamento e emissários finais. As bacias que drenam para o rio Canoas tem soluções de afastamento através de elevatórias que revertem o esgoto para as bacias principais da cidade e depois levam o esgoto para as ETEs principais ou tem tratamento específico (lagoas) e posteriormente lançam o efluente em corpos d'água.

No restante da bacia (área rural) não existe rede coletora de esgotos. O que se encontra são soluções individuais como fossas sépticas, fossas negras ou sumidouros. Essas fossas não são de responsabilidade da Sabesp e a manutenção das mesmas é de responsabilidade do proprietário do imóvel onde elas estão contidas. Um melhor estudo sobre isto será apresentado mais à frente. Tabela 3.11.3(1)

a) Área Rural

Alguns loteamentos da bacia do rio Canoas são acompanhados pela Secretaria de Infraestrutura de Franca. A tabela 3.5.3(1) apresenta a situação de infraestrutura de coleta de esgotos nesses loteamentos e também a situação de aprovação de projetos de redes de esgotos nestes. Mais dados sobre esses loteamentos podem ser encontrados nas Tabelas 3.5.2(13) a 3.5.2(31) e nas Figuras 3.5.2(52) a 3.5.2(70).

Esses loteamentos se encontram principalmente ao longo das rodovias João Traficante e Tancredo de Almeida Neves.

Tabela 3.5.3(1) – Loteamentos acompanhados pela Secretaria de Infraestrutura de Franca

LOTEAMENTO	REDES DE ESGOTOS	PROJETO REDE DE ESGOTO
Recanto Campestre	Não. Fossa Séptica Individual	Projeto pendente de análise
Recanto Del Bianco	Não. Fossa Séptica Individual	A ser apresentado na aprovação definitiva
Condomínio Monte Verde	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Recanto Esperança	Não. Fossa Séptica Individual	Sim
Parque do Mirante	Não. Fossa Séptica Individual	Não

Parque dos Ipês	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Recanto Portal de Minas	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Recanto Primavera	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Chácara Céris	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Recanto Capim Mimoso	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Recanto Verde Valle I	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Recanto Verde Valle II	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Chácaras Santa Marcelina	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Recanto Paiolzinho	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Não Identificado 1	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Não Identificado 2	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Não Identificado 3	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Não Identificado 4	Não. Fossa Séptica Individual	Não
Não Identificado 5 (Jardim Canadá)	Não. Fossa Séptica Individual	Não

A maioria dos loteamentos da bacia do rio Canoas, por não possuir rede de coleta de esgotos sanitários usa um sistema individual alternativo de saneamento. Os exemplos acompanhados pela Secretaria de Infraestrutura de Franca utilizam fossa séptica individual o que pode não ocorrer em outros loteamentos que não são acompanhados.

b) Área Urbana fora da AIE Canoas

A coleta de esgotos sanitários em locais dispersos se torna cara e difícil, visto que além das redes são necessárias muitas outras estruturas, como elevatórias, interceptores e emissários por exemplo. Na bacia do Rio Canoas, mesmo na área urbanizada ainda existem alguns bairros sem coleta de esgotos e mesmo nas chácaras onde há distribuição de água não existe rede coletora de esgotos.

A Figura 3.5.3(1) mostra as redes de coleta de esgotos da cidade de Franca com destaque para a região da bacia do Rio Canoas

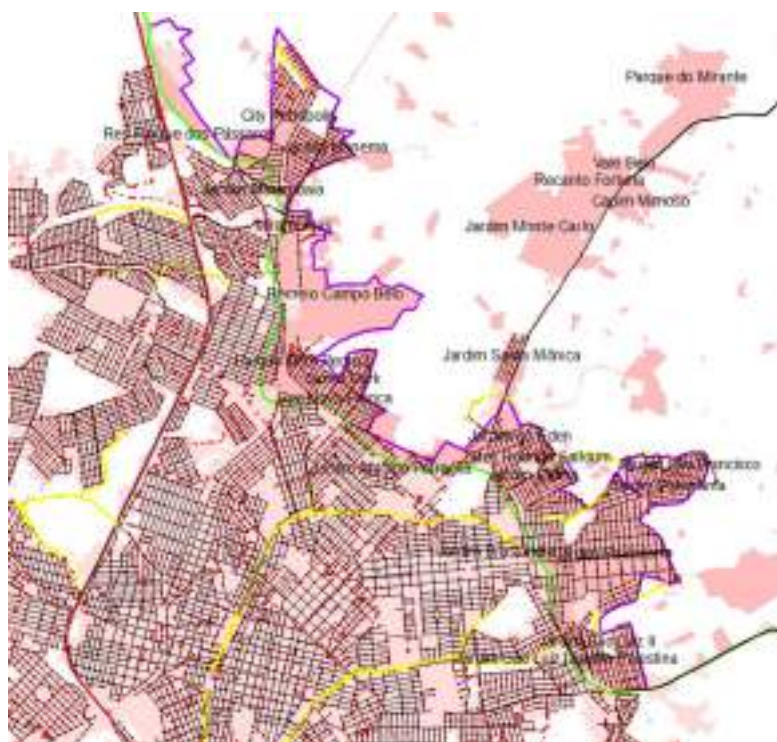
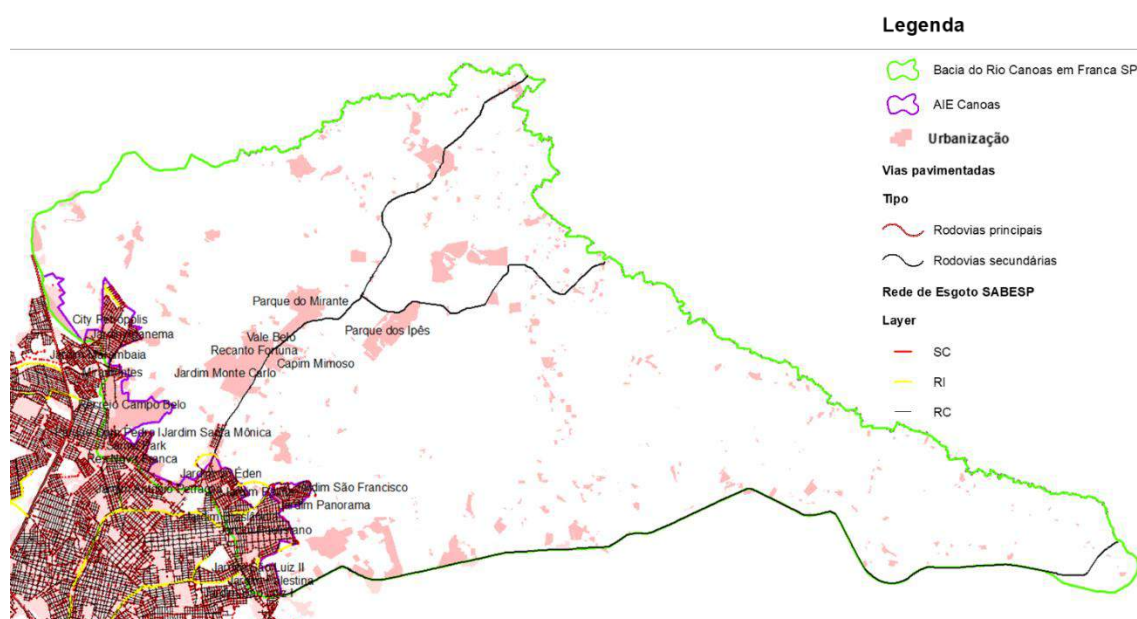


Figura 3.5.3(1) - Setores de coleta de esgoto sanitário e destaque

3.5.3.2. Elevatórias de Esgoto e Estações de Tratamento de Esgotos que se localizam ou servem a bacia do rio Canoas

Na Figura 3.5.3(2) - pode-se visualizar as Estações Elevatórias de Esgotos e as Estações de Tratamento de Esgotos importantes para o Plano da Bacia do Rio Canoas (mapa no anexo 3.5.3(1)).

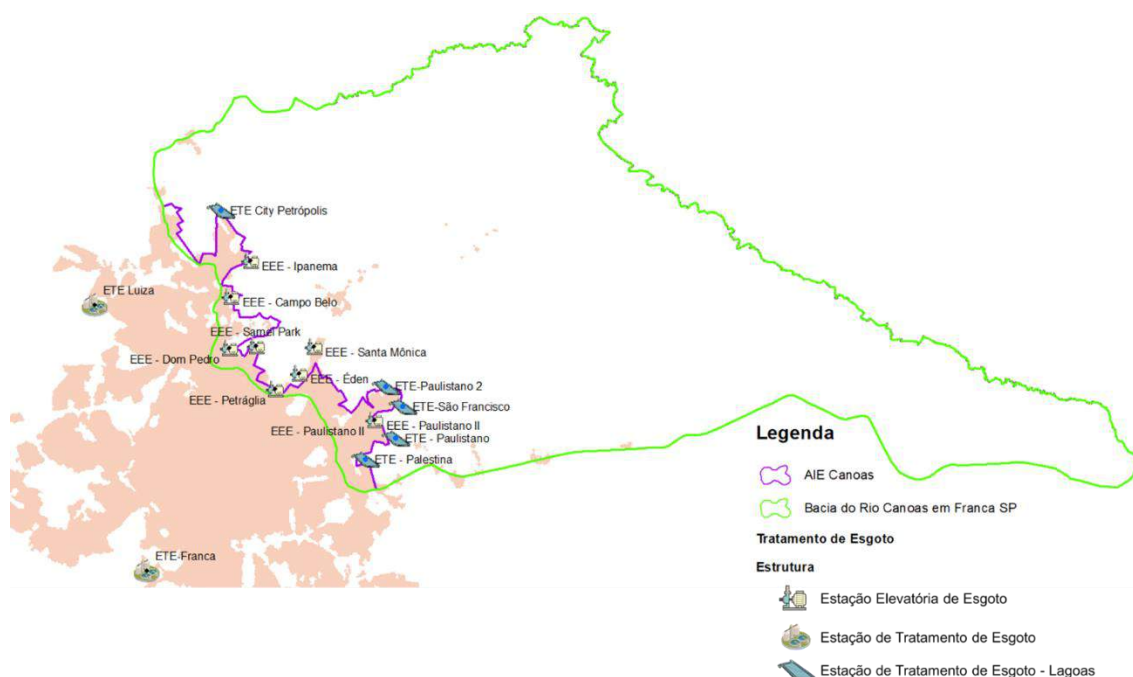


Figura 3.5.3(2) - Elevatórias e ETEs que servem ou estão localizadas na bacia do Rio Canoas

ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTOS NA BACIA DO RIO CANOAS

As Estações Elevatórias de Esgoto que se localizam na Bacia do Rio Canoas são:

Figura 3.5.3(2)

- EEE Ipanema
- EEE Campo Belo
- EEE Samel Park
- EEE Dom Pedro
- EEE Santa Mônica
- EEE Éden
- EEE Petraglia
- EEE Paulistano II

Apenas a EEE Paulistano II está na bacia e envia esgoto para a própria bacia no Sistema de Tratamento Paulistano I. As outras enviam esgoto para a Estação de Tratamento de Esgotos de Franca.

➤ EEE Paulistano II

Os dados a seguir foram fornecidos pela Sabesp.

A companhia informou que a Estação Elevatória é composta de medidor de vazão, gradeamento, caixa de areia e poço de sucção com elevatória de esgotos.

No local existe extravasor que extravasa para o Córrego Capão do Embira e o destino final do esgoto recalcado é a ETE Paulistano I.

As grades são manuais e nelas é produzido um volume de 0,16 m³ de detritos por mês e que são encaminhados para o Aterro Sanitário Municipal de Franca.

A caixa de areia produz 0,30 m³/mês de sólidos que também são encaminhados para o Aterro Sanitário Municipal de Franca.

Não se aplicam produtos químicos nesta Elevatória.

O local possui gerenciamento/monitoramento, mas não possui gerador.

Existem no local 1 conjunto motobomba em operação, 1 de reserva instalada e 1 em reserva de bancada. Os conjuntos são submersíveis tem como sistema de acionamento das bombas um sensor de nível/bóias. Potência do motor: 30cv, vazão: 25 m³/h e altura manométrica: 34 m.c.a.

TRATAMENTO POR LAGOAS NA BACIA DO RIO CANOAS

Todos os dados das Lagoas foram fornecidos pela Sabesp.

a) Estação de Tratamento de Esgotos Paulistano I

A Estação de Tratamento de Esgotos Paulistano I teve início de operação em 1981.

- Lagoa aerada facultativa. Figura 3.5.3(3)
- Capacidade nominal: 82,0 m³/h (22,8 l/s)

- Forma de medição de vazão: vertedor triangular
- Emissário Final: Extensão: 190 m; Diâmetro: 200mm e Material: DeFºFº
- Corpo Receptor: Forma de destinação final: superficial; Vazão lançada: 31 m³/h (8,6 l/s); Córrego Capão do Embira (Classe 2)

A ETE Paulistano I coleta, trata e fatura 22.648 m³ de esgoto por mês referente ao ano de 2022 como pode ser visto na Tabela 3.5.3(2)



Figura 3.5.3(3) - Estação de Tratamento de Esgotos Paulistano I (Fonte: Sabesp)

Tabela 3.5.3(2) - Volume de esgoto por subsistema – Paulistano I (mensal – referente a 2022)

Mês	Coletado m³	Tratado m³	Faturado m³
Janeiro	23019	23019	23019
Fevereiro	21534	21534	21534
Março	23019	23019	23019
Abril	22276	22276	22276
Maio	23019	23019	23019
Junho	22276	22276	22276
Julho	23019	23019	23019
Agosto	23019	23019	23019
Setembro	22276	22276	22276
Outubro	23019	23019	23019
Novembro	22276	22276	22276
Dezembro	23019	23019	23019
Acumulado	271772	271772	271772
Média dos 12 meses	22648	22648	22648

A ETE remove 0,127 m³/mês de material gradeado e 12,8 m³/mês de areia que são encaminhados para o Aterro Sanitário de Franca.

Os parâmetros de qualidade para afluente e efluente e a eficiência de remoção de DBO DQO na ETE Paulistano I podem ser observados na Tabela 3.5.3(3).

Tabela 3.5.3(3) – Valores médios dos parâmetros de qualidade na ETE Paulistano I para o ano de 2022

ETE Paulistano I							
Valores Médios dos Parâmetros de Qualidade (Ano 2022)							
	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	pH	Coli Total (NMP/100ml)	E.Coli (NMP/100ml)	RS (ml/l)	N-NH ₃ (mg/l)
Afluente	528	277	7,5				
Efluente	270	24	7,5	3,42E+06	5,24E+05	0,33	36,8
Eficiência (%)	50,40	91,13					

b) Estação de Tratamento de Esgotos Paulistano II

A Estação de Tratamento de Esgoto Paulistano II teve início de operação em 1983.

- Lagoa anaeróbia seguida de duas lagoas facultativas. Figura 3.5.3(4)
- Capacidade nominal: 66,6 m³/h (18,5 l/s)
- Forma de medição de vazão: vertedor triangular
- Número de ligações atendidas em dez 2021: 3.864
- Número de economias atendidas em dez 2021: 3.892
- Emissário Final: Extensão: 107 m; Diâmetro: 300mm e Material: Cerâmico
- Corpo Receptor: Forma de destinação final: superficial; Vazão lançada: 58,31 m³/h (16,2 l/s); Córrego Palestina (Classe 2)

A ETE Paulistano II coleta, trata e fatura 42.566 m³ de esgoto por mês referente ao ano de 2022 como pode ser visto na Tabela 3.5.3(4)



Figura 3.5.3(4) - Estação de Tratamento de Esgotos Paulistano II

(Fonte: Sabesp)

Tabela 3.5.3(4) - Volume de esgoto por subsistema – Paulistano II (mensal – referente a 2022)

Mês	Coletado m³	Tratado m³	Faturado m³
Janeiro	43264	43264	43264
Fevereiro	40473	40473	40473
Março	43264	43264	43264
Abril	41868	41868	41868
Maio	43264	43264	43264
Junho	41868	41868	41868
Julho	43264	43264	43264
Agosto	43264	43264	43264
Setembro	41868	41868	41868
Outubro	43264	43264	43264
Novembro	41868	41868	41868
Dezembro	43264	43264	43264
Acumulado	510795	510795	510795
Média dos 12 meses	42566	42566	42566

A ETE remove 0,297 m³/mês de material gradeado e 11,0 m³/mês de areia que são encaminhados para o Aterro Sanitário de Franca.

Os parâmetros de qualidade para afluente e efluente e a eficiência de remoção de DBO DQO na ETE Paulistano II podem ser observados na Tabela 3.5.3(5).

Tabela 3.5.3(5) – Valores médios dos parâmetros de qualidade na ETE Paulistano II para o ano de 2022

ETE Paulistano II							
Valores Médios dos Parâmetros de Qualidade (Ano 2022)							
	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	pH	Coli Total (NMP/100ml)	E.Coli (NMP/100ml)	RS (ml/l)	N-NH ₃ (mg/l)
Afluente	862	439	7,4				
Efluente	251	55	7,5	5,15E+06	1,14E+06	0,08	39,9
Eficiência (%)	70,29	87,14					

c) Estação de Tratamento de Esgotos City Petrópolis

A Estação de Tratamento de City Petrópolis teve início de operação em 1980.

- Lagoa aerada facultativa (lagoa de estabilização). Figura 3.5.3(5)
- Capacidade nominal: 17,6 m³/h (4,9 l/s)
- Forma de medição de vazão: vertedor triangular
- Número de ligações atendidas em dez 2022: 1.149
- Número de economias atendidas em dez 2022: 1.157
- Emissário Final: Extensão: 80 m; Diâmetro: 300mm e Material: Cerâmica
- Corpo Receptor: Forma de destinação final: superficial; Vazão lançada: 17,26 m³/h (4,8 l/s); Córrego Pouso Alto (Classe 2). As Figuras 3.5.3(8) e 3.5.3(8)a mostram que na verdade a ETE provavelmente lança seus esgotos no Córrego do Morto (Classe 2).

A ETE City Petrópolis coleta, trata e fatura 12.603 m³ de esgoto por mês referente ao ano de 2022 como pode ser visto na Tabela 3.5.3(6)



Figura 3.5.3(5) - Estação de Tratamento de Esgotos City Petrópolis

(Fonte: Sabesp)

Tabela 3.5.3(6) - Volume de esgoto por subsistema – City Petrópolis (mensal – referente a 2022)

Mês	Coletado	Tratado	Faturado
	m³	m³	m³
Janeiro	12810	12810	12810
Fevereiro	11984	11984	11984
Março	12810	12810	12810
Abril	12397	12397	12397
Maio	12810	12810	12810
Junho	12397	12397	12397
Julho	12810	12810	12810
Agosto	12810	12810	12810
Setembro	12397	12397	12397
Outubro	12810	12810	12810
Novembro	12397	12397	12397
Dezembro	12810	12810	12810
Acumulado	151241	151241	151241
Média dos 12 meses	12603	12603	12603

A ETE remove 0,158 m³/mês de material gradeado e 7,0 m³/mês de areia que são encaminhados para o Aterro Sanitário de Franca.

Os parâmetros de qualidade para afluente e efluente e a eficiência de remoção de DBO DQO na ETE City Petrópolis podem ser observados na Tabela 3.5.3(7).

Tabela 3.5.3(7) – Valores médios dos parâmetros de qualidade na ETE City Petrópolis para o ano de 2022

ETE City Petrópolis							
Valores Médios dos Parâmetros de Qualidade (Ano 2022)							
	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	pH	Coli Total (NMP/100ml)	E.Coli (NMP/100ml)	RS (ml/l)	N-NH ₃ (mg/l)
Afluente	1436	706	7,8				
Efluente	480	57	8,1	4,24E+06	1,02E+06	0,65	42,4
Eficiência (%)	54,58	89,46					

d) Estação de Tratamento de Esgotos São Francisco

A Estação de Tratamento de Esgoto São Francisco teve início de operação em 1996.

- Lagoa anaeróbia seguida de duas lagoas facultativas. Figura 3.5.3(6)
- Capacidade nominal: 16,2 m³/h (4,5 l/s)
- Forma de medição de vazão: calha Parshall
- Número de ligações atendidas em dez 2022: 1.161

- Número de economias atendidas em dez 2022: 1.164
- Emissário Final: Extensão: 138 m; Diâmetro: 200mm e Material: DeFºFº
- Corpo Receptor: Forma de destinação final: superficial; Vazão lançada: 17,36 m³/h (4,8 l/s); Córrego Palestina (Classe 2). As Figuras 3.5.3(8) e 3.5.3(8)b mostram que na verdade a ETE provavelmente lança seus esgotos no Córrego Capão do Embira (Classe 2)

A ETE São Francisco coleta, trata e fatura 12.671 m³ de esgoto por mês referente ao ano de 2022 como pode ser visto na Tabela 3.5.3(8)



Figura 3.5.3(6) - Estação de Tratamento de Esgotos São Francisco

(Fonte: Sabesp)

Tabela 3.5.3(8) - Volume de esgoto por subsistema (mensal – referente a 2022)

Mês	Coletado m³	Tratado m³	Faturado m³
Janeiro	12879	12879	12879
Fevereiro	12048	12048	12048
Março	12879	12879	12879
Abril	12464	12464	12464
Maio	12879	12879	12879
Junho	12464	12464	12464
Julho	12879	12879	12879
Agosto	12879	12879	12879
Setembro	12464	12464	12464
Outubro	12879	12879	12879
Novembro	12464	12464	12464
Dezembro	12879	12879	12879
Acumulado	152056	152056	152056
Média dos 12 meses	12671	12671	12671

A ETE remove 0,180 m³/mês de material gradeado e 6,5 m³/mês de areia que são encaminhados para o Aterro Sanitário de Franca.

Os parâmetros de qualidade para afluente e efluente e a eficiência de remoção de DBO DQO na ETE São Francisco podem ser observados na Tabela 3.5.3(9).

Tabela 3.5.3(9) – Valores médios dos parâmetros de qualidade na ETE São Francisco para o ano de 2022

ETE São Francisco							
Valores Médios dos Parâmetros de Qualidade (Ano 2022)							
	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	pH	Coli Total (NMP/100ml)	E.Coli (NMP/100ml)	RS (ml/l)	N-NH ₃ (mg/l)
Afluente	1018	542	7,5				
Efluente	363	46	7,4	5,32E+06	1,73E+05	0,14	35,7
Eficiência (%)	62,35	90,92					

e) Estação de Tratamento de Esgotos Palestina

A Estação de Tratamento de Esgotos Palestina teve início de operação em 1994.

- Lagoa facultativa, sendo duas primeiras em paralelo e a terceira em série. Figura 3.5.3(7)
- Capacidade nominal: 24,8 m³/h (6,9 l/s)
- Forma de medição de vazão: medidor Parshall
- Número de ligações atendidas em dez 2022: 1.744
- Número de economias atendidas em dez 2022: 1.760
- Emissário Final: Extensão: 100 m; Diâmetro: 200mm e Material: Cerâmica
- Corpo Receptor: Forma de destinação final: superficial; Vazão lançada: 26,23 m³/h (7,3 l/s); Córrego Capão do Embira (Classe 2)

A ETE Palestina coleta, trata e fatura 19.149 m³ de esgoto por mês referente ao ano de 2022 como pode ser visto na Tabela 3.5.3(10)



Figura 3.5.3(7) - Estação de Tratamento de Esgotos Palestina

(Fonte: Sabesp)

Tabela 3.5.3(10) - Volume de esgoto por subsistema (mensal – referente a 2022)

Mês	Coletado	Tratado	Faturado
	m³	m³	m³
Janeiro	19462	19462	19462
Fevereiro	18207	18207	18207
Março	19462	19462	19462
Abril	18835	18835	18835
Maio	19462	19462	19462
Junho	18835	18835	18835
Julho	19462	19462	19462
Agosto	19462	19462	19462
Setembro	18835	18835	18835
Outubro	19462	19462	19462
Novembro	18835	18835	18835
Dezembro	19462	19462	19462
Acumulado	229783	229783	229783
Média dos 12 meses	19149	19149	19149

A ETE remove 0,150 m³/mês de material gradeado e 28,0 m³/mês de areia que são encaminhados para o Aterro Sanitário de Franca.

Os parâmetros de qualidade para afluente e efluente e a eficiência de remoção de DBO DQO na ETE Palestina podem ser observados na Tabela 3.5.3(11).

Tabela 3.5.3(11) – Valores médios dos parâmetros de qualidade na ETE Palestina para o ano de 2022

ETE Palestina							
Valores Médios dos Parâmetros de Qualidade (Ano 2022)							
	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	pH	Coli Total (NMP/100ml)	E.Coli (NMP/100ml)	RS (ml/l)	N-NH ₃ (mg/l)
Afluente	897	498	8,0				
Efluente	424	33	7,5	3,79E+06	8,65E+04	0,71	23,5
Eficiência (%)	50,94	93,19					

f) Corpos receptores das Lagoas

Nas Figura 3.5.3(8), 3.5.3(8)a e 3.5.3(8)b são apresentadas as Lagoas de tratamento existentes na bacia do Rio Canoas e os corpos receptores que recebem os seus efluentes.

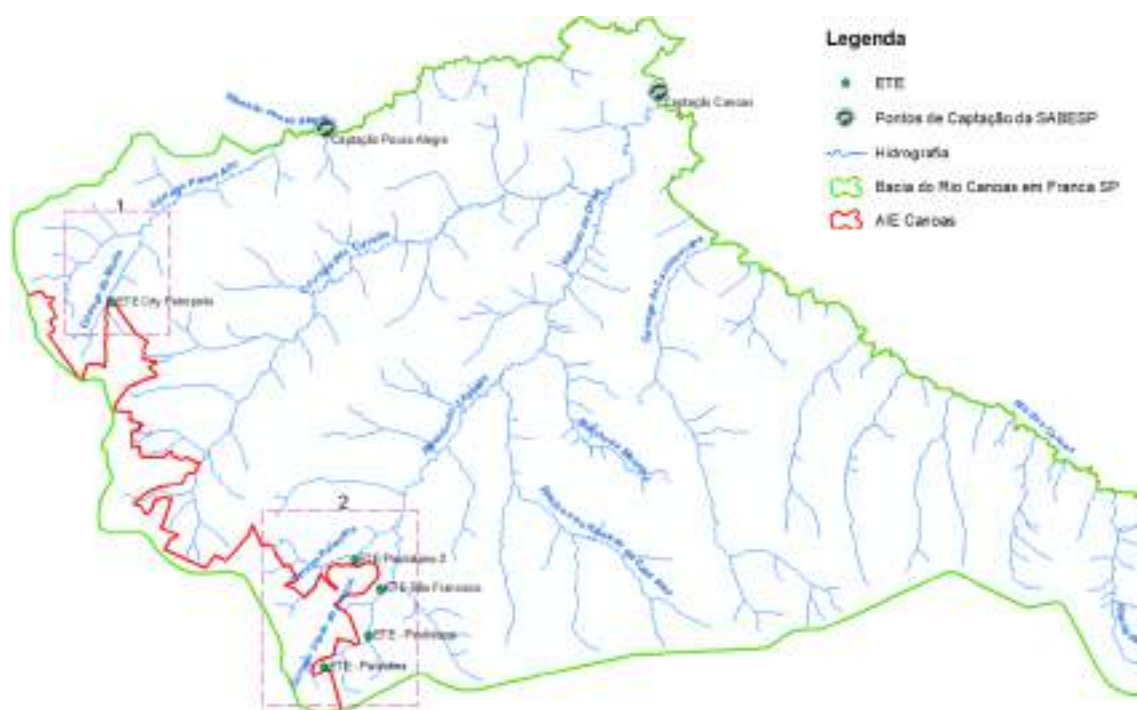


Figura 3.5.3(8) – Localização das Lagoas de tratamento de esgotos e seus corpos receptores

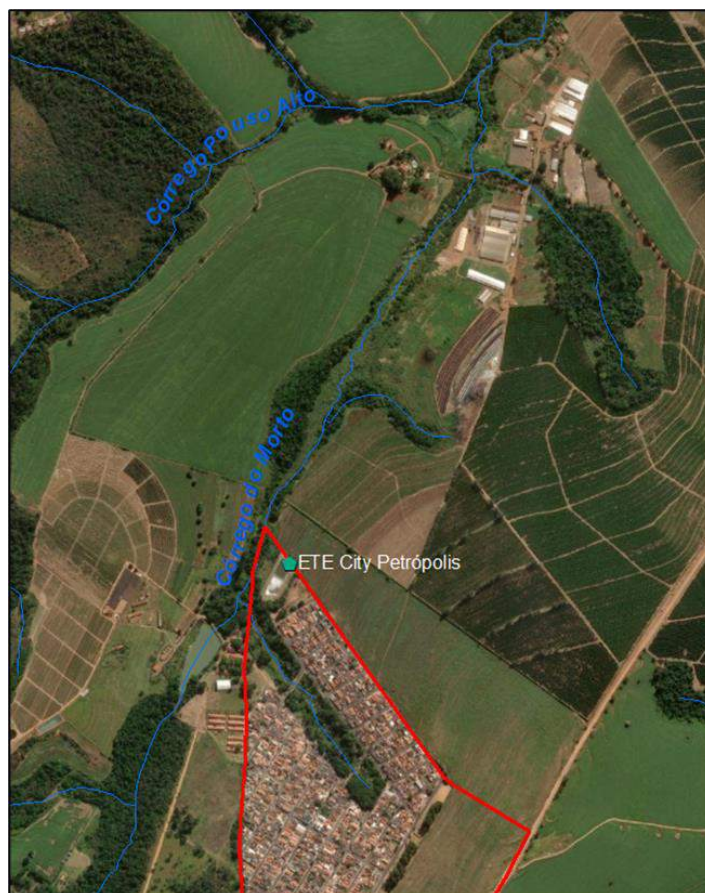


Figura 3.5.3(8)a – Destaque para ETE City Petrópolis

O corpo receptor que atende a ETE City Petrópolis pertence a bacia hidrográfica que drena para a Captação do Ribeirão Pouso Alegre.



Figura 3.5.3(8)b – Destaque para ETES Paulistano 1 e 2, Palestina e São Francisco

Os corpos receptores que atendem as ETES Paulistano 1, Paulistano 2, Palestina e São Francisco pertencem a bacia que drena para a captação do Rio Canoas.

g) Desativação das Lagoas e reversão dos esgotos

A desativação das Lagoas e reversão dos esgotos foram acertados em Termo de Ajustamento de Conduto (TAC) realizado em 25 de abril de 2017 (MPSP, 2017) que estabelece diretrizes e ações a serem desenvolvidas na reversão dos esgotos ou efluentes produzidos na Bacia do Rio Canoas para outras bacias.

Segundo o MPSP (2017) são apresentadas as seguintes considerações:

“A legislação municipal de Franca, nos termos do parágrafo 2º do artigo 4º da lei nº 4.240, de 11/12/92, alterada pela Lei nº 4.420, de 07/04/94, determina que os esgotos ou efluentes, produzidos por loteamentos já instalados na Bacia do Rio Canoas, devem ser revertidos para outras bacias que não as dos córregos protegidos, sendo canalizados até a Estação de Tratamento de Esgotos que o órgão administrador dos serviços de esgotos sanitários do Município vier a indicar.

A reversão dos esgotos coletados na Bacia do Rio Canoas, atualmente destinados às ETEs – Estações de Tratamento de Esgotos (i) City Petrópolis, (ii) Paulistano 1, (iii) Paulistano 2, (iv) Palestina e (v) São Francisco, implica na necessidade de ampliação e/ou reformulação de instalações existentes, bem como na implantação de novas instalações.”

De acordo com a Sabesp, após a desativação somente a Lagoa City Petrópolis terá seus esgotos revertidos para a ETE Luíza. Todas as outras Lagoas terão seus esgotos revertidos para a ETE Franca. O total orçado para as obras é de 33 milhões de reais e só a reversão da lagoa City Petrópolis custará 5,4 milhões de reais.

Na Figura 3.5.3(9) a seguir pode-se observar que já foi iniciado o processo de desativação das Lagoas existentes na Bacia do Rio Canoas de acordo com o TAC firmado com o Ministério Público do Estado de São Paulo. A primeira lagoa a ser desativada será a City Petrópolis cujas obras iniciaram em novembro de 2022. As obras têm seu término previsto para 2024.



Figura 3.5.3(9) – Reversão do Esgoto das Lagoas de Franca situadas na Bacia do Rio Canoas

(Fonte: Portal O Vale, 2023)

Inicialmente serão efetuadas as obras de reversão nas quais deverão ser construídas estações elevatórias para o esgoto, linhas de recalque, coletores, sifões, travessias, etc.

Posteriormente serão realizadas as desativações das ETEs. Segundo a Sabesp serão avaliadas, no mínimo duas alternativas:

- Transformação das áreas da ETEs em áreas de plantio de árvores;
- Aproveitamento das áreas para implantação de usinas fotovoltaicas para geração de energia.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE FRANCA

Todos os dados da Estação de Tratamento de Esgotos de Franca foram fornecidos pela Sabesp.

Na Figura 3.5.3(10) pode-se visualizar a Estação de Tratamento de Esgotos de Franca através de uma vista Aérea.



Figura 3.5.3(10) – Estação de Tratamento de Esgotos de Franca

(Fonte: Sabesp)

A Estação de Tratamento de Esgotos de Franca é uma estação do tipo Lodos Ativados Convencional como pode ser observado na Figura 3.5.3(11). Teve o início de sua operação em março de 1998. O corpo receptor que recebe seu efluente é o Córrego dos Bagres (Classe 4).

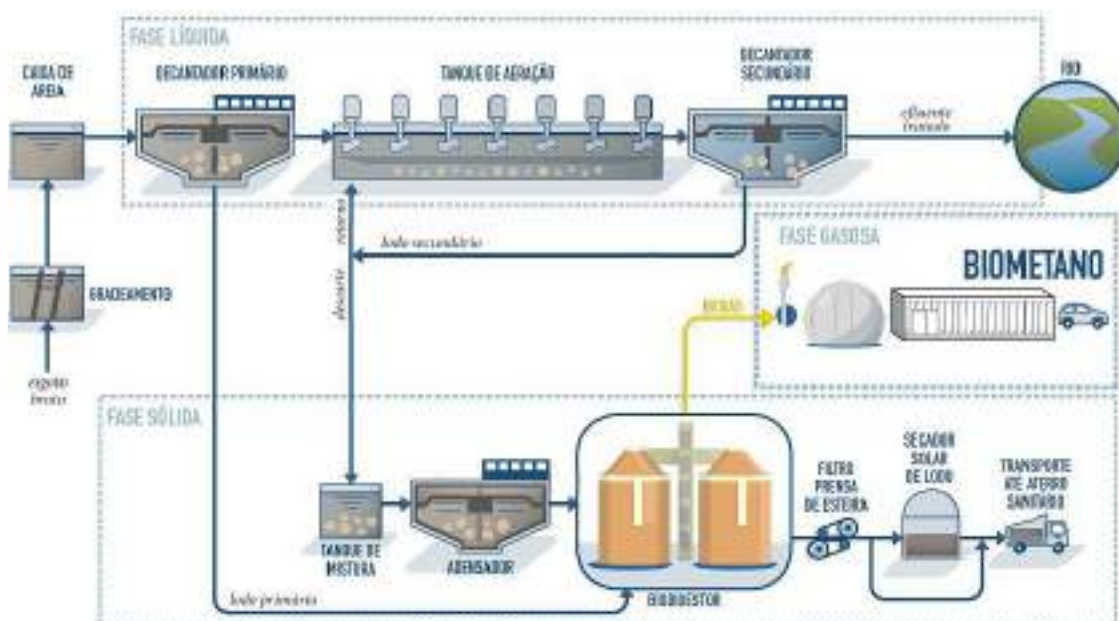


Figura 3.5.3(11) – Estação de Tratamento de Esgotos de Franca – Tipo Lodos Ativados Convencional

(Fonte: Sabesp)

Atende a uma população de aproximadamente 294.000 habitantes além dos tratamentos de lodo das ETAs e Chorume dos Aterros Sanitários. Sua capacidade é para uma vazão média de 750 l/s, mas atualmente trata 530 l/s. Possui uma eficiência média de remoção de DBO de 95%. O volume de lodo de esgoto produzido é de 90 m³/ dia e o volume médio de biogás produzido é de 3.000 m³/ dia.

1ª ETAPA

- Capacidade: 750 l/s – 64.800 m³/dia
- Vazão Máxima: 1.350 l/s
- Carga Orgânica: 12.052 kgDBO/dia
- População: 315.000 Habitantes

2ª ETAPA

- Capacidade: 1050 l/s – 90.800 m³/dia
- Vazão Máxima: 1.750 l/s
- Carga Orgânica: 22.148 kgDBO/dia
- População: 410.000 habitantes

A ETE Franca em breve receberá os esgotos provenientes da desativação de lagoas existentes na bacia do Rio Canoas e cujo esgoto será revertido para a ETE. São elas, com suas vazões:

- ETE Paulistano 1: 22,8 l/s
- ETE Paulistano 2: 18,5 l/s
- ETE São Francisco: 4,5 l/s
- ETE Palestina: 6,9 l/s

Juntas elas produzem um total de 52,7 l/s que chegará até a ETE Franca. Hoje a ETE trabalha com uma folga de 220 l/s e, portanto, tem capacidade para receber os esgotos que virão da reversão quando da desativação das lagoas.

a) Gradeamento

GRADE GROSSA

- 1 unidade
- Espaçamento: 50 mm
- Espessura das barras: 9,50 mm
- Largura do canal: 2,90 m
- Largura útil: 2,45 m

GRADE FINA

- 2 unidades
- Espaçamento: 19,00 mm
- Espessura das barras: 9,50 mm
- Largura do canal: 2,70 m
- Largura útil: 1,80 m
- Limpeza mecanizada

O gradeamento pode ser observado na Figura 3.5.3(12)



Figura 3.5.3(12) – Gradeamento

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)

b) Caixa de areia

- Caixa de areia aerada
- 2 unidades
- Comprimento total: 20,10 m
- Largura: 3,85 m
- Profundidade: 3,6 a 4,6 m
- Volume: 265 m³
- Tempo de retenção: 4 minutos
- Taxa de aeração: 0,45 m³/m x minuto
- Sistema de remoção de areia: “clam shell”

A Caixa de areia, juntamente com a “clam shell” podem ser observadas na Figura 3.5.3(13).



Figura 3.5.3(13) – Caixa de areia aerada

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)

c) Estação Elevatória de Esgoto Bruto

Composta de poço de sucção, estação elevatória e torre de alimentação dos decantadores primários

- 4 conjuntos motobomba centrífuga horizontal 9 1 reserva) – 3 em primeira etapa
- Vazão 1.240 l/s (1ª etapa) – 1.840 l/s (2ª etapa)
- Altura manométrica 18,65 m.c.a. (19,36 m.c.a.)
- Potência: 175 cv cada conjunto
- Inversores de frequência

d) Decantadores primários

O afluente que chega aos decantadores primários é o esgoto proveniente das grades e caixa de areia e o efluente vai para os tanques de aeração. O lodo primário sedimentado é descarregado pela parte inferior e segue para o adensador. Figura 3.5.3(14)

- 4 unidades (3 em 1ª etapa)
- Forma: circular – diâmetro: 24 m
- Profundidade: 3,6 m

- Área superficial: 452,4 m²
- Volume: 1.628,6 m³
- Taxa de aplicação superficial: 90 m³/m² x dia para Q_{máx} – 54 m³/m² x dia para Q_{med}
- TRH: 1 h para Q_{máx} e 1,7 h para Q_{med}
- Eficiência de 50% de remoção de Sólidos Suspensos e 30% de remoção de DBO



Figura 3.5.3(14) – Decantadores Primários

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)

e) Tanques de Aeração

- 4 unidades (3 em 1^a etapa)
- Forma: retangular – comprimento: no fundo 90m e no topo 100m – profundidade: 5,0 m
- Idade do lodo: 7 dias (possibilidade de operação de 5 a 10 dias)
- Taxa de aplicação de lodo: 0,22 kg DBO/kg SSTA dia ($\theta_c = 7$ dias)
- SSTA – sólidos em suspensão no tanque de aeração: 3.500 mg/l
- TRH: 6 horas para Q_{med} e 3,6 h para Q_{máx}
- Necessidade de oxigenação: para cada 2,0 kg O₂/kg DBO removido 35.156 kg de O₂/dia ou 1.465 kg de O₂/hora
- Taxa de recirculação de lodo: 40 a 120%
- Sistema de Aeração: 6 aeradores superficiais de 80 cv por tanque
- Excesso de lodo removido diretamente do tanque de aeração através de um vertedouro ajustável segue para o adensador

Este processo pode ser visualizado através da Figura 3.5.3(15).



Figura 3.5.3(15) – Tanques de aerção e saída através de medidor de vazão

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)

f) Estação Elevatória de Recirculação de Lodo

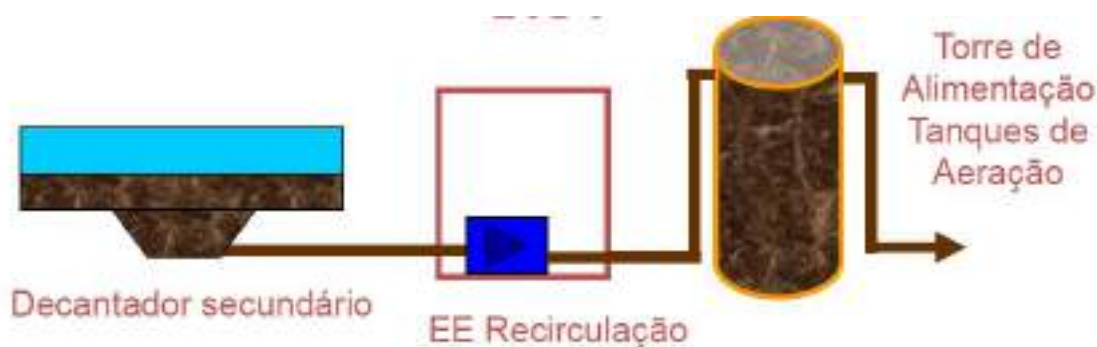


Figura 3.5.3(16) – Desenho esquemático de recirculação do lodo

(Fonte: Sabesp)

- 4 conjuntos motobomba centrífuga horizontal (1 reserva) – 3 em primeira etapa
- Vazão de 1.080 l/s (1ª etapa) e 1.620 l/s (2ª etapa)
- Potência 125 cv cada conjunto
- Inversores de frequência

g) Decantadores Secundários

- 4 unidades (3 na primeira etapa)
- Forma: circular – Diâmetro: 44 m
- Área Superficial: 1.520,5 m²
- Volume: 5.953 m³

- Taxa de aplicação de sólidos: de 2,95 a 6,18 kg/m²x h
- TRH: 3,5 horas para o Q_{máx}
- Qualidade do efluente esperada: SS: 20mg/l; SSV: 15 mg/l; DBO: 5 mg/l (solúvel)

O lodo em excesso segue para o adensador.

Um decantador secundário pode ser observado pela Figura 3.5.3(17).



Figura 3.5.3(17) – Decantador Secundário

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)

h) Mistura e Adensamento dos lodos

O sistema de adensamento de lodos pode ser observado na Figura 3.5.3(18) e um adensador de lodos da estação na Figura 3.5.3(19).

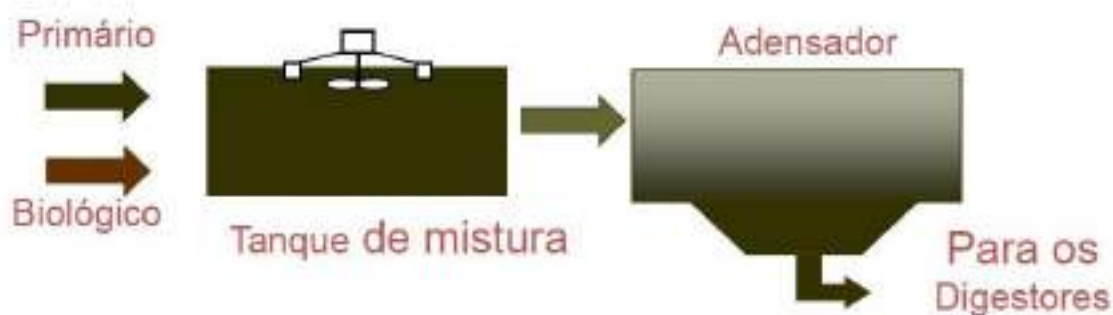


Figura 3.5.3(18) – Adensamento dos lodos

(Fonte: Sabesp)

- Tanque de Mistura
 - 1 unidade
 - Circular com 4 aletas internas
 - Diâmetro: 11,30 m
 - Profundidade útil: 3,30m
 - Volume: 331,00 m³

- Tempo de detenção: 2,15 horas
- Equipamento de homogeneização: misturador mecânico flutuante de alta rotação
- Adensador
 - 2 unidades
 - Forma: circular – Diâmetro: 11,30 m
 - Profundidade: 4,00 m
 - Área superficial: 314,00 m²
 - Volume: 322,26 m³
 - Concentração esperada para o efluente: 3 a 5% de sólidos



Figura 3.5.3(19) – Adensador de lodo

(Fonte: Equipe UFSCar 2023)

i) Digestores

- 4 unidades (3 em primeira etapa) sendo 2 primários e 2 secundários
- Forma: cônico (na base e no topo e centro cilíndrico)
- Diâmetro: 19,80 m
- Altura: 22,10 m
- Volume: 4.336 m³
- Carga de aplicação de sólidos: 1,05 a 2,26 kg SSV/m³ x dia
- Temperatura de operação: 25 a 29°C (sem aquecimento)
- Produção de gás: 5.491 a 8.948 m³/dia (1 m³/kg SSV digerido)
- O gás produzido é utilizado para abastecimento de veículos e o excesso é queimado
- Eficiência de remoção de SSV: 60%
- Concentração do lodo efluente 3,0 a 4,0%

A Figura 3.5.3(20) mostra um digestor da Estação de Tratamento de Esgotos de Franca.



Figura 3.5.3(20) – Digestor de Lodo

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)

j) Secagem do lodo

O processo de secagem do lodo na ETE Franca se dá através de Filtro Prensa de Esteira – BELT PRESS. Figura 3.5.3(21).

- Unidades instaladas: 2 na 1ª etapa e mais 2 na 2ª etapa
- Produção de lodo antes da desidratação: final da 1ª etapa 6.900 kg ou 223 m³/dia e no final de plano 10.471 kg ou 339 m³/dia, considerando peso específico do lodo de 1.030 kg/m³ e concentração de sólidos de 3%
- Concentração de sólidos após o filtro: 20 a 25%
- Volume de lodo após a desidratação: final da primeira etapa: 30 m³/dia e em final de plano: 46 m³/dia, considerando peso específico do lodo de 1.030 kg/m³ e concentração de sólidos de 22%



Figura 3.5.3(21) – Filtro prensa e secagem do lodo em pátio após passagem pelo filtro

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)

k) Produção de biogás

O biogás é produzido através da digestão anaeróbia do lodo. Figura 3.5.3(22).

- Produção de gás: 5.491 a 8.948 m³/dia (1 m³/kg SSV digerido)
- O gás produzido é utilizado para abastecimento de veículos e o excesso é queimado

A Figura 3.5.3(23) ilustra esse processo.

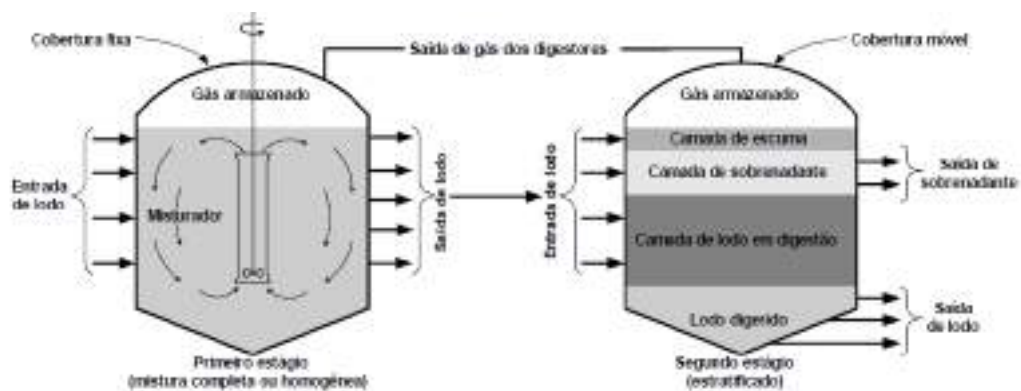


Figura 3.5.3(22) – Digestão do lodo e produção de biogás

(Fonte: Sabesp)



(a)



(b)



(c)

Figura 3.5.3(23) – Produção de Biogás – (a) placa do sistema de beneficiamento de biogás; (b) carros sendo abastecidos com o biogás produzido na ETE Franca; (c) reservatório de biogás

(Fonte: Equipe UFSCar)

I) Água de Reúso

Parte do efluente produzido na ETE é condicionado para se transformar em água de reúso e ser utilizada na própria Estação em irrigação, limpeza e outras necessidades.

O efluente passa por um filtro de antracito e areia e depois é desinfetado com hipoclorito de sódio se transformando em água de reúso. Figura 3.5.3(24).



Figura 3.5.3(24) - Produção de água de reúso em tanques de areia e antracito e tanques de Cloro

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)

m) Saída da ETE

O corpo receptor do Efluente da ETE Franca é o Ribeirão dos Bagres (Classe 4). Figura 3.5.3(25).



Figura 3.5.3(25) – Saída da ETE em direção ao Ribeirão dos Bagres

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS LUIZA

A Estação de Tratamento de Esgotos Luíza atende ao bairro Jardim Luíza no município de Franca e tratará os esgotos da desativação da Lagoa City Petrópolis com reversão para fora da bacia do Rio Canoas. É uma estação do tipo Lodos Ativados com Aeração Prolongada (Figura 3.5.3(26)). Teve o início de sua operação em 1998 e possui uma área de 10.000 m² com 6.000 m² de área construída. O corpo receptor que recebe seu efluente é o Ribeirão dos Macacos (Classe 2).

A capacidade nominal do sistema existente é de 45 l/s e, o volume médio diário de esgoto tratado anualmente é de 33,8 l/s (121,6 m³/h) para o ano de 2022. Possui uma eficiência média de remoção de DBO de 85%.

A ETE Luiza em breve receberá os esgotos provenientes da desativação da ETE City Petrópolis existente na bacia do Rio Canoas e cujo esgoto será revertido para a ETE. A vazão tratada nesta lagoa é:

- ETE City Petrópolis: 4,9 l/s

Hoje a ETE trabalha com uma folga de 11,2 l/s e, portanto, tem capacidade para receber os esgotos que virão da reversão quando da desativação da lagoa.



Figura 3.5.3(26) - Estação de Tratamento de Esgotos Luíza

(Fonte: Sabesp)

A Estação de Tratamento de Esgotos Luíza possui como tratamento preliminar um gradeamento e desarenador como pode ser observado nas Figuras 3.5.3(27) e 3.5.3(28).

A produção anual de areia é de 27,27 ton. E o material que sai do gradeamento perfaz 20,91 ton por ano. Esse material é encaminhado para o Aterro Sanitário de Franca.



Figura 3.5.3(27) - Grade Grossa e Calha Parshall

(Fonte: VM Engenharia, 2019)



Figura 3.5.3(28) - Caixa de areia automatizada (rosca sem fim)

(Fonte: VM Engenharia, 2019)

O tratamento biológico é composto de dois tanques de aeração superficial como se observa na Figura 3.5.3(29).

As Tabelas 3.5.3(12) e 3.5.3(13) apresentam os dados referentes ao tanque de aeração e a recirculação do lodo nos tanques de aeração.

Tabela 3.5.3(12) – Dados referentes ao Tanque de Aeração da ETE Luíza

ETE LUIZA							
Tanque de Aeração – TA01							
Tempo de Retenção Hidráulico (dias)	A/M (kg DBO/kg SSV.dia)	Idade do lodo (dias)	IVL (ml/l)	SST (mg/l)	SSF (mg/l)	SSV (mg/l)	pH
1,2	0,05	< 30	91	9483	1674	7810	7,1

Tabela 3.5.3(13) – Recirculação de lodo nos tanques de aeração

ETE LUIZA		
Recirculação de Lodo – RL01		
SST (mg/l)	SSF (mg/l)	SSV (mg/l)
27.229	5.037	22.192



Figura 3.5.3(29) - Tanque de Aeração

(Fonte: VM Engenharia, 2019)

O tratamento secundário é feito em dois decantadores secundários como o que se apresenta na Figura 3.5.3(30)



Figura 3.5.3(30) - Tratamento secundário – Decantadores

(Fonte: VM Engenharia, 2019)

A desinfecção é feita com hipoclorito de sódio com uma dosagem média de 82,5 ml/min em caixa de desinfecção. Figura 3.5.3(31)



Figura 3.5.3(31) - Caixa de desinfecção

(Fonte: VM Engenharia, 2019)

O sistema de desaguamento de lodos é realizado através de 2 centrifugas como se observa na Figura 3.5.3(32).

A produção de biossólidos é de 32,72 ton por mês em média. A desidratação é feita com o uso de polímeros, em média 172,42 kg de polímeros por mês.

As centrífugas funcionam em média 182 horas por mês.



Figura 3.5.3(32) - Centrífugas para desaguamento do lodo

(Fonte: VM Engenharia, 2019)



Figura 3.5.3(33) - Lançamento do Efluente Tratado no Córrego dos Macacos

(Fonte: VM Engenharia)

A seguir podemos observar a eficiência da Estação de Tratamento Luíza através de seus parâmetros de qualidade. Tabela 3.5.3(14)

Tabela 3.5.3(14) – Valores médios dos parâmetros de qualidade na ETE Luíza para o ano de 2022

ETE LUÍZA								
Valores Médios dos Parâmetros de Qualidade (Ano 2022)								
	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	SST (mg/l)	SSF (mg/l)	SSV (mg/l)	pH	Cor (UC)	Turbidez (NTU)
Afluente	1.030	478	335	39	295	7,4		
Efluente	295	71	116	7	109	7,5	788	56
Eficiência (%)	71,4	85,2	65,4	82,0	63,0			

3.5.4. Coleta e Disposição de Resíduos Sólidos

Segundo a Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010:

- Resíduos Sólidos são material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível

Atualmente os municípios contam com uma reunião de legislações nas quais pode-se basear para o gerenciamento de resíduos sólidos. As Leis 11.445/2007, atualizada pela Lei 14.026/2020 e a Lei 12.305/2010 são as principais. Desta forma, os municípios podem contar com um recurso muito importante que é o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS.

A Lei 11.445/2007, atualizada pela Lei 14.026/2020 define em seu Art. 3º-C:

Consideram-se serviços públicos especializados de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos as atividades operacionais de coleta, transbordo, transporte, triagem para fins de reutilização ou reciclagem, tratamento, inclusive por compostagem, e destinação final dos:

I – Resíduos domésticos;

II – resíduos originários de atividades comerciais, industriais e de serviços, em quantidade e qualidade similares às dos resíduos domésticos que, por decisão do titular, sejam considerados resíduos sólidos urbanos, desde que tais resíduos não sejam de responsabilidade de seu gerador nos termos da norma legal ou administrativa, de decisão judicial ou de termo desajustamento de conduta; e

III – resíduos originários dos serviços públicos de limpeza urbana, tais como:

- a) Serviços de varrição, capina, roçada, poda e atividades correlatas em vias e logradouros públicos;
- b) Asseio de túneis, escadarias, monumentos, abrigos e sanitários públicos;
- c) Raspagem e remoção de terra, areia e quaisquer materiais depositados pelas águas pluviais em logradouros públicos;
- d) Desobstrução e limpeza de bueiros, bocas de lobo e correlatos;
- e) Limpeza de logradouros públicos onde se realizam feiras públicas e outros eventos de acesso aberto ao público; e

f) Outros eventuais serviços de limpeza urbana.

No presente desenvolvimento contaremos com Plano Municipal de Saneamento Básico de Franca (2020), o PMGIRS de Franca (2013), Consultoria para a Elaboração de Estudos para novo modelo de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos no município de Franca – SP (2022), entre outros.

3.5.4.1. Coleta de Resíduos Sólidos na Bacia do Rio Canoas

Na bacia do Rio Canoas tem-se apenas uma pequena área urbana mais a oeste, constituindo-se o restante de área rural. Desta forma a coleta regular de Resíduos Sólidos Urbanos e Coleta Seletiva são efetuadas apenas na parte urbana. No restante da bacia existe um sistema de coleta através de caçambas, que quase sempre não funciona muito bem devido à falta de comprometimento da população e cujo manejo deverá ser revisto.

De acordo com o SNIS 2022 referente ao ano de 2021 o município coleta 100% dos Resíduos Sólidos Urbanos e 98,24% do Resíduo Sólido total do município.

Para entender algumas coisas que ocorrem na bacia contaremos com algumas definições da legislação.

A Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010 define o que se segue:

- Coleta seletiva é a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição
- Geradores de resíduos sólidos: pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo
- Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos

COLETA REGULAR DE RSU

A Secretaria de Meio Ambiente de Franca mostra a população que a coleta de resíduos sólidos domiciliares consiste na atividade regular de recolhimento e de transporte do lixo gerado nas residências, no comércio e nos prédios públicos. O cidadão deverá expor os

resíduos, devidamente acondicionados na calçada, nos dias e horários corretos. Esse procedimento evitará que o lixo se espalhe pelas vias, causando transtornos à população.

A coleta na área urbana da Bacia do Rio Canoas é feita porta a porta pela empresa Sociedade Empresarial de Coleta e Tratamento de Resíduos Ltda. (Seleta) e será descrita a seguir e através da Figura 3.5.4(1) e da Tabela 3.5.4(1).

De acordo com a FUNDACE (2022) a empresa Seleta é responsável pelos seguintes serviços:

- Coleta domiciliar regular (RDO);
- Coleta domiciliar seletiva;
- Varrição de vias e logradouros;
- Limpeza de feiras livres e eventos;
- Poda, capina e roçada de árvores;
- Limpeza de praças;
- Limpeza e desobstrução do sistema de drenagem.

Através de informação da Secretaria de Meio Ambiente (Tabela 3.5.4(8)) obteve-se que, no ano de 2022, a cidade produziu 79.446.190,00 kg de resíduo doméstico na área urbana, 2.128.150,00 kg devido a varrição e 2.040.720,00 kg na área rural. Todo esse material é encaminhado para o Aterro de Resíduos Sólidos Municipal da cidade de Franca.

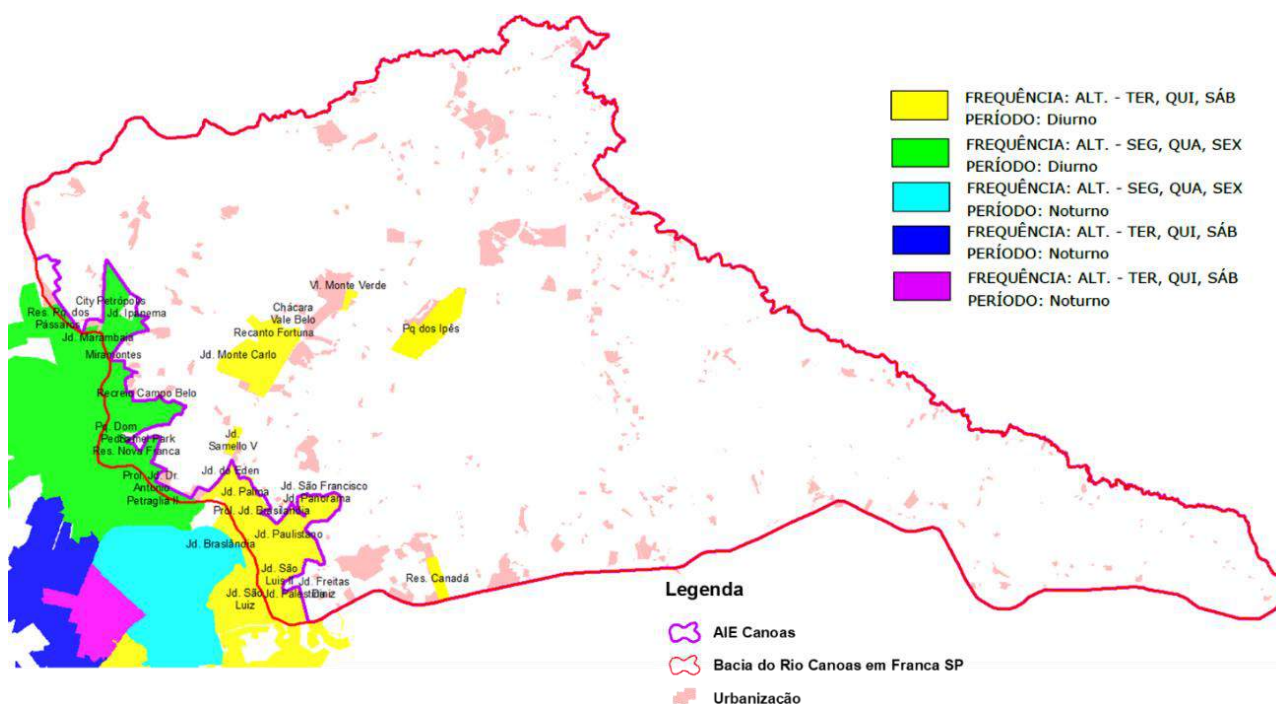


Figura 3.5.4(1) - Coleta de Resíduos domiciliares na Bacia do Rio Canoas

Tabela 3.5.4(1) – Frequência de coleta de RSU na bacia do Rio Canoas por bairros

COLETA REGULAR DE RSU NA BACIA DO RIO CANOAS	
BAIRRO	DIA DA COLETA
CITY PETROPOLIS	SEGUNDA/QUARTA/SEXTA – DIA
JD. BRASILÂNDIA	TERÇA/QUINTA/SÁBADO – DIA
JD. DO ÉDEN	TERÇA/QUINTA/SABADO – DIA
JD. DR. ANTONIO PETRAGLIA	SEGUNDA/QUARTA/SEXTA – NOITE
JD. IPANEMA	SEGUNDA/QUARTA/SEXTA – DIA
JD. MARAMBAIA	SEGUNDA/QUARTA/SEXTA – DIA
JD. PALESTINA	TERÇA/QUINTA/SÁBADO – DIA
JD. PALMA	TERÇA/QUINTA/SÁBADO – DIA
JD. PANORAMA	TERÇA/QUINTA/SÁBADO – DIA
JD. PAULISTANO	TERÇA/QUINTA/SÁBADO – DIA
JD. SÃO FRANCISCO	TERÇA/QUINTA/SÁBADO – DIA
JD. SANTA mÔNICA	TERÇA/QUINTA/SÁBADO - DIA
JD. SÃO LUIZ I	TERÇA/QUINTA/SÁBADO – DIA
JD. SÃO LUIZ II	TERÇA/QUINTA/SÁBADO – DIA
MIRAMONTES	SEGUNDA/QUARTA/SEXTA – DIA
PQ. DOM PEDRO I	SEGUNDA/QUARTA/SEXTA – NOITE
RECANTO FORTUNA	SEGUNDA/QUARTA/SEXTA – DIA
RECREIO CAMPO BELO	SEGUNDA/QUARTA/SEXTA – DIA
RES. NOVA FRANCA	SEGUNDA/QUARTA/SEXTA - NOITE
RES. PQ. DOS PÁSSAROS	SEGUNDA/QUARTA/SEXTA - DIA
RES. RODRIGO SALLOUM	TERÇA/QUINTA/SÁBADO – DIA
SAMEL PARK	SEGUNDA/QUARTA/SEXTA – NOITE

COLETA SELETIVA DE RSU

Segundo a Secretaria de Meio Ambiente na **Coleta Seletiva** os materiais recicláveis são separados pelos moradores e devidamente acondicionados na calçada para serem recolhidos pela equipe de reciclagem nos dias e horários corretos. Os bairros nos quais ocorre a coleta na bacia do Rio Canoas serão observados na Figura 3.5.4(2) e pela Tabela 3.5.4(2).

A coleta é realizada pela empresa Sociedade Empresarial de Coleta e Tratamento de Resíduos Ltda. (Seleta) e os resíduos são encaminhados para a Unidade de Triagem da COOPERFRAN para separação e posterior venda. Os rejeitos são encaminhados ao Aterro Sanitário Municipal.

Os dados dos indicadores presentes no SNIS de 2021 (Tabela 3.5.1.(3)) levam a conclusão de que foram produzidos 1.764.747 kg de recicláveis neste ano e recuperados 919.360 kg destes.

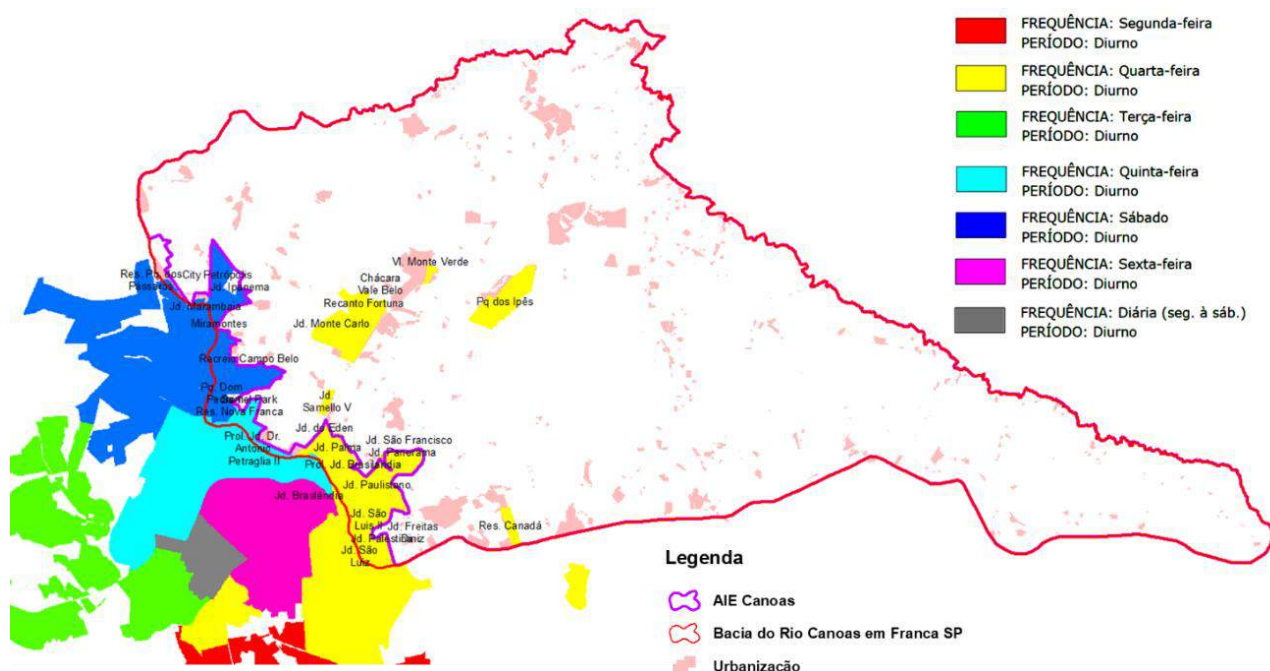


Figura 3.5.4(2) - Coleta Seletiva na Bacia do Rio Canoas

Tabela 3.5.4(2) – Frequência de coleta seletiva na bacia do Rio Canoas por bairros

COLETA SELETIVA NA BACIA DO RIO CANOAS	
BAIRRO	DIA DA COLETA
CITY PETROPOLIS	SÁBADO – NOITE
JD. BRASILÂNDIA	QUARTA – DIA
JD. DO ÉDEN	QUARTA – DIA
JD. DR. ANTONIO PETRAGLIA	QUINTA – DIA
JD. IPANEMA	SÁBADO – NOITE
JD. MARAMBAIA	SÁBADO – NOITE
JD. MONTE CARLO	QUARTA – DIA
JD. PALESTINA	QUARTA – DIA
JD. PALMA	QUARTA – DIA
JD. PANORAMA	QUARTA – DIA
JD. PAULISTANO	QUARTA – DIA
JD. SANTA MÔNICA	QUARTA – DIA
JD. SÃO FRANCISCO	QUARTA – DIA
JD. SÃO LUIZ I	QUARTA – DIA
JD. SÃO LUIZ II	QUARTA – DIA
MIRAMONTES	SÁBADO – NOITE
PQ. DOM PEDRO I	SÁBADO – NOITE
PQ DOS YPÊS	QUARTA – DIA
RECANTO FORTUNA	QUINTA – DIA
RECREIO CAMPO BELO	SÁBADO – NOITE
RES. NOVA FRANCA	QUINTA – DIA
RES. PQ. DOS PÁSSAROS	SÁBADO – NOITE
RES. RODRIGO SALLOUM	QUARTA – DIA
SAMEL PARK	QUINTA – DIA

VARRIÇÃO

Segundo a Secretaria de Meio Ambiente de Franca foram produzidos 2.128.150 kg de resíduos de varrição no ano de 2022. Tabela 3.5.4(8)

Os serviços de varrição de Franca são divididos em 14 setores. Os dados relativos à varrição na cidade podem ser observados na Figura 3.5.4(3).

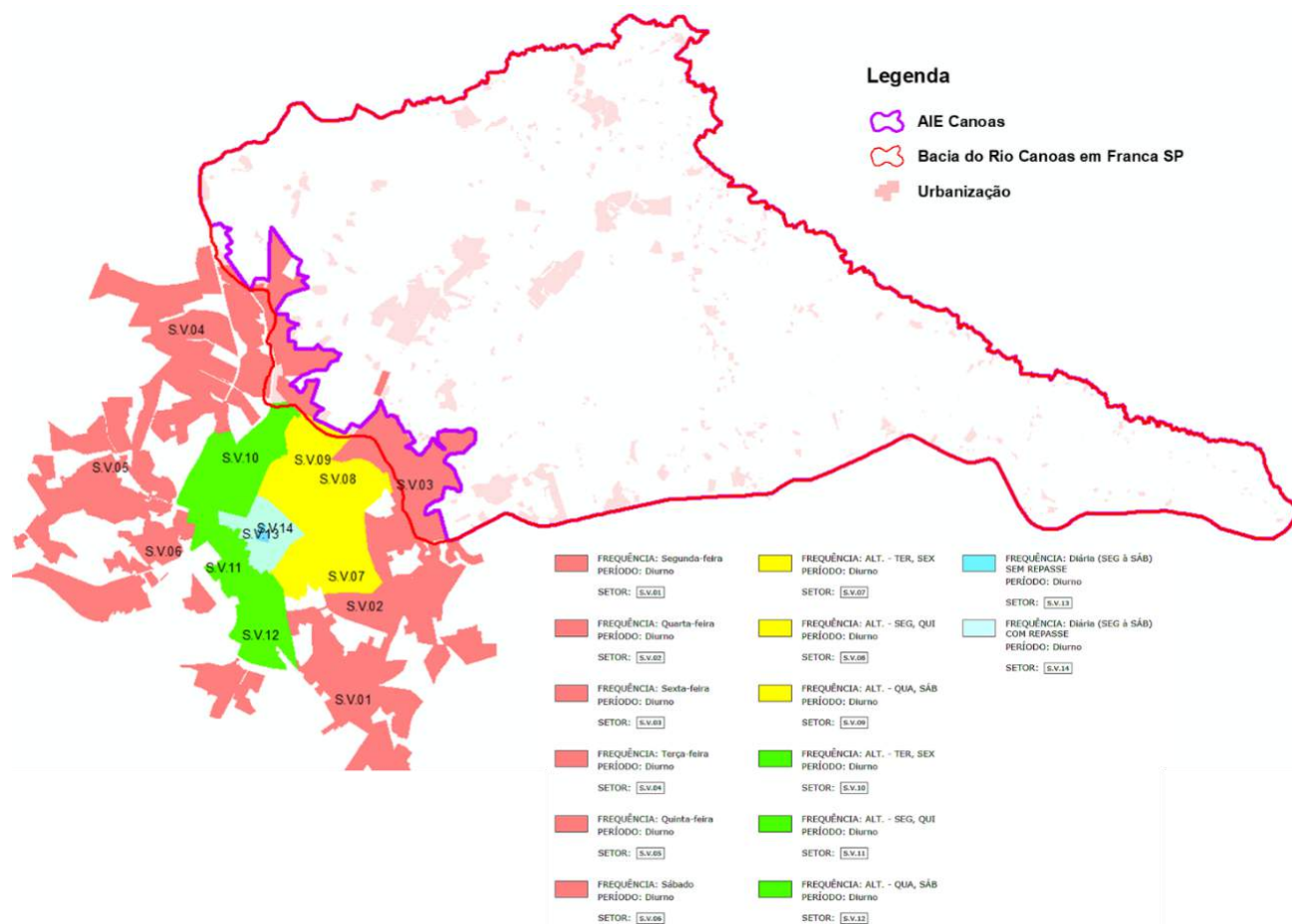


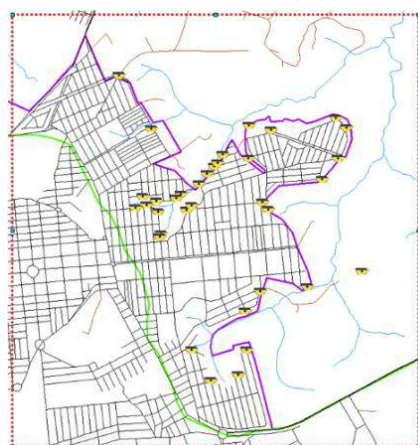
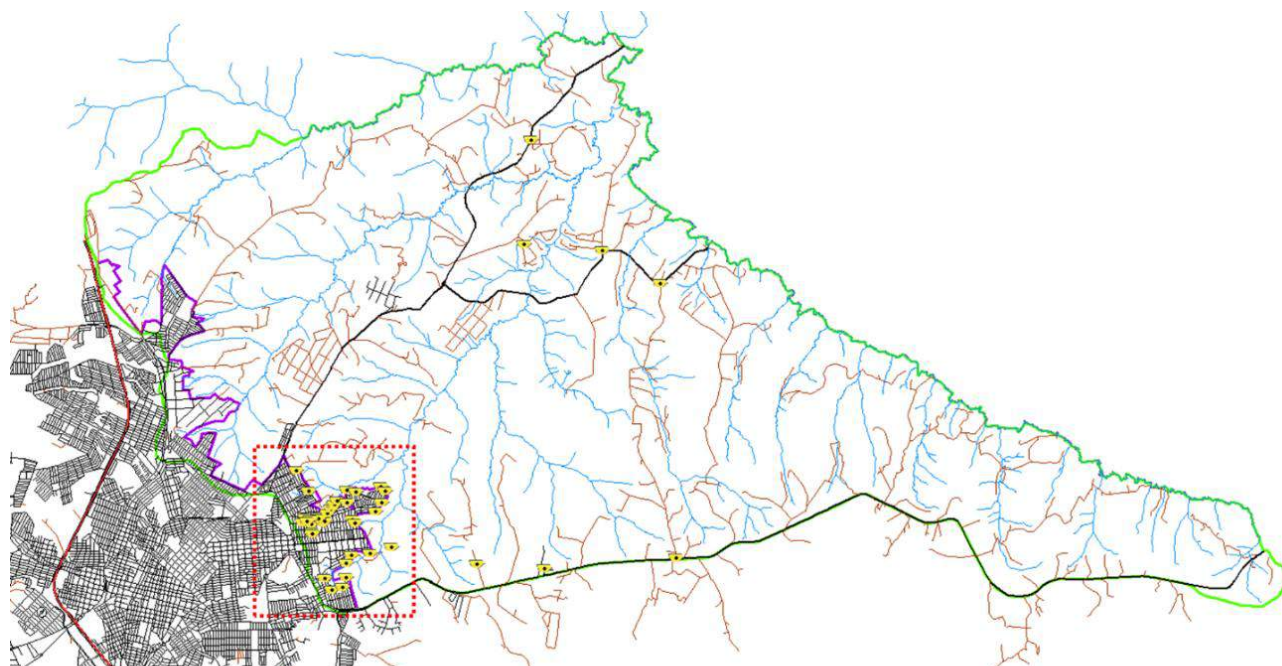
Figura 3.5.4(3) - Varrição na Bacia do Rio Canoas

COLETA ATRAVÉS DE CAÇAMBAS

Com os dados fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente de Franca foi possível a construção da Figura 3.5.4(4). Nela são mostrados os pontos de coleta de resíduos através de caçambas na área da Bacia do Rio Canoas. No Anexo 5.1(1) podem ser observadas, além da localização, as fotos destes pontos.

O que se nota, no entanto, é que nem todas as fotos mostram caçambas no local, parecendo mais resíduos dispersos nos pontos selecionados.

Um outro ponto observado é que não existem muitas caçambas ao longo das Rodovias João Traficante e Tancredo Neves que são os locais com o maior número de loteamentos.



Legenda

- Caçambas
- Hidrografia
- Vias não pavimentadas**
- Vias não pavimentadas
- Vias pavimentadas**
- Tipo**
- Arruamentos
- Rodovias principais
- Rodovias secundárias
- Bacia do Rio Canoas em Franca SP
- AIE Canoas

Figura 3.5.4(4) – Caçambas dispostas na área da bacia do Rio Canoas

A equipe da UFSCar em visita a região da bacia do Rio Canoas pode fotografar vários pontos com a presença de caçambas e vários pontos com lixo disperso pela bacia. A Figura 3.5.4(5) apresenta a localização com os pontos fotografados e onde foram observadas caçambas e lixo difuso. As fotos podem ser vistas no Anexo de Fotos 5.1(1).

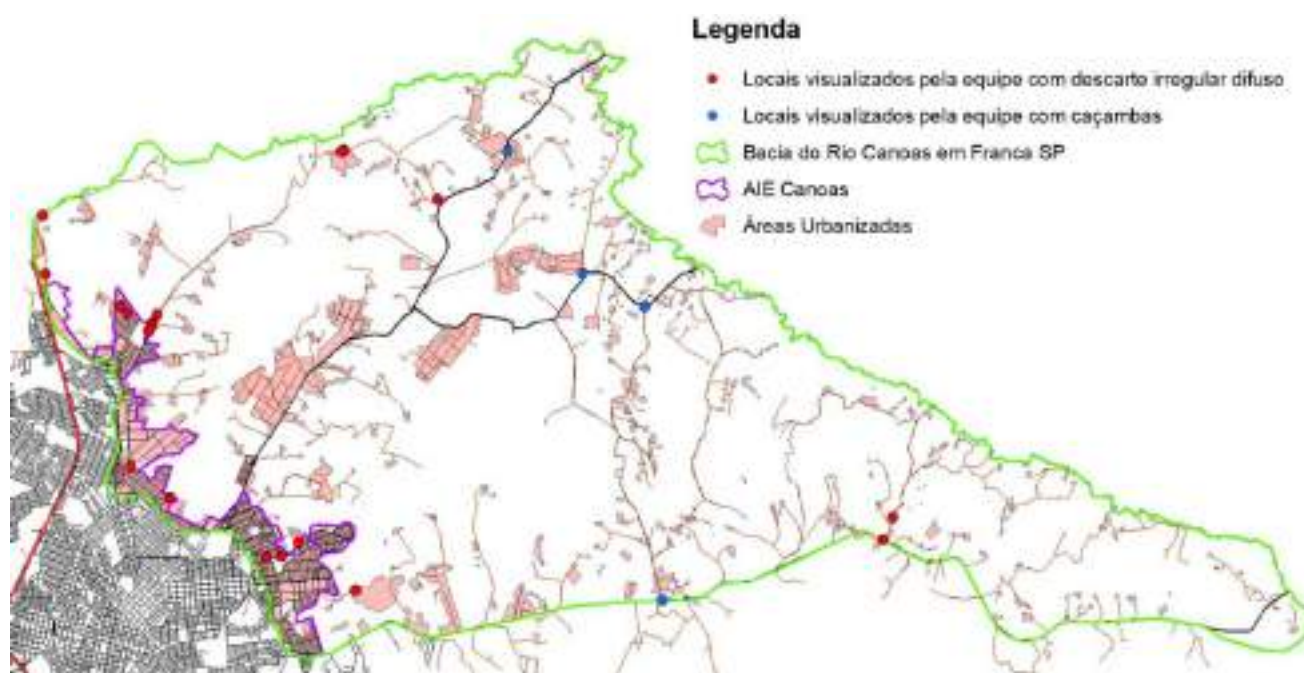


Figura 3.5.4(5) – Locais fotografados pela equipe com caçambas e com resíduos sólidos difusos pela bacia do Rio Canoas

A seguir, na Figura 3.5.4(6) pode-se observar vários locais com caçambas ao longo da bacia do Rio Canoas.

Nota-se que as caçambas não são suficientes para todo o resíduo depositado pela população. Desta forma torna-se necessária uma mudança na gestão desses recipientes a fim de não existir mais resíduo disperso na bacia. O que também é extremamente importante e deve ser levado em conta é a educação relativa ao ambiente da população que não tem respeitado as áreas de depósito dos resíduos.

São depositados todo tipo de resíduos nestas áreas como domiciliar, industrial, restos de podas (que tem aterro próprio e gratuito), móveis, etc. Também é necessário um trabalho de conscientização neste sentido.



Figura 3.5.4(6) - Caçambas localizadas na bacia do Rio Canoas

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)

RESÍDUOS SÓLIDOS DIFUSOS

Os resíduos sólidos dispersos também podem ser encontrados ao longo de toda a bacia do rio Canoas. Figura 3.5.4(7) e 3.5.4(8)

São encontrados resíduos ao longo de cursos d'água, ao longo das vias, em propriedades privadas, no meio de loteamentos e outros. O descarte ao longo de cursos d'água provoca poluição e transporte de sedimentos. No caso da Bacia do Rio Canoas isso se torna um grande desafio já que os mananciais estão no limite para aproveitamento e muito assoreados.

A diversidade de materiais também é notada, observando-se restos de material de construção, resíduos industriais (como couro), resíduos domésticos, móveis, restos de podas, etc.

Um dos inconvenientes encontrados nesses locais são as moradias improvisadas no meio dos resíduos, denotando um problema social grave.





Figura 3.5.4(7) - Resíduos Sólidos difusos pela bacia

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)



Figura 3.5.4(8) - Resíduos Sólidos Difusos pela bacia

(Fonte: Equipe UFSCar, 2023)

3.5.4.2. Disposição e Tratamento de Resíduos Sólidos

De acordo com a Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010:

- Disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos
- Área contaminada: local onde há contaminação causada pela disposição, regular ou irregular, de quaisquer substâncias ou resíduos

ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA BACIA DO RIO CANOAS

Alguns aterros encerrados e outros em funcionamento se localizam na bacia do Rio Canoas. O Aterro sanitário de Franca recebe os resíduos provenientes da região da bacia do Rio Canoas, mas não está localizado nesta área. Figura 3.5.4(9) (mapa no anexo 3.5.4(1)).

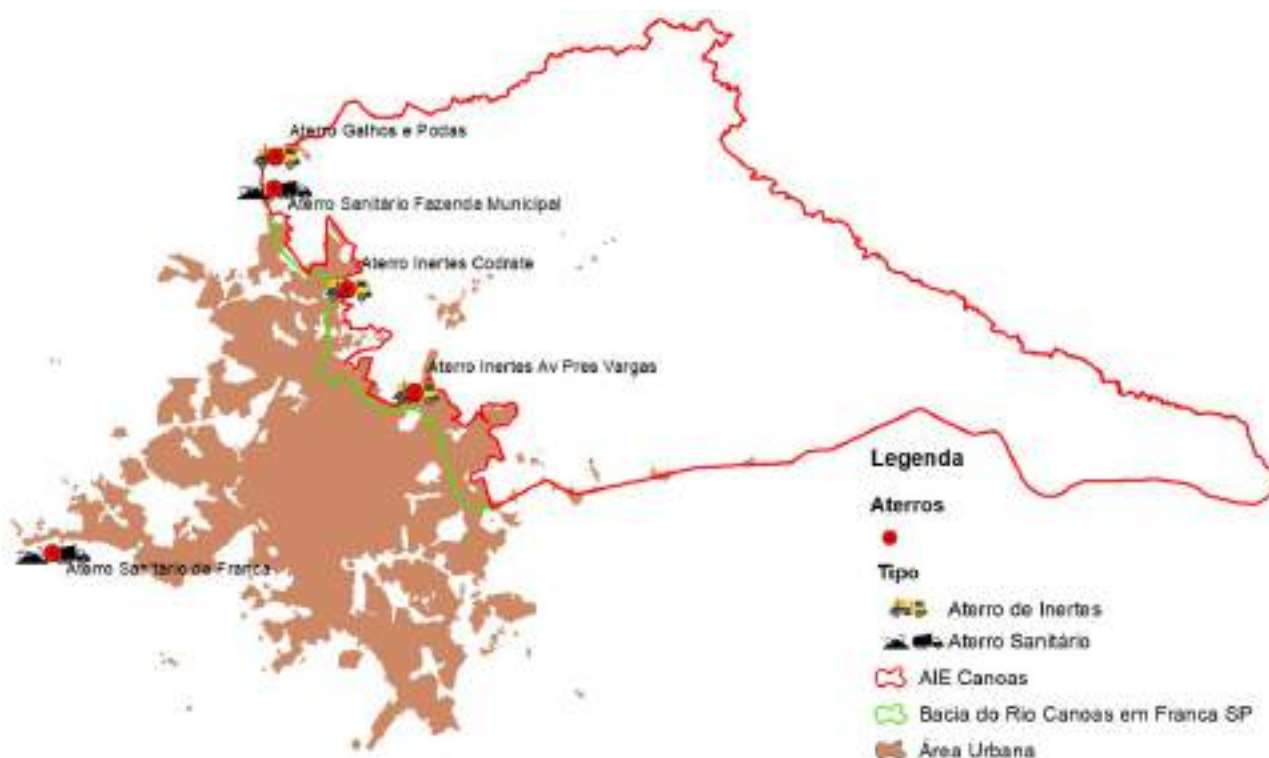


Figura 3.5.4(9) - Aterros na área da bacia do rio Canoas e Aterro Municipal para onde são levados os RSU da bacia

(I) Aterro da Codrate

A seguir pode-se visualizar o aterro de inertes da Codrate para onde são levados resíduos da construção civil prioritariamente. Figura 3.5.4(10)

Observa-se uma área de nascente bem ao lado do aterro, bem como uma erosão ao lado da mata que contém essa nascente.



Figura 3.5.4(10) – Aterro de Inertes da Codrate

O Aterro é gerenciado pela Codrate – Locação de Máquinas e Caçambas Ltda.

Trata-se de um aterro particular destinado à disposição de inertes e resíduos da construção civil cuja deposição é paga. Licença de Operação 27005117.

Localiza-se a Rua Manoel Bandeira, s/n, Miramontes, ao lado da casa 438.

Este é um aterro que foi iniciado em uma região de erosão e possui duas áreas distintas: uma já se encontra como passivo ambiental e a outra está em pleno funcionamento. As duas áreas são contíguas. Uma evolução do Aterro é vista na Figura 3.5.4(11) e no vídeo do Anexo digital 3.5.4.2(1).

A região possui curso d'água (Córrego Cassimiro) que drena pra a bacia do Córrego dos Correias que desagua no Ribeirão da Onça que é afluente do Rio Canoas.



Figura 3.5.4(11) – Evolução do Aterro da Codrate ao longo dos anos

A Figura 3.5.4(12) apresenta o aterro desativado e o aterro ativo nas atuais condições. O aterro está em pleno funcionamento e nota-se que recebe realmente resíduos de construção civil (a), (b) e (f). Apesar de o local ter sido usado com o passar dos anos para depósito sobre uma grande erosão ainda se observa uma parte desta ao pé do aterro; (c), (d) e (e) o que pode ameaçar a obra com o passar do tempo se nada for feito.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Figura 3.5.4(12) - Aterro da Codrate – (a) aterro em funcionamento; (b) máquinas trabalhando; (c) vista da parte inferior do aterro; (d) vista lateral do aterro; (e) vista da parte inferior do aterro; (f) característica geral do resíduo; (g) aterro em funcionamento visto ao largo; (h) aterro visto de longe; (i) área do passivo ambiental

Fonte: Equipe UFSCar

A área que constitui passivo ambiental está sendo acompanhada pela CETESB que contratou o serviço de acompanhamento das águas subterrâneas e superficiais no local. A empresa tem como objetivo compilar, comparar e avaliar os resultados analíticos das amostras de águas subterrâneas e superficial referente ao automonitoramento de aterro de resíduos inertes e da construção civil realizado nos dias 08 de junho e 29 de agosto de 2022. Os pontos de amostragem encontram-se na Tabela 3.5.4(3) e são visualizados na Figura 3.5.4(13).

Laboratório responsável pela amostragem e análises: Controle Analítico Análises Técnicas Ltda – CNPJ: 05.431.967/0001-41 - R. Leão XIII, 281 – Vila dos Remédios – Osasco – SP – Acreditação INMETRO: CRL 0353

Tabela 3.5.4(3) - Pontos de amostragem no monitoramento da CODRATE

Identificação	Tipo	Coordenadas	Volume de água disponível?
PM-1	Água Subterrânea	20°29'03.7"S	Sim
		47°23'38.2"W	
PM-2	Água Subterrânea	20°29'00.3"S	Sim
		47°23'36.3"W	
PM-3	Água Subterrânea	20°28'59.7"S	Sim
		47°23'34.1"W	
PM-4	Água Subterrânea	20°28'58.5"S	Sim
		47°23'32.1"W	
Água Superficial	Água Superficial	20°28'59.0"S	Sim
		47°23'33.6"W	

(Fonte: Cetesb (2022))



Figura 3.5.4(13) – Pontos de amostragem da avaliação da Controle Analítico Análises Técnicas Ltda no aterro da Codrate

Após a verificação dos relatórios pode-se concluir que os resultados das análises dos poços de monitoramento PM-1, PM-3 e PM-4 atenderam aos padrões estabelecidos pelos Valores Orientadores Cetesb – Águas Subterrâneas (Decisão de Diretoria Nº125/2021/E de 09/12/2021). No poço de monitoramento PM-2 as análises de Chumbo Total (Resultado: 43µg/l; Valores Orientadores DD 125/2021/E: 10µg/l) e Nitrogênio Nitrato (Resultado: 13.939µg/l; Valores Orientadores DD 125/2021/E: 10.000µg/l) apresentaram resultados acima dos valores estipulados pelos Valores Orientadores Cetesb - Águas Subterrâneas (Decisão de Diretoria Nº125/2021/E de 09/12/2021).

Referente às análises realizadas na água superficial, pode-se concluir que os resultados dos parâmetros de Manganês total (Resultado: 0,331mg/l; Valor orientador: 0,1mg/l), Materiais flutuantes (Resultado: presente; Valor orientador: virtualmente ausente), Oxigênio dissolvido (Resultado: 4,6mg/l; Valor orientador: min. 5,0mg/l), Resíduos sólidos objetáveis (Resultado: presente; Valor orientador: virtualmente ausente), Substâncias que comuniquem gosto (Resultado: presente; Valor orientador: virtualmente ausente A/P) e Toxicidade Crônica (Resultado: tóxico T/NT; Valor orientador: não tóxico T/NT) encontram-

se fora dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA - 357 de 17 de Março de 2005 - Art. 15 - Águas Doces - Classe 2.

(II) Aterro da Fazenda Municipal Pouso Alto



Figura 3.5.4(14) – Aterro da Fazenda

O Aterro da Fazenda Municipal Pouso Alto constitui-se atualmente de um passivo ambiental situado à rua Sidney Romeu de Andrade próxima à Rodovia Candido Portinari (SP 334), que liga Franca ao Município de Cristais Paulista a norte, local antigamente denominado Fazenda Municipal, de propriedade da Prefeitura de Franca, distante cerca de 6 km da região central da cidade. Dentro da Fazenda também está o Jardim Zoobotânico que é uma Unidade de Conservação Municipal. Figura 3.5.4(14).

De acordo com a Empresa Geo-Analítica (2020) vencedora do certame licitatório realizado pelo Município de Franca, que tem como objeto a Contratação de empresa especializada para Execução de Investigação de Passivo Ambiental no Aterro da Fazenda Municipal de Franca o histórico local foi o seguinte (constante da Peça do Processo/Documento CETESB 094698/2020-15):

“Segundo informações apresentadas no termo de referência disponibilizado pela prefeitura, em levantamento documental e entrevistas com funcionários da prefeitura, a área onde se instalou o aterro fazia parte da antiga Fazenda Municipal de Franca, na qual se desenvolveram, durante décadas e até hoje, atividades essencialmente agrícolas e pecuárias, e de apoio operacional à prefeitura.

Ao longo das últimas quatro décadas a fazenda sofreu alguns parcelamentos e desmembramentos em favor de entidades sociais e sem fins lucrativos, como entidades sindicalistas, ambientalistas, etc., para construção de suas sedes, sem, entretanto, mudanças significativas em seu uso principal.

No final dos anos 80, com crescente agravamento da situação operacional do Aterro das Maritacas (na região central do município), que resultaram em conflitos com a população do entorno, as disposições de resíduos nesse aterro foram interrompidas temporariamente, passando os resíduos a serem dispostos numa área restrita da Fazenda Municipal, numa entrada da propriedade situada junto à antiga estrada de ligação entre os municípios de Franca e Cristais Paulista, a cerca de 5 km a norte de Franca.

Neste local, a partir dessa época e durante vários anos, até o início de 1997, foram depositados de forma irregular, resíduos de origem doméstica e industrial, sem que fossem observados critérios e procedimentos tecnicamente adequados, formando-se um grande depósito a céu aberto (lixão) com inúmeros inconvenientes ambientais.

Em 1997 foram concluídas as obras de recuperação exigidas pelo Ministério Público e pela CETESB, nas quais se previa a paralisação e encerramento das atividades na área. Entretanto, em função da não habilitação e licenciamento do novo aterro, as atividades só foram paralisadas em 2006, após inúmeros conflitos com os órgãos públicos.

Apenas em junho de 2006 entrou em operação de forma regular e adequada, o novo Aterro Sanitário Municipal Ivan Vieira.

A partir de então, as atividades do antigo Aterro da Fazenda Municipal cessaram, passando para a fase que se estende até o presente momento, de encerramento do aterro, de acordo com as normas e os procedimentos estabelecidos pela CETESB.”

Geo-Analítica Estudos e Gerenciamentos de Áreas Contaminadas LTDA-ME – CNPJ: 14.768.929/0001-70 - Rua Alameda das Margaridas, 352, Vila Jardim, Adamantina, SP – Procedimento seguido: DD 038/2017/C, de 07 de fevereiro de 2017 e Roteiro para Elaboração de Estudo de Investigação de Contaminação em Áreas de Deposição de Resíduos Sólidos Urbanos (Maio/2019).

Tabela 3.5.4(4) – Tipologia dos resíduos depositados no Aterro da Fazenda

Ano de Início / Término da operação	Tipologia de Resíduos Depostos e Situação da Área
1982 / 1990	Lixos domiciliares, industriais e de saúde, sem qualquer triagem e depostos em uma única vala.
1990 / 1994	Alteamento de aproximadamente 7,0 metros, e depostos lixos domiciliares, industriais e de saúde.
1994 / 2002	Lixos domiciliares e industriais depostos em uma única vala e alteamento realizado de aproximadamente 7,0 metros.
2002 / 2005	Lixos domiciliares e industriais (indústria de calçado) depostos em área parcialmente impermeabilizada. O lixão foi reconformado com solo virgem em seu topo.

(Fonte: Empresa Geo Analítica (2020))

“No levantamento do uso e ocupação do solo foram identificados uso agrícola,

industrial, e locais de lazer “chácaras”, com uma grande quantidade de poços profundos instalados e não outorgados, conforme identificamos in situ no entorno imediato.

Para agravamento da situação, verificou-se tratar de uma área de encostas onde ocorrem nascentes em sua porção intermediária, formando cabeceiras de drenagens e córregos, os quais são utilizados pelas propriedades a jusante para criação e abastecimento domésticos, e que contribuem para a microbacia do Córrego do Pouso Alto, afluente da Bacia Hidrográfica do Rio das Canoas, a cerca de 13,0 km a leste do aterro, tributário do Rio Grande.

Na base do maciço, mais especificamente a sul encontra-se uma das nascentes do Córrego do Pouso Alto, e a leste identificamos outra nascente, distante aproximadamente 300 metros da área, a norte é identificado um olho d'água distante aproximadamente 180 metros, com vegetações preservadas nas APP.

De acordo com o Decreto nº 10.755/77 os afluentes do Córrego do Pouso Alto são classificados em classe 2. Pertencem à Classe 2 todos os corpos d'água, exceto os alhures classificados.

Segundo levantamento realizado on-site, identificou-se aproximadamente 40 poços profundos, considerando o entorno de 1000 metros. Em consulta no banco de dados do DAEE não foram identificadas as outorgas dos poços profundos levantados em campo.

A identificação das principais atividades potencialmente poluidoras exercidas atualmente sobre a superfície do avaliado, foi elencada como Área Potencial de Contaminação (AP), após os levantamentos ambientais realizados na, colocando-se a partir do exposto quanto a potencial existência de vias de exposição de contaminantes aos atuais e futuros receptores do empreendimento e entorno imediato.”

Tabela 3.5.4(6) – Relação das amostras de águas subterrâneas coletadas

Data de Coleta	Poço	Justificativa de Coleta	Coordenadas UTM Fuso 23 (SIRGAS 2000)
2/6/2020	PM-01	Identificar possíveis contaminações antrópicas provenientes do aterro "lixão" na água subterrânea	248200.00 m E / 7736183.00 m S
2/6/2020	PMN-02		248200.00 m E / 7736180.00 m S
2/6/2020	PM-03		248227.00 m E / 7735924.00 m S
3/6/2020	PM-04		248237.00 m E / 7735748.00 m S
3/6/2020	PM-05		248244.00 m E / 7735629.00 m S
3/6/2020	PM.		248240.00 m E / 7735451.00 m S
3/6/2020	PMN-07		248368.00 m E / 7735560.00 m S
3/6/2020	PM-08		248480.00 m E / 7735638.00 m S
3/6/2020	PM-09		248544.00 m E / 7735702.00 m S
3/6/2020	PM-10		248488.00 m E / 7735806.00 m S
3/6/2020	PMN-11		248448.00 m E / 7735937.00 m S
2/6/2020	PM-12		248495.00 m E / 7736042.00 m S
2/6/2020	PM-13		248458.00 m E / 7736165.00 m S
2/6/2020	PM-14		248375.00 m E / 7736394.00 m S
2/6/2020	PM-15		248275.00 m E / 7736282.00 m S

(Fonte: Empresa Geo Analítica (2020))

“O empreendimento em questão neste estudo se encontra no perímetro do município de Franca (SP), localizando na microbacia do Córrego do Pouso Alto, esta que recebe influência do aterro (lixão), a oeste que tem como divisor a Rodovia Cândido Portinari encontram-se as microbacias do Ribeirão do Salgado e Córrego da Terra Vermelha.

Visando a avaliação das águas subterrâneas do terreno de interesse, potencialmente susceptíveis às atividades antrópicas exercidas sobre a superfície do avaliado e ainda entorno imediato, foram locados na presente etapa de investigação ambiental, 15 sondagens e instalados 15 poços de monitoramento da água subterrânea em todo o perímetro do aterro, dos quais 03 poços de monitoramento multinível.

Nas sondagens executadas foram coletadas amostras de solo em várias profundidades e realizados ensaios físicos em campo, caracterizando um solo argiloso de coloração marrom escuro, e em algumas profundidades marrom claro, classificando o solo em fração de argila.

Após as instalações dos poços de monitoramento os mesmos foram amostrados por laboratório devidamente acreditado na ISO/IEC 17025, as amostras foram encaminhadas para análise no mesmo laboratório. Os resultados analíticos indicaram concentrações das SQIs **Anilina, TPH Total, Arsênio, Bário, Chumbo, Cromo, Molibdênio, Níquel, Selênio, Arsênio Dissolvido, Bário Dissolvido, Cromo Dissolvido, Molibdênio Dissolvido e Níquel Dissolvido** acima dos valores de intervenção preconizados para a área. Portando as plumas de contaminações extrapolam a área do aterro, atingindo receptores externos.

Assim, seguindo os procedimentos da DD 038/2017/C de 07 de fevereiro de 2017, a área foi classificada como **ÁREA CONTAMINADA SOB INVESTIGAÇÃO (ACI)** em virtude da detecção de **Anilina, TPH Total, Arsênio, Bário, Chumbo, Cromo, Molibdênio, Níquel, Selênio, Arsênio Dissolvido, Bário Dissolvido, Cromo Dissolvido, Molibdênio Dissolvido e Níquel Dissolvido** acima do valor de intervenção na água subterrânea e concentrações de CH₄ % vol. de ar com risco de explosividade.

De maneira a eliminar possíveis riscos, seguindo os procedimentos estabelecidos no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas – CETESB **recomendou-se a**

continuidade dos trabalhos ambientais através do desenvolvimento da FASE III – da NBR 15.515-3: Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea Parte 3 – Investigação Detalhada e NBR. 16.209 e Avaliação de risco a saúde humana (através das Planilhas de Avaliação de Risco CETESB, 2013), devendo o Modelo Conceitual de o Avaliado ser consolidado neste relatório, pois devido à inexistência de contaminação a área em questão apresenta-se em conformidade com o Processo de Gerenciamento Ambiental”.

O Chorume proveniente do aterro é coletado e enviado para duas lagoas e posteriormente retirado por caminhões e destinado a Estação de Tratamento de Esgotos de Franca. A coleta é feita, usualmente, cinco vezes por semana, dependendo da estação do ano. No período chuvoso são feitas mais coletas e no período seco menos. A primeira lagoa recebe um menor volume de chorume e com uma aparência visual melhor. Na segunda lagoa o chorume parece ser mais concentrado. Pode-se observar o exposto através da Tabela 3.5.4(7).

Tabela 3.5.4(7) – Relatório de quantidade de chorume retirado das lagoas do antigo aterro da Fazenda Municipal – Ano 2022

MÊS	VIAGENS	LITROS	M ³
JANEIRO	146	1.241.000	1.241
FEVEREIRO	47	399.5	399,50
MARÇO	-	-	-
ABRIL	-	-	-
MAIO	-	-	-
JUNHO	49	735	735
JULHO	23	345	345
AGOSTO	-	-	-
SETEMBRO	-	-	-
OUTUBRO	8	120	120
NOVEMBRO	18	270	270
DEZEMBRO	44	660	660
TOTAL	335	3.770.500	3.770,5

Esta região tem sua drenagem encaminhada para a bacia do Ribeirão Pouso Alegre e posteriormente Rio Canoas

A Figura 3.5.4(15) mostra a situação atual do Aterro da Fazenda.



Figura 3.5.4(15) - Aterro da Fazenda Municipal Pouso Alto – (a) acesso ao aterro; (b) caminhão que retira o chorume; (c) primeira lagoa de chorume; (d) pontos de inspeção para coleta de amostra; (e) processo erosivo em talude do aterro; (f) segunda lagoa de chorume com mangueira para retirada; (g) vista lateral do aterro; (h) processo erosivo e falta de cobertura evidenciando as camadas do aterro; (i) vista panorâmica da parte superior do aterro.

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

(III) Aterro de Galhos



Figura 3.5.4(16) – Aterro de Galhos

Neste aterro podem ser descartados resíduos de podas, capinas e galhos tanto da prefeitura quanto de particulares. Os resíduos devem ser levados até o aterro pelo interessado. Trata-se de um serviço gratuito. Na Figura 3.5.4(16) tem-se uma vista aérea do local.

Localiza-se a Rua Sidney Romeu de Andrade, após a penitenciária, próximo a pista de aeromodelismo / Clube dos Comerciantes, atrás do Posto Paineirão.

O caminhão que espalha o resíduo comparece semanalmente ao local e serve principalmente para os galhos com material mais verde. Figura 3.5.4(17) (d).

Entre o aterro de podas e o antigo aterro da Fazenda Pouso Alto existe uma área onde não são depositados resíduos e que está sendo cedida temporariamente para a NAREVI, uma associação que acolhe e cuida de dependentes químicos.

Algumas características do funcionamento do aterro de podas podem ser observadas na Figura 3.5.4(17). Existe um controle manual dos veículos que chegam até o aterro para depósito de resíduos: (a).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 3.5.4(17) - Aterro de Podas – (a) controle de entrada; (b) vista do aterro de podas; (c) vista do aterro de podas; (d) caminhão fazendo espalhamento do resíduo; (e) vista do aterro da Fazenda ao longe; (f) região da Fazenda

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

(IV) Aterro de Inertes na Saída de Claraval

A seguir na Figura 3.5.4(18) observa-se uma vista aérea do aterro de inertes da Av. Presidente Vargas.



Figura 3.5.4(18) – Aterro de Inertes Desativado

Trata-se de antigo aterro de inertes que hoje em dia já se encontra desativado.

Localiza-se na Av. Presidente Vargas em área próxima ao Hospital do Coração no bairro Jardim do Éden.

Este Aterro foi construído em área na qual já existia uma erosão nas proximidades. A evolução do aterro ao longo dos anos pode ser vista no vídeo do Anexo digital 3.5.42(1).

Neste caso o principal problema encontrado é que a erosão na lateral do aterro destruiu a drenagem que foi projetada juntamente com o Aterro de inertes. Figura 3.5.4(18).

Neste ponto formou-se uma imensa cratera que ameaça o aterro e a região do entorno. Na verdade, a erosão já está atingindo a área do aterro. As fotos do local podem ser vistas na Figura 3.5.4(19).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.5.4(19) - Aterro de Inertes – (a) vista do aterro; (b) vista do aterro; (c) drenagem lateral sem finalização; (d) erosão ao final da drenagem formando grande cratera.

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

ATERRO SANITÁRIO MUNICIPAL DE FRANCA

Apesar de se encontrar fora da área de atuação do presente projeto, o Aterro Municipal de Franca recebe os resíduos sólidos provenientes da bacia do Rio Canoas. Desta forma foi incluído nos estudos.

O Aterro Sanitário Municipal Ivan Vieira entrou em operação em junho de 2006 e a projeção de seu funcionamento seria até 2031. Mas devido a quantidade de resíduos hoje depositada necessitar ser acima da licenciada o aterro tem duração prevista para até 2029.

Localiza-se a Rodovia Prefeito Fábio Talarico (SP-345), km 43, Distrito Industrial, próximo a EMDEF. Uma vista aérea do local pode ser observada na Figura 3.5.4(20)

Neste local também se encontra o Ecoponto de Pneus RECICLANIP (Grandes Quantidades, Borracharias, Oficinas, Empresas – PJ) através de termo de cooperação coleta e destino do material. Trata-se de um serviço público gratuito.



Figura 3.5.4(20) – Aterro Sanitário de Franca

O Aterro Municipal de Franca pode ser visualizado na Figura 3.5.4(21) em suas principais partes.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 3.5.4(21) – Aterro Sanitário de Franca – (a) placa de entrada; (b) balança; (c) containers e depósito para pneus; (d) vista do aterro; (e) camadas e células; (f) lagoa de chorume e caminhão de coleta; (g) lagoa de chorume com dois compartimentos; (h) parte já gramada do aterro e poço de coleta.

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

Logo na entrada os caminhões que chegam se encaminham para a balança onde são pesados. Após seguem para a área de deposição onde o lixo é disposto em camadas e o processo segue de acordo com as normas de aterros sanitários.

O aterro está em operação em sua 9ª célula e a 10ª está em fase de licenciamento.

O chorume produzido é encaminhado para duas lagoas de onde é coletado e encaminhado para a Estação de Tratamento de Esgotos de Franca.

Além dos resíduos sólidos urbanos, rurais e resíduos de varrição o aterro recebe resíduos de cemitérios, algumas indústrias, das secretarias do município, do comércio e da Sabesp.

A SABESP encaminha os resíduos provenientes de gradeamento das captações, ETAs e ETEs, areia proveniente dos mesmos locais e lodo proveniente das Estações de Tratamento (biossólidos) entre outros. Cabe salientar que o lodo chega com um teor de água muito elevado e deve ser seco antes de ser depositado nas células do aterro. As quantidades desses resíduos podem ser visualizadas na Tabela 3.5.4(8)

Tabela 3.5.4(8) – Disposição de Resíduos Sólidos no Aterro Municipal de Franca

RELATÓRIO DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS E INDUSTRIAIS - QUANTIDADE EM KILOS												
2022	PREFEITURA DE FRANCA							OUTROS				TOTAL GERAL
	DOMÉSTICO	VARRIÇÃO	RURAL	CEMITÉRIOS	REJ. USINA	SEC. OBRAS	Sec. OBRAS	AREIA SABESP	LODO SABESP	COMERCIAL	INDUSTRIAL	
JANEIRO	7.430.580,00	7.02000	210.12000	41.74000	149.74000	1.959.990,00	87.15000	103.15000	2.155.050,00	85.29000	651.71000	12.881.540,00
FEVEREIRO	6.502.010,00	3.71000	223.38000	43.60000	26.17000	1.651.705,00	89.71000	164.79000	2.522.150,00	89.59000	811.77000	12.128.585,00
MARÇO	6.850.140,00	4.16000	215.06000	43.79000	45.09000	2.652.050,00	74.68000	148.30000	2.531.100,00	115.71000	835.87200	13.515.952,00
ABRIL	6.333.730,00	11.83000	178.05000	28.71000	60.99000	3.331.663,00	59.29000	98.43000	1.443.200,00	102.77000	855.10000	12.503.763,00
MAIO	6.401.780,00	70.87000	178.16000	34.66000	93.18000	4.150.480,00	53.61000	162.35000	2.761.580,00	75.25000	784.84000	14.766.760,00
JUNHO	6.286.260,00	346.30000	177.60000	31.69000	31.53000	3.363.138,00	51.02000	163.02000	2.552.980,00	91.94000	837.36000	13.932.838,00
JULHO	6.235.970,00	363.70000	165.08000	35.26000	52.05000	2.925.528,00	21.99000	127.61000	2.873.940,00	87.46000	758.09000	13.646.678,00
AGOSTO	6.623.060,00	341.02000	206.89000	49.52000	55.71000	3.713.964,00	29.15000	143.03000	2.775.380,00	117.49000	860.17000	14.915.384,00
SETEMBRO	6.326.710,00	367.83000	199.24000	31.06000	52.04000	2.753.379,00	54.72000	166.35000	2.396.260,00	51.30000	837.91000	13.236.799,00
OUTUBRO	6.595.100,00	173.16000	65.87000	61.10000	000	1.782.979,00	49.77000	166.35000	2.121.760,00	65.78000	918.38000	12.000.249,00
NOVEMBRO	6.431.880,00	200.24000	94.24000	50.78000	49.22000	1.858.646,00	67.63000	162.50000	2.628.530,00	64.99000	722.03000	12.330.686,00
DEZEMBRO	7.428.970,00	238.31000	127.03000	62.44000	10.38000	2.582.129,00	48.32000	161.05000	2.424.320,00	70.87000	632.43000	
TOTAL	79.446.190,00	2.128.150,00	2.040.720,00	514.35000	626.10000	32.725.651,00	687.04000	1.766.930,00	29.186.250,00	1.018.440,00	9.505.662,00	159.645.483,00
	118.168.201,00							30.953.180,00		1.018.440,00		9.505.662,00

Fonte: Secretaria de Meio Ambiente de Franca

UNIDADE DE TRIAGEM DE RESÍDUOS

Segundo a Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010:

- Reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa
- Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada

No caso de Franca a reciclagem de resíduos é realizada pela COOPERFRAN – Cooperativa de Materiais Recicláveis (serviço público gratuito).

Localiza-se a Rua Tristão de Almeida, 565, Distrito Industrial.

Na Figura 3.5.4(22) podem ser observadas as partes da Cooperativa de Reciclagem de Resíduos da Coleta Seletiva COOPERFRAN



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 3.5.4(22) – Unidade de triagem de resíduos – COOPERFRAN – (a) recepção; (b) pátio de chegada de resíduos; (c) triagem e bags de separação dos resíduos; (d) vidros; (e) pátios com plásticos e papeis já enfardados; (f) metais

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

Os materiais obtidos na coleta seletiva dos bairros, inclusive na bacia do Rio Canoas, são encaminhados para a Unidade de triagem da COOPERFRAN, onde são selecionados e encaminhados para reciclagem. A Empresa Seleta é a responsável pela coleta Seletiva e encaminha os materiais para a Unidade de triagem.

Os materiais chegam através de caminhões em um grande pátio coberto e são encaminhados através de pá carregadeira para uma esteira onde é feita a triagem dos

materiais manualmente e os já selecionados são depositados em “bags”. Figura 3.5.4(22) (b) e (c).

Dos “bags” os materiais são depositados em locais apropriados e alguns são enfardados como é o caso de papéis, plásticos e latas de alumínio. Figura 3.5.4(22) (d), (e) e (f).

A partir daí os materiais selecionados são vendidos para indústrias de reciclagem e o rejeito é encaminhado para o Aterro Sanitário Municipal de Franca.

3.5.5.Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais

A lei 11.445/2007, atualizada pela Lei 14.026/2020 traz algumas considerações sobre os serviços públicos de águas pluviais em seu Art. 3º-D:

Consideram-se serviços públicos de manejo das águas pluviais urbanas aqueles constituídos por 1 (uma) ou mais das seguintes atividades:

- I – drenagem urbana;
- II – transporte de águas pluviais urbanas;
- III – retenção ou detenção de águas pluviais urbanas para amortecimento de vazões de cheias; e
- IV – tratamento e disposição final de águas pluviais urbanas.

Segundo Barros *et alli* (1995) a drenagem pluvial é um item fundamental para o planejamento dos municípios e do saneamento, constituindo-se de duas partes: macrodrenagem e microdrenagem.

- **Macro drenagem:** A macrodrenagem corresponde à drenagem natural, constituída por rios e córregos, que pode receber obras que a modificam e a complementam, tais como canalizações, barragens, piscinões, diques e outras.
- **Micro drenagem:** relativo as estruturas locais coletoras de águas pluviais

A área urbana desta bacia encontra-se praticamente toda ocupada, totalizando 1 km². Nesta bacia não há área de expansão, visto que o perímetro da mesma não invade o limite da bacia do rio Canoas, a qual é considerada um manancial cuja área de drenagem é protegida pela Lei nº 4.420 de 07 de abril de 1994.” (FCTH, 2012)

Apesar desta área não ser considerada uma unidade de conservação gerenciada pelo Instituto Florestal, nenhuma intervenção será considerada, pois a região é responsável pelo abastecimento de parte do município e também visto que a área não apresenta potencial para a ocorrência de inundações, uma vez que a mesma se encontra praticamente ocupada.

b) Bacia do Ribeirão dos Correias

Sistema de Drenagem: “O ribeirão dos Correias localiza-se a nordeste do município, sua bacia de contribuição possui cerca de aproximadamente 18,1 km² e é formada principalmente por três grandes afluentes cujas cabeceiras localizam-se em regiões pouco urbanizadas, mais especificamente nos arredores dos bairros de Parque Dom Pedro I, Recanto Campo Belo, City Petrópolis e Jd. Ipanema, ao norte do município de Franca. O curso d’água principal possui uma extensão total de 6,1 km e corre em direção à zona rural, ao norte do município, encontrando, fora dos limites da área estudada, o córrego do Pouso Alegre, contribuindo, ambos, para a bacia do rio Canoas.

A área urbana inserida dentro da bacia encontra-se parcialmente ocupada, totalizando 5,9 km². Como no córrego do Morto, a bacia do ribeirão dos Correias, não possui área de expansão, pois o perímetro da mesma não invade o limite da bacia do rio Canoas, a qual é considerada um manancial cuja área de drenagem é protegida pela Lei nº 4.420 de 07 de abril de 1994.” (FCTH, 2012)

A proposta de intervenção no ribeirão dos Correias é de implantação de canalização, adotando a concepção de “Parque Linear”, mantendo-se o conceito de diminuição da velocidade ao longo do canal, por meio do balanço entre uma declividade adequada e uma área alagável suficientemente grande para comportar as vazões de período de retorno de 100 anos. Esse tipo de medida tem a finalidade de fazer com que as vazões voltem aos

valores de pré-urbanização, sem comprometer a estabilidade do leito natural, de modo a garantir um comportamento equilibrado do curso d'água que se traduza em maior segurança à população.

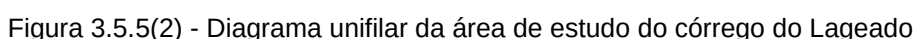
Com a implantação do Parque Linear a vazão efluente que era de 163 m³/s passa a ser de 111 m³/s, gerando um amortecimento para TR=100 anos da ordem de 32%. Cabe ressaltar que para períodos de retorno menores o amortecimento e as vazões serão menores.

c) Córrego do Lageado

Sistema de Drenagem: “O córrego do Lageado, um dos principais afluentes do ribeirão da Onça que por sua vez é afluente do rio Canoas, é formado pela confluência de três córregos, cujas cabeceiras encontram-se a nordeste do município de Franca. Dos três formadores do Lageado, dois nascem na região urbanizada, nos bairros Jd. Do Éden, Jd. Palermo, Jd. Brasilândia e Jd. São Luiz, e um na zona rural.

Sua bacia de contribuição drena uma área de aproximadamente 13,5 km² e o principal curso d'água possui um comprimento total de 5,36 km seguindo em direção à zona rural até o exutório da bacia.

A região apresenta problemas de assoreamento, uma vez que o relevo é caracterizado por “*escarpas desfeitas na forma de anfiteatros separados por pequenos espigões bastante curtos*”, e sendo os vales bastante estreitos, os cursos de água possuem energia suficiente para carrear os sedimentos provenientes das cabeceiras.” (FCTH, 2012) A Figura 3.5.5(2) ilustra o diagrama unifilar do córrego do Lageado.



A proposta de intervenção no córrego do Lageado é de implantação de canalização, adotando a concepção de “Parque Linear”, mantendo-se o conceito de diminuição da velocidade ao longo do canal, por meio do balanço entre uma declividade adequada e uma área alagável suficiente para comportar as vazões de período de recorrência de 100 anos. Esse tipo de medida tem a finalidade de fazer com que as vazões voltem aos valores de pré-urbanização, sem comprometer a estabilidade do leito natural, de modo a garantir um comportamento equilibrado do curso d’água que se traduza em maior segurança à população.

Com a implantação dos Parques Lineares a vazão final que era de 150 m³/s passa a ser de 117 m³/s, gerando um amortecimento para TR=100 anos da ordem de 22%. Cabe ressaltar que para períodos de retorno menores o amortecimento e as vazões serão menores.

Outros problemas relativos a drenagem das águas realizadas pelos rios podem ser encontradas na bacia do Rio Canoas.

A Figura 3.5.5(3) mostra uma situação em que o Ribeirão do Onça tem seu fluxo obstruído na região de uma Ponte conhecida como Ponte do Paiolzinho.

A obstrução causa a deposição de sedimentos e enchente na época das chuvas como pode ser verificado na marcação da casinha abandonada na mesma Figura 3.5.5(3).



Figura 3.5.5(3) – Ponte do Paiolzinho sobre o Ribeirão do Onça com obstrução ao escoamento do rio e que provoca inundações

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

3.5.5.2. Microdrenagem

Segundo PRUSKI & SILVA (2003) apud CASARIN (2008) o escoamento superficial pode ser influenciado por parâmetros agroclimáticos e fisiográficos. Os parâmetros agroclimáticos incluem: a) quantidade, intensidade e duração da precipitação - o escoamento superficial tende ao aumento com a magnitude, da intensidade e duração da precipitação. Para a bacia do Rio Canoas podemos encontrar esses parâmetros no item 3.1.2; b) cobertura e condição de uso do solo – além de seus efeitos sobre as condições de infiltração de água no solo, exercem importante influência na interceptação da água advinda da precipitação. Bacia do Rio Canoas item 3.8 e 3.1.5; c) evapotranspiração – representa importante fator para a retirada de água do solo. Portanto, quanto maior a evapotranspiração, menor deverá ser a umidade do solo quando da ocorrência da precipitação e, conseqüentemente, maior deverá ser a velocidade de infiltração.

Os parâmetros fisiográficos compreendem: a) área, forma e declividade da bacia – quanto maior a declividade da bacia, tanto maior deverá ser a vazão máxima de escoamento superficial que deverá ocorrer na secção de deságue da referida bacia. No caso da Bacia do Rio Canoas as declividades nas bacias formadoras podem ser observadas no item 3.3.3, Tabela 3.3.3(3). Quanto mais a forma da bacia aproximar-se do formato circular, tanto mais rápida deverá ser a concentração do escoamento superficial e, conseqüentemente, maior deverá ser a vazão máxima deste. Para a bacia do rio Canoas esses dados encontram-se no item 3.3.3, Tabela 3.3.3(3); b) tipo de solo – interfere diretamente na velocidade de infiltração de água no solo e na capacidade de retenção de água sobre a superfície. Para a Bacia do Rio Canoas os Tipos de solo encontrados estão no item 3.1.3; c) topografia – além de influenciar na velocidade de escoamento de água sobre o solo, interfere também na capacidade de armazenamento de água sobre este, sendo que as áreas mais em declive geralmente apresentam menor capacidade de armazenamento superficial do que as áreas mais planas. Na Bacia do Rio Canoas esse item é o 3.1.4; d) rede de drenagem – a existência de rede de drenagem com elevado de ramificação e altos valores de densidade de drenagem permite a rápida concentração do escoamento superficial, favorecendo conseqüentemente, a ocorrência de elevadas vazões sobre a superfície do solo. Item 3.3.3, Tabela 3.3.3(3) para os formadores da Bacia do Rio Canoas e também o item 3.3.1; e) teor de umidade do solo

– a capacidade de infiltração do solo saturado é muito menor do que a do solo com umidade inferior a saturação e, conseqüentemente, o escoamento é maior em solos saturados; f) obras hidráulicas presentes na bacia – obras hidráulicas destinadas a contenção do escoamento superficial resultam em redução da vazão máxima de uma bacia.

a) Barraginhas, Retenções de água, Drenagens de vias rurais, etc

De acordo o MAPA (2021), podemos utilizar as seguintes definições:

- Bacia de retenção (barraginha): estrutura aberta no solo em forma de “calota” para reter e armazenar água da chuva proveniente dos terraços ou ondulações transversais da estrada.
- Caixa de retenção: estruturas implantadas ao longo das estradas que fazem parte do sistema de drenagem para ordenar o fluxo da água pluvial, retraindo-a por um tempo e evitando a erosão na estrada.
- Terraço: estrutura de solo na forma de um murundu, construído para reter o escoamento superficial da água da chuva pelo terreno ou estrada.
- Drenagem: ordenamento do escoamento superficial da água da chuva ou do escoamento subterrâneo do lençol freático.
- Erosão: efeito da água da chuva sobre a superfície do solo sem cobertura vegetal que arrasta partículas minerais e orgânicas do solo na forma de sedimento.

Segundo CASARIN (2008) “A erosão provocada pela água no leito e nas margens das estradas rurais de terra está intimamente relacionada à má drenagem, sendo um dos principais fatores para sua degradação. Para que o sistema de drenagem seja feito de forma adequada é necessário o conhecimento da erodibilidade, capacidade de infiltração de água no solo e adoção de práticas mecânicas de elevação do greide e interceptação de águas através de dispositivos de captação. No leito de estradas rurais de terra verifica-se concentração de volume de água nas sarjetas onde provocam desagregação de solo e carregamento deste para pontos mais baixos a jusante com aberturas de leiras, formando sangrias por onde os desagregados de solo e água escoam e se depositam nas áreas a jusante causando impacto ambiental nos recursos hídricos.”

Na Figura 3.5.5(4) pode-se observar a má conservação da estrada do Bananalzinho com fortes erosões em todas as barraginhas ao longo do percurso e erosões tanto laminares como lineares. As marcas no solo mostram que os sedimentos estão sendo levados para as áreas mais baixas do terreno e que culminarão nos cursos d'água. É necessária uma manutenção mais frequente no local para evitar que mais danos aconteçam.





Figura 3.5.5(4) - Problemas de Drenagem na Estrada do Bananalzinho
Latitude 20° 28'44,85" sul e longitude 47° 23'14,45" oeste

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

De acordo com a Embrapa (2023) “as Barraginhas são pequenas bacias escavadas no solo com diâmetro de até 20 metros, tendo de 8 a 10 metros de raio e rampas suaves. São construídas dispersas nas propriedades com a função de captar enxurradas, controlando erosões e proporcionando a infiltração da água das chuvas no terreno.

O objetivo das Barraginhas é captar a água das enxurradas e permitir sua rápida infiltração, entre uma chuva e outra, para reabastecer o lençol freático, preservar o solo e aumentar a sustentabilidade hídrica.”

Na Figura 3.5.5(5) são mostradas várias barraginhas ao longo da bacia do Rio Canoas. É necessário lembrar que a manutenção constante é imprescindível, pois se não realizada, ao invés das barraginhas prevenirem a erosão, no local onde estão poderá começar uma. Como é o caso da estrada do Bananalzinho.



Figura 3.5.5(5) – Problemas de Drenagem ao longo da Bacia do Rio Canoas

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

b) Drenagem em loteamentos, Vias de acesso e área Urbana

Segundo o Prof. Carlos Lloret Ramos in TUCCI *et alli* (1995) quando há um processo de urbanização é necessário um planejamento anterior desta, que caso não ocorra poderá trazer como consequência a erosão do terreno e assoreamento dos cursos d'água.

Exatamente o que ocorre atualmente na bacia do Rio Canoas: uma grande quantidade de loteamentos sem planejamento prévio.

Este autor também explica que o processo de assoreamento pode ser acelerado com as ocupações inadequadas na bacia em que se localizam sem que se realizem práticas conservacionistas adequadas, fazendo que se tenha um aumento de sólidos nos corpos receptores.

Neste mesmo livro, o Prof. Carlos Galerani e colaboradores destacam:

“As principais consequências da erosão são a perda de solo, o seu empobrecimento e o seu carreamento para os rios. O sedimento gerado irá contribuir para o assoreamento das tubulações, galerias, rios e barragens, com prejuízos, por exemplo, à geração de energia e ao abastecimento humano, entre outros”

Cabe destacar que na bacia em questão, a do Rio Canoas, existem duas das captações mais importantes do município de Franca: a do Ribeirão do Pouso Alegre e do Rio Canoas.

Como já foi destacado no item de abastecimento de água, as captações encontram-se bastante assoreadas necessitando-se de limpezas periódicas nos locais para continuidade no aporte de água.

A Figura 3.5.5(6) apresenta justamente essa problemática da erosão em arruamentos e vias e posterior transporte desses sedimentos para os cursos d'água.

Existe, pois, a necessidade de planejamento prévio nos loteamentos a serem implantados na bacia, ou não, e definição da melhor maneira de se executar a drenagem no local e evitar assim a erosão.

c) Drenagem em loteamentos, Vias de acesso e área Urbana



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 3.5.5(6) – Problemas de drenagem em estradas e arruamentos de loteamentos - (a) região da nascente do rio Canoas; (b), (c) e (d) região da bacia do Córrego dos Correias; (e) e (f) região do Ribeirão do Onça

Fonte: Equipe UFSCar, 2023

Em Tucci *et alli* (1995) são definidos os dois tipos de erosões que podem se desenvolver, dependendo da forma como a água escoar: laminar e linear.

“A erosão laminar ou em lençol quando causada pelo escoamento difuso das águas de chuva, que removem, de forma progressiva e relativamente uniforme, os horizontes superficiais do solo. Esse é o tipo de erosão que causa maiores problemas na área rural.

A erosão linear é provocada pela concentração das linhas de fluxo das águas superficiais, onde resultam sulcos na superfície do terreno que podem aprofundar e causar o aparecimento de ravinas. Quando as ravinas atingem o lençol freático, ocorre o estágio mais grave de erosão linear, gerando as voçorocas. Esse é um tipo de erosão que atinge, principalmente, as áreas periurbanas e urbanas, destruindo equipamentos urbanos e obras civis.”

É o que ocorre no caso da Figura 3.5.5(7). A erosão se tornou tão intensa que ao longo dos anos destruiu a drenagem que havia sido construída ao redor de todo o aterro (em formato de meia cana de concreto). E nos dias atuais já compromete a área do aterro de inertes desativado levando parte dos materiais ali depositados. O grande problema é que

com as chuvas esse material vai sendo carregado para partes mais baixas podendo atingir os rios com resíduos sólidos.



Figura 3.5.5(7) – Evolução de erosão ao lado do aterro de inertes desativado da Av. Presidente Vargas com destruição da drenagem na região

De acordo com Barros *et alli* (1995) Algumas Ferramentas de controle podem ajudar na erosão de áreas urbanizadas. Seleccionamos duas delas que podem ser aplicadas na presente situação.

- **Planejamento Urbano:** “pode-se constituir em um importante elemento no controle da erosão, a partir da imposição de certas limitações e restrições no uso e ocupação do solo. São fatores relevantes no estabelecimento dessas diretrizes os critérios técnicos e aspectos gerais de caráter político e jurídico. A identificação de áreas de risco, à partir da análise das características geológicas e topográficas locais, onde são estabelecidas restrições da ocupação, representa uma importante medida.”
- **Uso e ocupação do solo:** “a lei de uso e ocupação do solo, que regulamenta a utilização do solo em todo o território municipal, é de competência exclusiva do município por se tratar de matéria de interesse local. É o instrumento obrigatório de controle do uso do solo, da densidade populacional, da localização, finalidade, dimensão e volume das construções, com o objetivo de atender a função social da propriedade e da cidade. Na lei de uso e ocupação do solo específica para cada município, devem ser fixadas as exigências fundamentais de ordenação do solo para evitar a degradação do meio ambiente e os possíveis conflitos no exercício das atividades urbanas.”

A seguir são apresentados dados de microdrenagem em loteamentos na área rural da bacia do rio Canoas acompanhados pela Secretaria de Infraestrutura de Franca.

Os dados dos loteamentos podem ser mais detalhados nas Tabelas 3.5.2(13) a 3.5.2(31) e nas Figuras 3.5.2(52) a 3.5.2(70)

Tabela 3.5.5(1) - Loteamentos acompanhados pela Secretaria de Infraestrutura de Franca

LOTEAMENTO	REDE DE GALERIAS PLUVIAIS	GUIAS, SARJETAS E PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	PROJETO DE DRENAGEM
Recanto Campestre	Não	Não	Projeto pendente de análise
Recanto Del Bianco	Não	Não	A ser apresentado na aprovação definitiva
Condomínio Monte Verde	Sim	Parcial	Não
Recanto Esperança	Não	Sim (bastante deteriorado)	Sim
Parque do Mirante	Não	Sim	Não
Parque dos Ipês	Não	Não	Não

Recanto Portal de Minas	Não	Sim	Não
Recanto Primavera	Não	Não	Não
Chácara Céris	Não	Não	Não
Recanto Capim Mimoso	Não	Parcial	Não
Recanto Verde Valle I	Não	Não	Não
Recanto Verde Valle II	Não	Não	Não
Chácaras Santa Marcelina	Não	Não	Não
Recanto Paiolzinho	Não	Não	Não
Não Identificado 1	Não	Não. Não possui rua interna. Todas as chácaras têm acesso pela rodovia	Não
Não Identificado 2	Não	Não	Não
Não Identificado 3	Não	Não	Não
Não Identificado 4	Não	Não. Não possui rua interna. Todas as chácaras têm acesso pela rodovia	Não
Jardim Canadá	Não	Não	Não

O que se pode observar é que nos loteamentos acompanhados (em sua maioria) não existem galerias de águas pluviais, nem tampouco guias, sarjetas e pavimentação asfáltica. Os projetos de drenagem também não foram apresentados a Secretaria de Infraestrutura até a data destes documentos.

EROSÕES NA BACIA DO CANOAS

Dadas as características do relevo, geologia, dinâmica hídrica e ocupação do solo, a cidade de Franca apresenta facilidade de formação de voçorocas, sendo este o principal fator de degradação ambiental no município. Esta situação foi agravada pela forma com que o território urbano se expandiu, por meio da implantação de loteamentos em áreas impróprias do ponto de vista geotécnico, o traçado inadequado das vias, o sistema de drenagem de águas pluviais e servidas deficitário, assim como a instalação de infraestrutura, entre outros aspectos (CHIQUITO, 2006).

Neste item serão listadas as erosões presentes na bacia, além das já citadas anteriormente, e que foram identificadas em outros estudos.

O Parecer Técnico 7.149 realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em 1998, indicou, a partir da fotointerpretação, a existência de 51 voçorocas na cidade. Dessas, foram identificadas e cadastradas as 32 voçorocas de maior porte localizadas nas áreas urbana e periurbana do município.

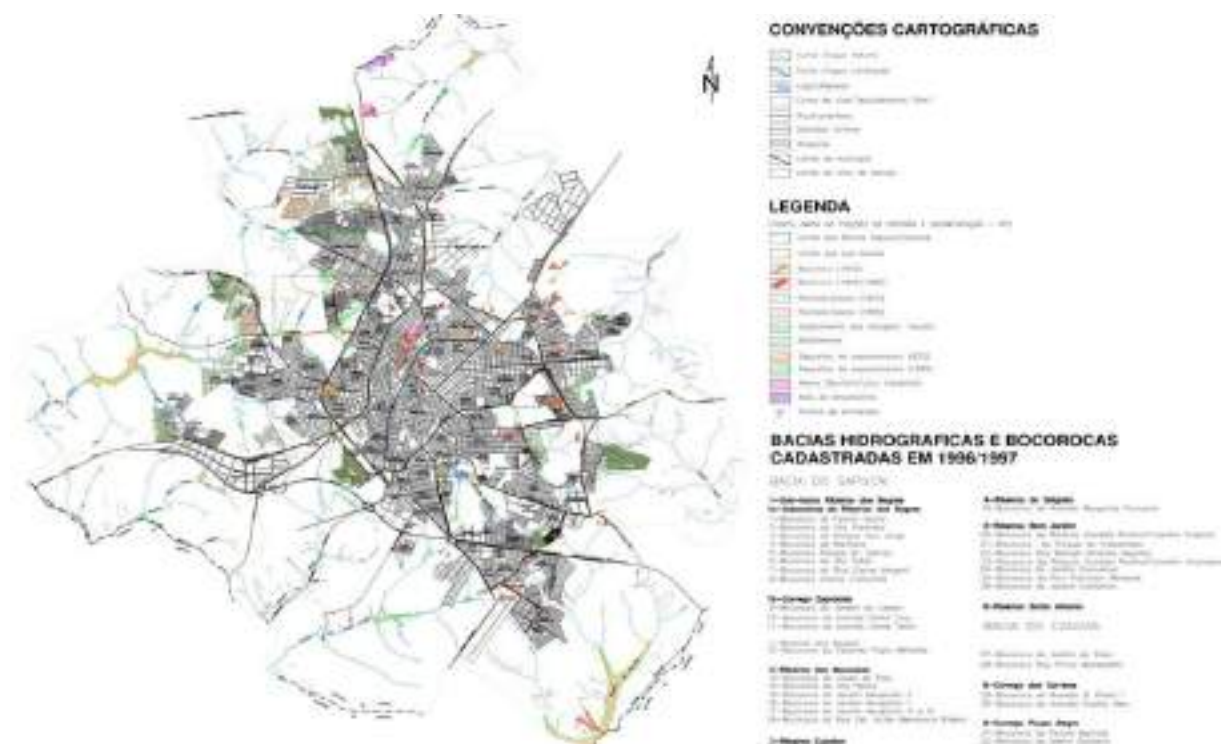


Figura 3.5.5(9): Mapa de erosões e voçorocas de Franca

Fonte: Adaptado de IPT, 1998.

Um levantamento mais recente realizado pela Secretaria de Serviços e Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Franca (SESMAM) identificou, em 2019, 14 voçorocas cadastradas (VM ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2019), algumas coincidentes com o estudo realizado pelo IPT em 1998. Segundo esse levantamento, 11 delas já haviam sido alvos de ações mitigatórias de controle e recuperação e as outras três erosões estavam no planejamento para ações futuras.

A maioria dessas erosões está localizada na bacia do ribeirão dos Bagres, no entanto, há também ocorrências na bacia do Rio Canoas. Para esta análise, foram identificadas 7 voçorocas situadas dentro dos limites da bacia do rio Canoas. Ainda, foram consideradas

[illegible]

Voçoroca do Jardim do Éden






A voçoroca do Éden é uma antiga erosão já cadastrada no Parecer Técnico 7.149 do IPT de 1998. Trata-se de uma voçoroca de reativação de cabeceira de drenagem em anfiteatro, com concentração de escoamento superficial e surgências d'água no interior e escorregamentos nos taludes. A erosão apresenta taludes de 10 a 15 m, com inclinações superiores a 30° e suas cabeceiras foram aterradas com material de entulho (IPT, 1998).

Situa-se em área urbana consolidada, em um bairro majoritariamente residencial. No que tange ao zoneamento estabelecido pelo Plano Diretor Municipal (Lei Complementar 050/2003), esta área encontra-se na Macrozona de Ocupação Restrita.

Neste local foram realizadas obras de reconstrução da galeria de águas pluviais e dissipador de energia e estabilização e regularização do terreno (VM, 2019).

Voçoroca Avenida Coelho Neto



Figura 3.5.5(12): Localização da Voçoroca da Avenida Coelho Neto

Assim como a Voçoroca do Jardim do Éden, a erosão situada na Avenida Coelho Neto é uma área de voçoroca antiga, identificada e cadastrada desde 1998.

Está localizada na Macrozona de Ocupação Rural, segundo zoneamento do município, entre os bairros Miramontes e City Petrópolis, bairros consolidados de perfil majoritariamente residencial.

Trata-se de uma voçoroca de reativação de cabeceira de drenagem, com concentração de escoamento superficial, surgências d'água no interior e abatimentos próximos ao fundo do vale.

Segundo o Parecer Técnico, foi instalado nesta voçoroca um sistema de galeria de 0,80 m de diâmetro que não era suficiente para o esgotamento das águas que afluem para rua Coelho Neto na cabeceira da erosão, no entanto, considera-se que esta erosão se encontra estabilizada atualmente.

Voçoroca Escola Agrícola



Figura 3.5.5(13): Localização da Voçoroca da Escola Agrícola

Voçoroca de reativação de cabeceira de drenagem, associada a abatimentos e solapamento de margens fluviais, situa-se na Macrozona de Ocupação Rural, próxima às instalações da Escola Técnica Agrícola.

Considera-se que esta erosão está estabilizada atualmente.

Voçoroca do Aterro Sanitário da Fazenda



Figura 3.5.5(14): Localização da Voçoroca do Aterro Sanitário da Fazenda

Por estar instalada a montante de um antigo aterro de resíduo doméstico, foi considerada como uma das erosões mais críticas do município (IPT, 1998). Situada na Macrozona de Ocupação Rural, caracteriza-se como uma voçoroca de reativação de cabeceira de drenagem, com concentração de escoamento superficial.

A voçoroca foi aterrada e um dreno subsuperficial de bambu foi instalado, envolto com restos de solados de borracha, resíduos do setor calçadista.

Esta voçoroca apresenta-se relativamente estabilizada já em 1998 (CANIL, 2000).

Voçoroca Unesp



Figura 3.5.5(15): Localização da Voçoroca da Unesp

Está situada na Av. Eufrásia Monteiro Petrágia, próxima às instalações da Universidade Estadual Paulista (Unesp), esta voçoroca identificada pela Secretaria de Serviços e Meio Ambiente de Franca em 2019, está localizada na Macrozona de Ocupação Rural, seguindo o zoneamento do município, apesar disso, está em área urbana consolidada, com perfil de uso misto.

Foram executadas ações para a reconstrução de galeria de águas pluviais e dissipador de energia nesta área.

Voçoroca Campo Belo



Figura 3.5.5(16): Localização da Voçoroca Campo Belo

Esta voçoroca consta no levantamento realizado pela SESMAM (VM ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2019) e está situada na Macrozona de Ocupação Restrita do zoneamento municipal.

Foram executadas nesta área ações de drenagem, reconstrução das galerias de águas pluviais, estabilização e regularização do terreno e de revegetação.

Apesar do perfil rural do entorno imediato, está localizada em uma região de urbanização consolidada da cidade, próxima dos bairros City Petrópolis e Parque do Horto, ambos de perfil residencial.

Voçoroca Parque Dom Pedro



Figura 3.5.5(17): Localização da Voçoroca Parque Dom Pedro

Apesar de não estar dentro dos limites da bacia do Rio Canoas, esta voçoroca está muito próxima do perímetro estabelecido pelas Leis 4240/92, 4420/94 e 100/2006, sendo incluída nas áreas de voçorocas analisadas.

Esta voçoroca consta no levantamento realizado pela SESMAM (VM ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2019) e está situada na Macrozona de Ocupação Restrita do zoneamento municipal.

Foram executadas, neste local, ações de reconstrução de galeria de águas pluviais e dissipador de energia, assim como a estabilização e regularização do terreno.

A voçoroca do Parque Dom Pedro está localizada em uma região de urbanização consolidada, estando próxima de edificações residenciais.

Voçoroca Rua Geraldo Malta



Figura 3.5.5(18): Localização da Voçoroca da Rua Geraldo Malta

Assim como a erosão citada anteriormente, esta voçoroca se localiza muito próxima do perímetro estabelecido para a área de proteção da Bacia do Rio Canoas, sendo incluída nas áreas de voçorocas analisadas.

Está situada na Macrozona de Ocupação Restrita, em uma região de urbanização consolidada e próxima a bairros de perfil misto de uso do solo. Além das construções de uso residencial, esta região da cidade abriga diversas indústrias do setor calçadistas e, também, fabriquetas instaladas nas próprias residências.

Nesta voçoroca foram executadas as ações de reconstrução de galeria de águas pluviais e dissipador de energia.

Voçoroca Jardim Ipanema



Figura 3.5.5(19): Localização da Voçoroca do Jardim Ipanema

Inserida na Macrozona de Ocupação Restrita do zoneamento municipal, esta voçoroca foi identificada em levantamento realizado pela SESMAM (2019), no entanto, não há informações de ações ou obras mitigatórias de controle e recuperação.

Localiza-se em região de urbanização consolidada, próxima aos bairros Jardim Ipanema e City Petrópolis, bairros de perfil majoritariamente residencial.

Essas voçorocas citadas acima e outros processos erosivos preocupantes na AIE foram identificados nos trabalhos de campo realizados pela equipe do presente projeto, conforme detalhado nos itens 3.5 “Infraestrutura sanitária” e 5.1.A “Condições de drenagem de águas pluviais e processos erosivos (identificação das condições da drenagem em estradas, vias de acesso, drenagem em loteamentos de chácaras, condições de barraginhas, erosões do solo)” deste relatório.

3.6. Ordenamento territorial

De modo inicial, é necessário referir que a promoção do desenvolvimento urbano é prerrogativa do município, considerado um ente da Federação brasileira desde a promulgação da Constituição, em 1988 (art. 18, CF). Foi a partir deste momento que o município adquiriu competência para legislar sobre assuntos de interesse local e para promover o ordenamento do território (art. 30, I e VIII). Nesse sentido, o esforço de tal disciplinamento deve acontecer “mediante o planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano” (art. 30, VIII). Para tanto, o município conta com a possibilidade de suplementar a legislação estadual e nacional, contanto que não as contradiga, além de poder instituir e arrecadar tributos municipais (art. 30, II e III, CF). A lista de competências atribuídas ao município também abrange a prestação dos serviços públicos de interesse local, como o transporte público e a proteção do patrimônio histórico e cultural (art.30, VIII e IX, CF).

Fundamentalmente, o objetivo da política urbana é “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes” (art. 182, CF). Nota-se que, apesar do caráter abstrato presente no conceito de função social, este elemento é reconhecido como uma condição para a execução da política urbana, e por isso, pode assumir dimensões jurídicas e materiais. Além disso, política urbana regulamentada pelo Estatuto das Cidades, Lei Federal nº 10.257/2001, apresentou um conjunto de “normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental” (art.1, parágrafo único). Ali, são disponibilizados um conjunto de instrumentos de diferentes naturezas, que podem ser utilizados para alcançar os objetivos do ordenamento territorial, de acordo com a realidade de cada município brasileiro.

O Plano Diretor é o principal instrumento da política urbana municipal (art. 182, CF), é nele que estão contidos os objetivos, princípios e diretrizes para o controle e o ordenamento do território. Assim, o Estatuto da Cidade estabelece que ele deverá “englobar o território do município como um todo” (art. 40, § 2º), ou seja, tanto a área urbana, quanto a área delimitada como zona rural. O Plano Diretor do município de Franca (SP) foi instituído por

meio da Lei Complementar 50, em 17 de janeiro de 2003, e ao longo do tempo, foi complementado por outras legislações, como pelo Plano Viário (2003), pela lei de Parcelamento, uso e ocupação do solo (2008), pelo Código de Obras (2021), bem como por suas diversas alterações. Portanto, ainda que o Plano Diretor não tenha sido revisado desde sua elaboração no ano de 2003, contrariando o tempo mínimo de 5 anos previsto por ele mesmo (art. 83), ainda hoje ele é a base para a elaboração do arcabouço legislativo que o complementa e, simultaneamente, para orientar o parcelamento, o uso e ocupação do solo, em conjunto com as demais leis.

De modo geral, o Plano Diretor de Franca está dividido em oito capítulos, considerando as disposições transitórias e finais. O primeiro capítulo, além de conter os objetivos e diretrizes da política urbana municipal, qualifica a respectiva lei como um “instrumento estratégico e normativo (...) e de orientação da ação dos agentes públicos e privados no processo de produção e gestão da cidade” (art. 2, Plano Diretor). Nota-se que o plano municipal incorporou de maneira integral elementos do Estatuto das Cidades, por exemplo, assumindo como próprios os objetivos fixados na política urbana nacional. Nesta direção, observa-se que apenas os objetivos que foram inseridos posteriormente à promulgação do Plano Diretor em 2003, não constam neste documento, como, por exemplo, a inclusão da demanda de proteção da população do risco de desastres, inserida no artigo 2º do Estatuto das Cidades, a partir da Lei Federal nº 12.608/2012. Além do objetivo inserido pela Lei de Proteção e Defesa Civil em 2012, pelo mesmo motivo, estão ausentes aqueles que tratam do estímulo ao uso de padrões construtivos e tecnológicos para “redução de impactos ambientais e a economia de recursos naturais”, advindos da Lei nº 12.836 de 2013, e a necessidade de “dar tratamento prioritário às obras e edificações de infraestrutura de energia, telecomunicações, abastecimento de água e saneamento”, inseridos por meio da Lei Federal nº 13.116 em 2015 (art. 2, XVII e XVIII, Estatuto das Cidades).

Acontece que ao incorporar os objetivos definidos no Estatuto das Cidades, o Plano Diretor assumiu compromisso com o controle da expansão urbana e com a garantia da qualidade urbanística e ambiental na produção e gestão da cidade. É possível observar que a maioria dos dezessete objetivos listados por ele se vincula diretamente a estas realizações. Os primeiros objetivos estampam logo de início a garantia do direito à cidade, a gestão

democrática por meio da participação popular e a cooperação entre os agentes visando o atendimento do interesse social no processo de urbanização (art.3, I, II e III, Plano Diretor). Na sequência, a lei vincula o “planejamento do desenvolvimento da cidade, da distribuição da população e das atividades econômicas” ao propósito de impedir “distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente” (art.3, IV, Plano Diretor). Além disso, estabelece como fim a garantia da oferta de equipamentos urbanos e comunitários, transporte e serviços públicos adequados às necessidades da população (art.3, V).

Dentro dos objetivos da política urbana, o mesmo artigo coloca que o ordenamento e o controle do uso solo devem desviar-se de uma série de medidas que possam configurar uma ocupação de caráter desordenado, como, por exemplo, “o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivo ou inadequado em relação à infraestrutura urbana” ou a instalação de empreendimentos “incompatíveis”, “inconvenientes”, ou mesmo que possam se efetivar como pólos geradores de tráfego, sem a presença de devida infraestrutura. Igualmente, no sentido de ordenar o uso e ocupação do solo, a lei alerta contra a retenção especulativa, para o uso inadequado dos imóveis urbanos, para deterioração das áreas urbanizadas, bem como para a poluição e a degradação ambiental (art. 3, VI, Plano Diretor). Ao manter a conformidade com o Estatuto das Cidades, estabelece a finalidade de “adoção de padrões (...) de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica” (art.3, VIII).

Ao tratar sobre o controle da urbanização, o Plano Diretor indica a “justa distribuição dos benefícios e ônus”, assim como a possibilidade de recuperação de parte dos investimentos públicos realizados em determinados locais, os quais tenham sido responsáveis pela valorização imobiliária dos imóveis (art.3, IX e XI) – em referência ao instrumento tributário conhecido como *contribuições de melhoria*. E, por mais que a lei estabeleça como objetivo a simplificação da legislação de parcelamento, uso e ocupação do solo – mesmo ao resguardo da necessidade de implantação da infraestrutura de água e esgoto, luz, galerias pluviais, iluminação pública e asfalto (art.3, XV), antes está determinada a “proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico” (art.3, XII, Plano Diretor).

Com o propósito de alavancar o desenvolvimento territorial, os objetivos e diretrizes também impõem a necessidade de integração das atividades urbanas e rurais, além da subordinação dos demais instrumentos de natureza econômica, tributária, financeira e dos gastos públicos aos objetivos da política de desenvolvimento urbano. Isso tudo, sem deixar de resguardar a necessidade de audiência pública dos empreendimentos ou atividades com potencial impacto (art.3, VII, X, XIII). Igualmente, estão inseridas nesta lista a regularização fundiária e a urbanização de áreas com população de baixa renda, bem como a condição de isonomia entre os agentes na promoção de empreendimentos e atividades relativos ao processo de urbanização” (art. 3, XIV, XVI). Por último, apontam para o atendimento das “normas e critérios para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida” (art.3, XVII, Plano Diretor, 2003).

Ainda no Plano Diretor de Franca, destaca-se que a lei reserva o Capítulo II para a definição de função social da propriedade e, com isso, determina o atendimento simultâneo a três critérios ali estabelecidos: I. “aproveitamento e utilização para atividades de interesse urbano, em intensidade compatível com a capacidade de atendimento dos equipamentos e serviços públicos”; II. “aproveitamento e utilização compatíveis com a preservação da qualidade ambiental; e por último, III. “aproveitamento e utilização compatíveis com a segurança e bem-estar de seus usuários e propriedades vizinhas”. Logo após, determina que:

“Parágrafo único: Atividades de interesse urbano são aquelas inerentes às funções sociais da cidade e ao bem-estar de seus habitantes, incluindo moradia, a produção e o comércio de bens, a prestação de serviços a circulação, a preservação do patrimônio cultural, histórico e paisagístico, e a preservação dos recursos necessários à vida urbana, tais como, mananciais e vegetação” (Plano Diretor de Franca, 2003).

Já o capítulo III da lei apresenta os objetivos e princípios específicos “da ordenação do território do município”, ressaltando que este deve ser realizado por meio do “planejamento

contínuo e do controle do uso e da ocupação do solo”. Repara-se que, para além do dever de garantia da qualidade urbanística e ambiental, aqui também é possível notar a relação existente entre os objetivos do ordenamento territorial e o controle da expansão urbana. Assim, logo no início, ao estabelecer os *vetores de expansão e de adensamento* (art.7, I), com o intuito de “consolidar os vetores de crescimento dos setores oeste e sudeste”, a lei conseqüentemente propõe inibir o crescimento da cidade nas demais direções. Além dos vetores, o estabelecimento de limites territoriais tanto das áreas urbanas, quanto da zona rural (art.7, II e III) é uma forma de vincular o desenvolvimento econômico, social e ambiental às características elementares de cada zona. Por último, ao incluir que o ordenamento territorial também deve “condicionar o uso e ocupação do solo à proteção dos elementos naturais e culturais do ambiente urbano e rural” (art.7, IV), a lei demonstra a necessidade de atender, em primeira ordem, a estas condições.

Além dos objetivos focados em impor determinados limites ao crescimento da cidade nas áreas sem presença de infraestrutura ou de proteção ambiental, também constam aqueles que demonstram preocupação com a prestação dos serviços públicos e com os custos de urbanização, em partes, advindos a partir da localização dos investimentos públicos no território (art.7, V). Por isso, de maneira complementar, a ocupação dos vazios urbanos com a presença de infraestrutura mínima, também está inserida como algo a ser promovido através de incentivos e acordos entre os setores público e privado (art. 7, V). Assim como, é reconhecida a necessidade de dar prioridade às melhorias para as ocupações de baixa renda (art.7, VII), bem como de estimular diferentes usos e atividades de pequeno porte em áreas residenciais, a fim de evitar a segregação das funções no território e reduzir as distâncias de deslocamentos (art. 7, IX). Em somatório, é estabelecido o objetivo de “promover a recuperação paisagística de áreas públicas” (art.7, VIII). E, por último, a descentralização das atividades econômicas e sociais (art.7, X) e a condução da instalação de indústrias de médio e grande porte para áreas com controle urbanístico e ambiental (art.7, XI).

3.6.1. Zoneamento urbano

A fim de ordenar a ocupação do território municipal, o Plano Diretor subdivide o território de Franca em quatro macrozonas conformadas a partir de suas “condições geomorfológicas, ambientais e de infraestrutura”. São elas: Macrozonas de Ocupação Preferencial (I), Macrozonas de Ocupação Restrita (II), Macrozonas de Expansão Urbana (III) e Macrozonas de Ocupação Rural (IV) (art. 11, Lei Complementar n. 50).

A Macrozona de Ocupação Preferencial é constituída por "áreas com condições geomorfológicas e ambientais propícias para urbanização, dotadas de infraestrutura". No Plano Diretor de 2003, ela parte do núcleo central da cidade de Franca e se expande pela área urbanizada até os limites estabelecidos pelo próprio sistema viário do município. Neste zoneamento, na área sul, sudoeste, oeste e noroeste da Macrozona de Ocupação Preferencial os limites do território foram a princípio determinados pelas duas rodovias estaduais que circundam este lado da cidade, a Rodovia Engenheiro Roman Rocha (SP-345) e a Rodovia Cândido Portinari (SP-334). Observa-se que na área sudoeste da cidade em direção a oeste, o traçado limite desta macrozona somente deixava de acompanhar o das rodovias quando estava em determinados locais. No caso da Rodovia Eng. Roman, isso aconteceu primeiramente quando, no sentido norte, inseriu o loteamento Morada Verde - próximo ao Aeroporto Estadual de Franca e, depois, quando cruzava pelo bairro Parque Universitário, no qual está localizada a Universidade de Franca (UNIFRAN).

Também se nota que no bairro denominado Parque Universitário, o limite territorial da Macrozona de Ocupação Preferencial incluía somente até a Rua Dr. Cerqueira César, último viário existente ali quando o mapa foi elaborado, em 2003. Porém, durante os últimos vinte anos, a área localizada a sudoeste de tal universidade recebeu um conjunto de condomínios residenciais, os quais com base na alteração de uso do solo rural para urbano, se ramificaram a partir da Avenida Doutor Armando de Sales Oliveira, em direção à zona rural. Hoje, é possível perceber que o processo de ocupação dos lotes continua em implantação à medida que os quarteirões, mesmo já dotados da infraestrutura urbana - obrigatória no parcelamento do solo, possuem muitos lotes vazios.

Em orientação oposta, o zoneamento também definiu e demarcou as áreas do município que não são aptas à ocupação urbana e, portanto, em atendimento à função social da cidade e da propriedade, devem ter seu uso limitado. De acordo com o Plano Diretor (2003), compõem a Macrozona de Ocupação Restrita "áreas impróprias para urbanização" constituídas tanto pelas "planícies aluvionares (várzeas); margens de rios, córregos, lagoas, reservatórios artificiais e nascentes; áreas cobertas com vegetação natural remanescente", quanto por outras delimitadas pelo Código do Meio Ambiente de Franca ou pelo Código Florestal brasileiro (art. 13, III, Lei Complementar n. 50).

Conforme o zoneamento, também são consideradas de ocupação restrita as áreas que possuem "condições físicas adversas", como aquelas marcadas ou ameaçadas pela erosão, ou ainda as que, embora tenham "condições geomorfológicas e ambientais propícias para urbanização", não são dotadas de infraestrutura (art. 13, I e II). Somada a estas, estão cerceadas as margens dos córregos e cursos d'água que cruzam a cidade, em pelo menos 30 (trinta) metros. Nesse caráter, destaca-se a bacia do Rio Canoas e seus afluentes, na qual é restringida a ocupação da faixa de terreno que margeia os cursos d'água, no mínimo, por 100 metros (art.13, IV). Por fim, também são demarcadas dessa forma as áreas com a presença de vegetação nativa, postas no Mapa 4 do Plano Diretor.

No lado oeste do município, ao aplicar as restrições postas pelo macrozoneamento foram demarcadas no território três áreas de ocupação restrita: (a) na área adjacente ao aeroporto, entretanto atualmente já ocupada pelo loteamento Jardim Santa Bárbara, no setor sul da cidade; (b) no bairro Vila Pedigon - localizado à margem esquerda da Rodovia Cândido Portinari, a partir da Rua Antônio Modenezi e acompanhando as faixas marginais do Ribeirão Bom Jardim, desde as nascentes até o encontro com o Córrego Engenho Queimado; e (c) nas Chácaras do Engenho Queimado - área de cabeceira do córrego que as nomeiam - também na margem esquerda da Rodovia Cândido Portinari, logo após o cruzamento com a Rua Francisco Marques. Na região oeste, ambas as áreas de restrição à ocupação urbana possuem problemas com voçorocas, ravinas e solapamentos, principalmente na área a montante do córrego Engenho Queimado (LIMA, 2009).

Do mesmo modo, a partir do extremo norte em direção ao leste de Franca, o limite da área de ocupação urbana induzida pelo zoneamento do Plano Diretor é posto pelo contorno do sistema viário, demarcado por suas avenidas principais: Avenida Francisco de Assis, Avenida Monteiro Lobato, Avenida Dom Pedro I, Avenida Eufrásia Monteiro Petraglia, Avenida Adhemar Pereira de Barros - até alcançar a Rodovia João Traficante, na direção leste. Localizadas no lado nordeste e leste da cidade, a linha demarcada pela sequência de tais avenidas estabelece as fronteiras entre a Macrozona de Ocupação Preferencial - definida como de incentivo ao uso e ocupação urbana, a Macrozona de Ocupação Restrita e a Macrozona de Ocupação Rural. Nesta região, ambas pertencem ao território da bacia do Rio Canoas.

Dessa forma, embora existam áreas caracterizadas de Macrozona de Ocupação Restrita no oeste da cidade, a distribuição delas no território está concentrada do outro lado - na bacia do Rio Canoas, em direção ao estado de Minas Gerais (Figura 3.6.1(1)). É relevante dizer que antes do Plano Diretor instituir a bacia do Rio Canoas como área inapta para expansão urbana, a Lei nº 4.240 promulgada em 11 de dezembro de 1992, já havia declarado que as áreas das bacias de drenagem do Rio Canoas e do Córrego Pouso Alto são locais de interesse especial para efeito de proteção dos mananciais hídricos. As áreas delimitadas pela lei de proteção dos mananciais, e pelas demais que a alteram, incluem o território que abrange desde as nascentes dos cursos d'água e seus afluentes até a captação de água da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

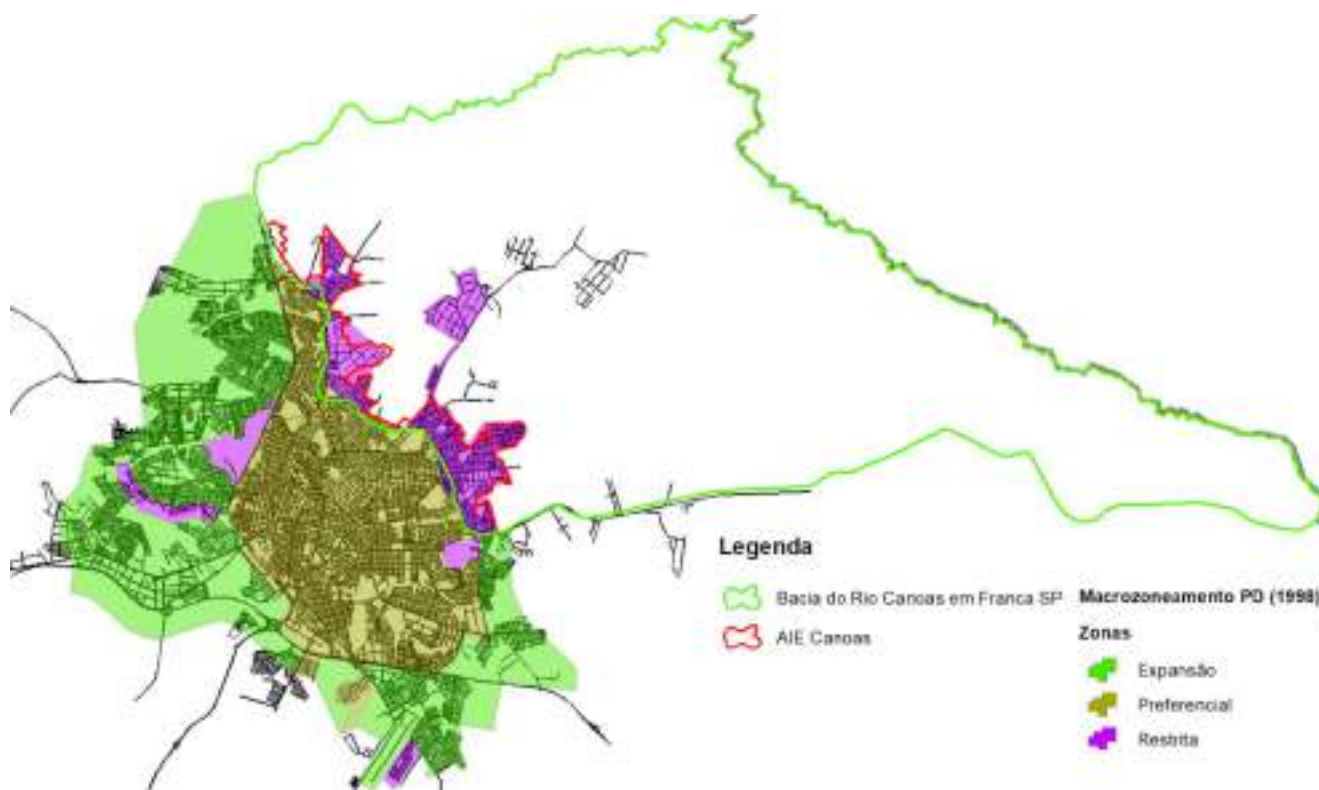


Figura 3.6.1(1): Zoneamento e a bacia do Rio Canoas

Se por um lado o Plano Diretor se mantém até hoje pela lei promulgada em 2003, por outro, a parte que institui a descrição perimétrica da área destinada à expansão urbana foi alterada algumas vezes, conforme é possível observar na Figura 3.6.1(2), e no anexo 3.6.1(1). Após a promulgação inicial do Plano Diretor (Lei Complementar n. 50), a demarcação do perímetro de expansão urbana foi alterada pela Lei Complementar nº 140, em 2009, pela Lei Complementar nº 235, em 2013 e pela Lei Complementar nº 324, em 2019. Para alterar o perímetro é preciso respeitar o tempo de 2 (dois) anos entre uma mudança e outra, além de consultar a Secretaria Municipal de Infraestrutura e Meio Ambiente, sendo que as áreas dotadas de infraestrutura devem passar a constituir Macrozona de Ocupação Preferencial (art. 16, Lei Complementar n. 50), ou seja, área de expansão urbana.

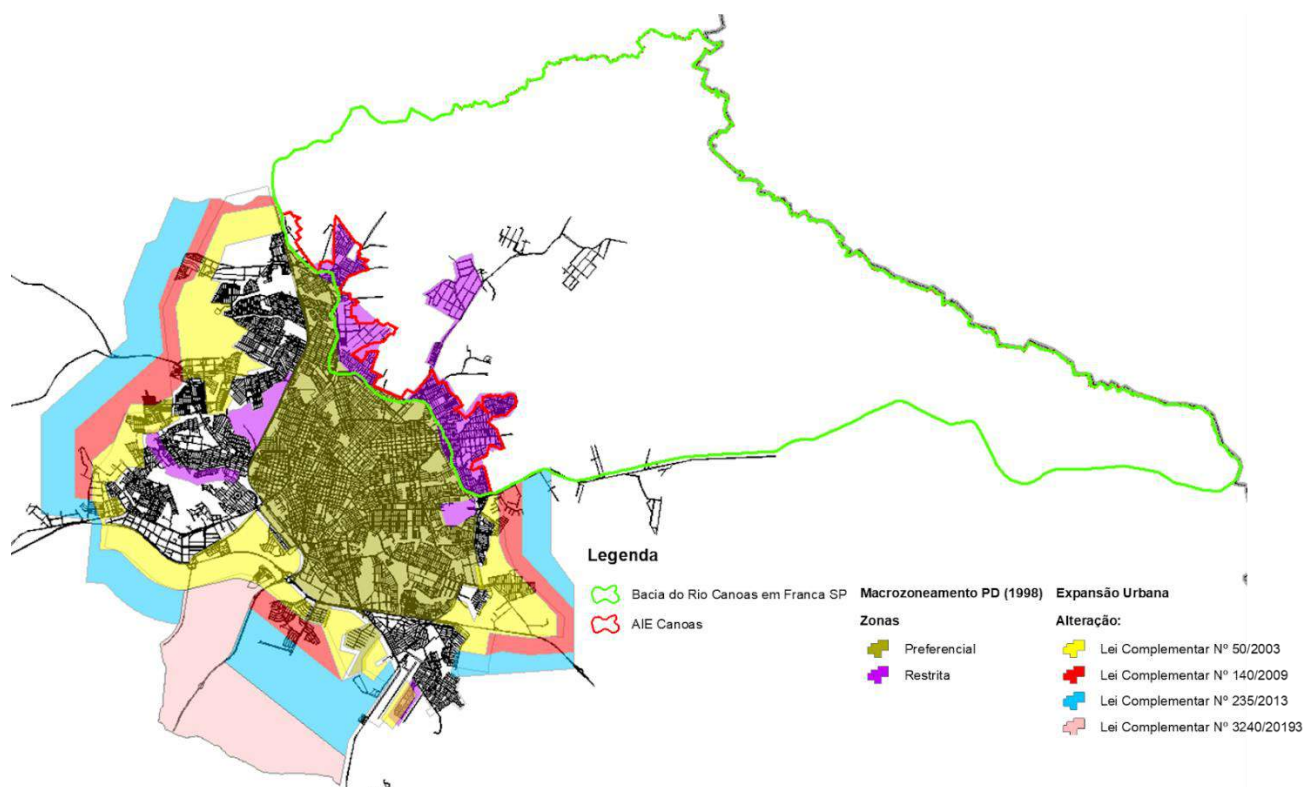


Figura 3.6.1(2) - Alterações na descrição perímetrica da área de expansão urbana.

Além de definir os quatro tipos de Macrozonas, o Plano Diretor também instituiu as Áreas de Especial Interesse Urbanístico (AEIU), condicionadas à elaboração de Programas de Gestão Integrada (art. 24 e 25). Dentre os seis tipos de áreas de interesse urbanístico, dois deles abrangem o território da bacia do Rio Canoas, ainda que em proporções diferentes. Primeiramente, destaca-se que conforme o artigo 33 do Plano Diretor, a Macrozona de Ocupação Restrita localizada na Bacia do Canoas é considerada uma das Áreas de Especial Interesse Urbanístico 2. As AEIU-2 são entendidas como áreas de "patrimônio natural e ambiental" ou áreas fundamentais no abastecimento de água da população, e por isso, estão condicionadas à elaboração do *Programa de Gestão Integrada Lazer e Turismo* (art. 27, Lei Complementar n. 50/2003).

Assim, ocorre que na bacia do Rio Canoas, além da própria zona de ocupação restrita, existem quatro locais identificados como AEIU-2 no Mapa 5 do Plano Diretor: as áreas de lazer do Jardim Paulistano, a Voçoroca City Petrópolis, o Parque Lúcio Costa e a Voçoroca da Vila Gosuen. Três destes locais, embora muito próximos da zona de ocupação restrita da bacia do Canoas, estão inseridos na Macrozona de Ocupação Rural. Por integrarem a zona

rural, são consideradas também Áreas de Especial Interesse Urbanístico 6 definidas como pertencentes à bacia de drenagem do Rio Canoas delimitada por sua legislação.

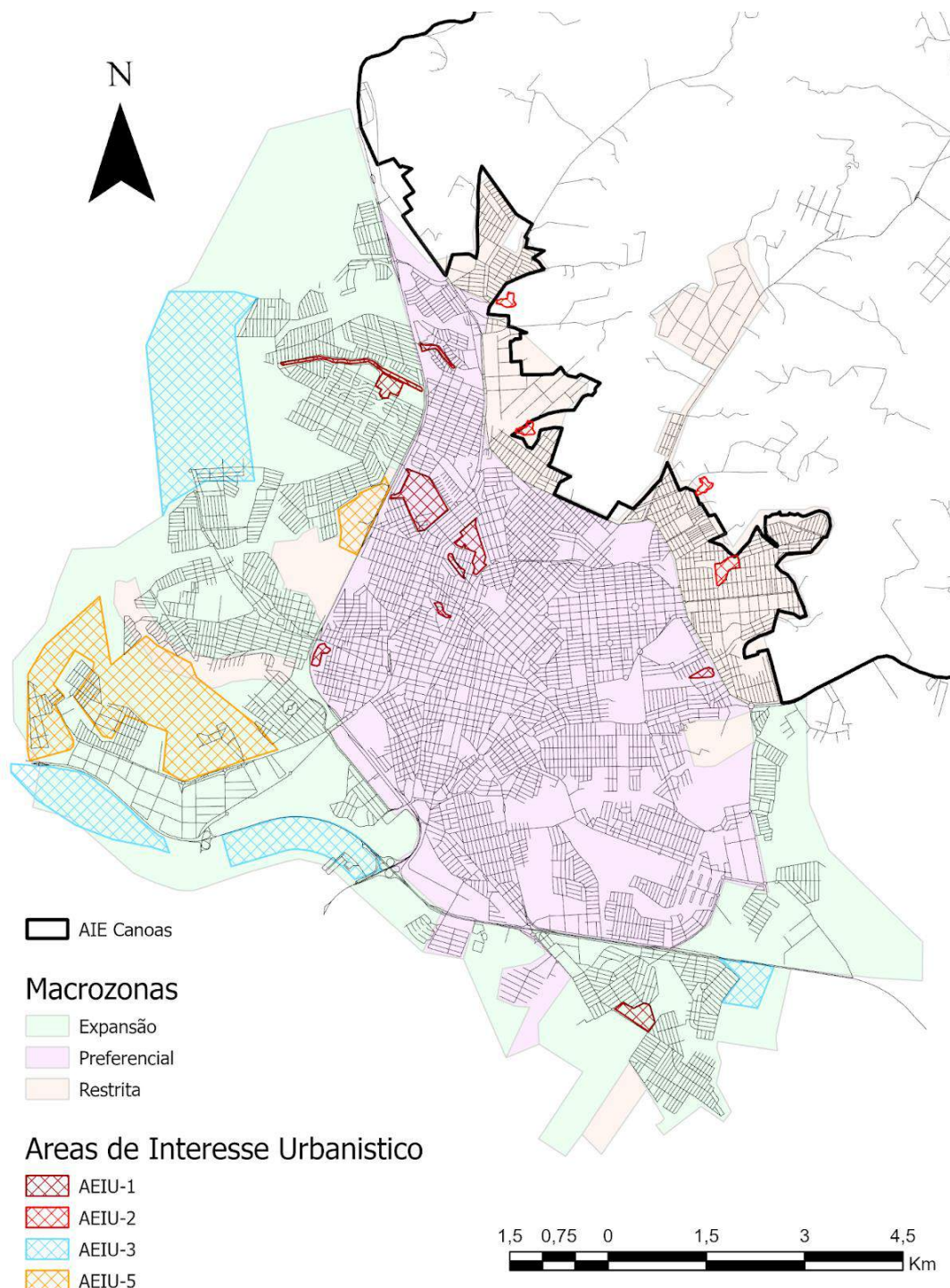


Figura 3.6.1(3): Áreas de Especial Interesse Urbanístico. Fonte: Plano Diretor.

O arcabouço legislativo que garante a proteção das áreas de mananciais de Franca foi instituído pela Lei nº 4.240/1992, bem como por suas posteriores alterações, por meio da Lei nº 4.420/1994, da Lei nº 5.048/1998 e, por último, da Lei Complementar nº 100/2006. Importante destacar que, o perímetro da área de drenagem foi instituído somente a partir de 1994 e, posteriormente, também passou por alterações. Em uma delas, a Macrozona de Ocupação Restrita do Canoas foi excluída do território sujeito ao Programa de Gestão Integrada da Bacia, também previsto no artigo 33 do Plano Diretor (2003). Assim, os locais marcados como parques ou voçorocas das AEIU-2 e localizados na macrozona rural do Canoas, são contemplados tanto pelo Programas VI, dedicado a gestão integrada da bacia, quanto pelo Programa II focado no Lazer e Turismo. Vale lembrar que, por se caracterizar como área de urbanização consolidada, a zona de ocupação restrita deixou de integrar o perímetro da lei de mananciais e, conseqüentemente, não compõem mais a área destinada ao Programa VI, ainda que ali estejam localizadas muitas nascentes da bacia do Rio Canoas.

Como dito, a legislação de proteção da bacia do rio Canoas estabelece seus perímetros no memorial descritivo e nas cartas geográficas que as integram. Na área delimitada pela lei, a ocupação do território está condicionada ao atendimento de determinados dispositivos de controle estabelecidos para proteção aos mananciais de abastecimento de água. Um deles coloca que empreendimentos com uso de qualquer fonte de poluição especificada no artigo 57 do Decreto Estadual nº 8.468 de 1976, obrigatoriamente precisam da aprovação do Estudo de Impacto Ambiental e do Relatório de Impacto Ambiental para instalação na bacia (art.2 da Lei 4.240/1992, Lei 4.420/1994).

Assim, integram este *roll* os empreendimentos que incluem atividades de mineração; atividades de indústria; de comércio ou serviços com operações de cobertura de superfícies metálicas ou não metálicas, os sistemas públicos de tratamento ou disposição de resíduos, de qualquer tipo; atividades que demandem a presença de usinas de concreto para construção - mesmo temporariamente; atividades que usem combustível para fins de comércio ou de serviços; atividades com uso de incineradores ou qualquer dispositivo para queima de lixo ou resíduos; os serviços de coleta, transporte e disposição de lodos, de tratamento de água, esgoto ou de resíduos líquido de indústrias; hospitais ou serviços de

saúde e "todo e qualquer loteamento de imóveis, independentemente do fim a que se destine" (art. 57, Decreto Estadual nº 8.468 de 1976).

No entanto, na lei de mananciais é posta exceção à exigência do EIA/RIMA para àqueles loteamentos cuja "área de cada lote seja igual ou superior a 5.000,00m² (cinco mil metros quadrados) e que possuam finalidade de lazer e uso não industrial" (art. 3). Além disso, a Lei nº 4.240/1992 também proíbe o desdobro de lotes e, em soma, cada lote precisa reservar no mínimo 40% da área para conservação e ou plantio de árvores nativas (art. 3, §1º e §2º). Ademais, ela determina que quando se tratar de loteamento, a venda dos lotes só deve acontecer após a instalação e doação do sistema de coleta e afastamento dos esgotos (art. 4), sendo proibida a implantação de novas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) em tais bacias de drenagem (art. 4, §1º). Para atender à lei, o esgoto tem que ser revertido para outros córregos por meio de Estações Elevatórias, necessariamente "providas de poço pulmão e gerador de energia elétrica" (art. 4, §2º, Lei nº 4.240/1992).

A lei de proteção dos mananciais também define a necessidade de apresentação do Projeto de Drenagem Urbana junto com o orçamento e o cronograma físico-financeiro, durante o licenciamento municipal do empreendimento. Em adição, torna obrigatório que o Estudo de Viabilidade Técnica Econômico (EVTE) já incorpore o conjunto de infra e superestruturas exigidas pela lei ou pelas medidas mitigadoras levantadas pelo EIA/RIMA (art. 8). Compõem essas infraestruturas: o sistema público de água potável, o sistema de coleta, afastamento e tratamento de esgotos; o sistema de macro e micro drenagem urbana; os sistemas de coleta, afastamento e tratamento de resíduos sólidos urbanos, as linhas de transmissão e distribuição de energia; as linhas de telefonia; as antenas irradiadoras e transmissoras de sinais de TV e rádio; as guias, sarjetas e pavimentação das ruas e calçadas; a arborização das ruas; outras que venham a ser apontadas (parágrafo único do art. 8, Lei 4.240/1992).

Normas específicas para ocupação da APA Canoas:

- Empreendimentos com qualquer fonte de poluição precisam do EIA/RIMA, inclusive loteamentos ("todo e qualquer loteamento de imóveis, independentemente do fim a que se destine" - art. 57, Decreto Estadual nº 8.468 de 1976). Exceto: lote com área superior a 5 mil m² e destinado a lazer (art.3, Lei 4240/1992).

- Proibido o desdobro (art.3, Lei 4240/1992).reserva de no mínimo 40% para conservação ou plantio de nativas (art.3, Lei 4240/1992).
- Venda de lotes somente após a instalação e doação do sistema de coleta e afastamento dos esgotos (art. 4, Lei nº 4.240/1992).
- Proibido a instalação de novas ETEs (art. 4, §2º, Lei nº 4.240/1992).
- Será exigido o tamanho mínimo de 5.000 m² dos lotes (art. 60, Lei n. 137/2008).
- Na bacia do Rio Canoas é exigida a reserva de no mínimo 20% para áreas verdes (art. 59, c) - o dobro da área verde exigida na cidade ou nos demais núcleos residenciais de recreio, que corresponde a 10%. (art. 59, c – Lei 137/ 2008).
- APP 100 metros (art. 3, Lei nº 4.240, 1992).
- Esgoto dos loteamentos devem ser revertidos para outras bacias (art. 4, Código Meio Ambiente/1996).
- Propriedades não podem lançar in natura nos corpos d'água e efluentes industriais estão proibidos (art. 4, Código Meio Ambiente/1996).

3.6.2. Condições de circulação e transporte

Além dos vetores de expansão e crescimento urbano, a caracterização do sistema de mobilidade espacial é indispensável para o planejamento do uso e ocupação do solo. A Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Federal nº 12.587) já tornou necessária a composição de um "conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte, de serviços e de infraestruturas que garantam o deslocamento das pessoas e cargas dentro do território". Para tratar das diferentes demandas relacionadas ao movimento das pessoas e dos objetos no município, os modos de transporte são divididos entre motorizados (veículos) e não motorizados (pedestres, ciclistas, etc.). Também são classificados em função de sua natureza pública ou privada, bem como do alcance coletivo ou apenas individual.

O sistema viário é a infraestrutura determinante na mobilidade urbana e rural. É ele que condiciona e possibilita a circulação das pessoas e dos produtos, estejam elas motorizadas ou não. O Plano Diretor (2003) demarcou e classificou hierarquicamente as vias do sistema viário do município em quatro categorias: vias arteriais, vias principais, avenidas, parques,

vias secundárias e ciclovias (art. 9, I, II, III e IV). Além disso, reservou uma faixa de domínio para abertura de “avenidas perimetrais”, de 48 metros, em três rodovias municipais: Tancredo Neves, João Traficante e Franca/Ribeirão Corrente (art.10, I, II e III). Dentre estas, as duas primeiras percorrem a bacia do Rio Canoas e se constituem como vias de acesso da cidade para o estado de Minas Gerais. É possível observar que nas glebas e terrenos adjacentes à Rodovia Tancredo Neves e à Rodovia João Traficante existe um conjunto de loteamentos, responsáveis pela ramificação de outras vias para o acesso interno a eles. Em acréscimo, o Plano Diretor também decidiu pela providência de estudos e de planejamento para a implantação de um contorno viário para o município” (art.10, parágrafo único).

Ainda em 2003, meses após a instituição do Plano Diretor de Franca, foi promulgado o Plano Viário Urbano (Lei Complementar n. 57) decorrente do “planejamento físico e funcional do espaço urbano” (art.1, parágrafo único). É nele que estão detalhados os parâmetros e critérios de arruamento que devem ser obedecidos pelos empreendedores na implantação de vias de circulação. Ao regulamentar o sistema viário, este Plano define três categorias de vias nas áreas rurais: estradas municipais, estradas secundárias e caminhos, ainda que o Plano de Mobilidade fale em Rodovias Estaduais, Rodovias Municipais e Estradas Vicinais. É imprescindível dizer que “as áreas do sistema viário do loteamento são, obrigatoriamente, destinadas ao uso comum do povo e deverão articular-se com vias adjacentes oficiais, existentes ou aprovadas, salvo quando as diretrizes urbanísticas permitirem ou exigirem outras soluções” (art. 24, Plano Diretor, 2003)

O Plano viário também dispõe sobre aspectos de sinalização, de nomenclatura de logradouros públicos e de emplacamento das edificações e lotes. Além disso, antecipa “problemas” que precisam ser considerados no “ordenamento e disciplinamento do sistema de circulação e de estacionamento”, como por exemplo, a sinalização e sentido de trânsito, a circulação de veículos em pista de mão única sem considerar o uso e a capacidade do veículo, bem como os itinerários coletivos intermunicipais ou interestaduais - suas rotas, horários e pontos de parada de passageiros ou cargas (art. 44, parágrafo 3º, a, b, c, d, e). Também são considerados problemas a serem enfrentados no sistema viário: a velocidade máxima em cada via, a proibição de circulação para automóveis e animais em determinadas vias públicas, o peso máximo para os veículos que transportam cargas em vias urbanas,

além de aspectos sobre estacionamento e zonas de silêncio (§3º do artigo 44, Lei Complementar nº 57, 2003)

Por outro lado, ao regulamentar os passeios públicos, o Plano Viário estabeleceu que os Programas de Gestão Integrada, como este da bacia do Rio Canoas, têm liberdade para definir normas e padrões específicos para a construção de calçadas em seu território correspondente (art. 61, parágrafo 1º). Neste caso, tal possibilidade permite ir além do que foi a Lei Complementar nº 125 (2007), quando inseriu no Plano Viário o dispositivo que torna obrigatória nos novos loteamentos a implantação de "calçada mista com ajardinamento" - nomeada *calçada verde* (art. 61, §2º do Plano Viário). Para tanto, a *calçada verde* impõe a largura mínima de 2 (dois) metros, sendo 1 (um) metro para área com concreto ou revestimento cerâmico antiderrapante e o outro destinado à faixa ajardinada, medida a partir da guia (art. 61, parágrafo 2º, I, II e III, Plano Viário e Plano de Mobilidade Urbana, p: 235). Também é diretriz no município a transformação das calçadas em espaços verdes, seguros e acessíveis. Para tanto, elas precisam oferecer: acessibilidade, espaço, fluidez, continuidade, com transição entre pisos lisos e antiderrapantes, sem risco de queda ou tropeço e com declividade de até 3% para escoamento das águas, conforme referência no Plano de Mobilidade (p: 232, 2019). Inclui-se a necessidade de sinalização tátil do piso nas áreas em calçadas de edificações de uso público ou de uso coletivo.

Para completar, o Plano Viário coloca o Sistema Ciclovitário como "conjunto de ciclovias e ciclofaixas, bem como da sinalização específica, dos estacionamentos e bicicletários necessários à criação de uma infraestrutura segura para a circulação de bicicletas" (art. 69). Ao mesmo tempo, cria a Zona de Ambientação Ciclovitária – ZAC (art. 71), que deve dar "tratamento específico quanto à sinalização, interseções e estacionamentos". Do mesmo modo, ele prevê a instituição do Programa Ciclovitário de Franca ao visar o planejamento das obras e atividades necessárias para implantação do sistema de ciclovias e também define que em "todos os novos projetos e de parcelamento do solo deve ser prevista a implantação de ciclovias ou ciclofaixas, articulada ao sistema que as compõem. Posteriormente, a Lei Complementar nº 245, além de alterar as definições de ciclovias e ciclofaixa, também torna necessária a elaboração de "estudo de viabilidade física e socioeconômica para implantação

de ciclovias ou ciclofaixas” em projetos, reformas ou alterações do sistema viário e das calçadas.

No caso da área rural da bacia do Canoas e de seus afluentes seu acesso é determinado pelas rodovias estaduais que ligam Franca aos municípios de Claraval e Ibiraci, no estado de Minas Gerais. Por se tratarem de áreas deslocadas da malha urbana e distantes da cidade, o acesso aos loteamentos residenciais acontece necessariamente por meio de veículos próprios. E, ainda que a região seja atendida por linhas de transporte coletivo, conforme observado no fluxograma das linhas radiais do Sistema Integrado de Transporte Coletivo, o tempo da viagem costuma ser elevado, já que a mesma linha precisa atender a vários loteamentos na mesma viagem. Em termos de transporte coletivo municipal, três eixos atendem a região: a linha radial Éden, por meio da Rodovia Tancredo Neves; a linha radial São Luiz pela Rodovia João Traficante e a linha radial Panorama, que atravessa os bairros da zona de ocupação restrita urbanizada. Em complemento, há um sistema de linha direta entre essas três linhas (Plano de Mobilidade de Franca, 2019). Conforme consta no site da empresa São José que atende o município, além da restrição de horário, nota-se também que as linhas de ônibus não atendem aos sábados, domingos e feriados. Para completar, devido a localização deslocada da malha urbana da cidade, não existem ciclovias nestes trajetos.

Com exceção das rodovias interestaduais que cruzam a bacia, dentro dos loteamentos abertos na área rural da bacia do Canoas, as vias internas não dispõem de infraestrutura completa. Percebe-se que a abertura das vias públicas acontece de modo precário, com ausência de pavimentação asfáltica, guias e sarjetas. Tampouco apresentam sinalização viária e, muito menos, redes de galerias pluviais. Quando se trata de condomínio residencial ou loteamento fechado é possível que haja infraestrutura mais avançada, ainda que não necessariamente seja assim. Inclusive nota-se no cadastro da Prefeitura, que mesmo regularizados, os loteamentos não dispõem de infraestrutura viária completa, tampouco possuem o projeto elaborado para tanto. A má conservação dos caminhos internos abertos na bacia, tem contribuído para o assoreamento dos cursos d'água e pode levar a situações mais extremas de erosão e voçoroca.

Por fim, ainda que a infraestrutura viária seja estruturante para o sistema de mobilidade, os desafios que tocam seu desenvolvimento vão além desses elementos. Segundo o próprio Plano de Mobilidade de Franca (2019), é preciso aproveitamento efetivo das áreas urbanas já ocupadas, além de controle sobre a implantação de novos empreendimentos e seus diversos impactos. Também se trata de garantir espaço público para a circulação de pedestres e de priorizar a viabilidade de modos não motorizados e coletivos. Para tanto, é essencial identificar quem é a população que circula, como esses grupos se deslocam e para onde. Isso tudo demanda conhecer aspectos de renda, idade, gênero, raça das pessoas que se deslocam e também das que não conseguem se movimentar. Tais dados são produzidos por meio de levantamento de dados em campo e de pesquisas de origem destino e podem ser especificados nas atualizações do Plano de Mobilidade.

3.6.3.Parcelamento do solo

As normas que dispõe sobre o parcelamento do solo em Franca não integram o Plano Diretor (2003), elas foram promulgadas posteriormente a partir da Lei Complementar nº 137, no ano de 2008. Em somatório, diversas outras alterações e complementações foram realizadas por meio de um conjunto de leis: Lei Complementar nº 142, em 2009, Lei Complementar nº 167 em 2011, Lei Complementar nº 181 em 2011, Lei Complementar nº 214 em 2013, Lei Complementar nº 220 em 2013, Lei Complementar nº 243 em 2014, Lei Complementar nº 266 em 2016, da Lei Complementar nº 285 de 2017, Lei Complementar nº 313 de 2019 Lei Complementar nº 317 de 2019, Lei Complementar nº 320 de 2019, Lei Complementar nº 341 de 2020 e da Lei Complementar nº 383 de 2022. Percebe-se que em quinze anos a Lei de Parcelamento passou por treze alterações.

Por meio da Lei Complementar nº 137/2008, além das Macrozonas definidas no Plano Diretor, foram estabelecidas novas modalidades de Áreas Especiais, bem como as Unidades de Risco Potencial. Assim, a partir da lei de parcelamento, as Áreas Especiais foram classificadas em diferentes tipos: de Interesse Urbanístico (Plano Diretor), de Interesse Social, Predominantemente Industrial ou de Residências Unifamiliares. Localizadas em diferentes partes da cidade, mesmo inseridas nas Macrozonas de Expansão Urbana ou de Ocupação Restrita, "estão sujeitas a condições específicas de parcelamento e/ou uso e

ocupação, além daquelas incidentes na macrozonas que se encontrem localizadas" (art. 5, Lei Complementar n. 137/2008). Por sua vez, as Unidades de Risco Potencial de Erosão são "porções do território do município definidas em função do comportamento dos terrenos frente ao desenvolvimento de processos erosivos e suas formas de degradação" (art. 6, Lei Complementar 137, 2008). Os limites das unidades de risco potencial estão de acordo com o "Parecer Técnico nº 7.149 do IPT - Subsídios Técnicos para um plano de controle preventivo e corretivo de erosão para área urbana do Município de Franca-SP/1998" (art. 10, parágrafo único).

Conforme nos mostra o Anexo III da Lei de Parcelamento (2008) a área considerada como urbanização consolidada na Bacia do Canoas, nomeada no de Macrozona de Ocupação Restrita, possui grande parte do seu território classificado como muito alto ou alto "risco potencial de erosão". Isso ocorre justamente nas áreas de cabeceiras da bacia do Canoas, de onde brotam as nascentes que o constituem e onde há presença de grandes voçorocas, ativas ou estabilizadas (Anexo III, Lei Complementar 137/2008). Ainda possuam potencial alto de erosão, algumas áreas foram consideradas "favoráveis à ocupação urbana" pela legislação de parcelamento do solo, possivelmente porque já são consideradas de ocupação consolidada. De qualquer maneira, a ocupação delas está condicionada à previsão de um conjunto de obras de contenção de erosão, as quais além de terem alto custo, muitas vezes não garantem a recuperação do local. Conforme explicado anteriormente, a zona de ocupação restrita não integra legalmente o perímetro da bacia destinado ao Programa de Gestão Integrada VI e, portanto, não serão incluídas neste trabalho. Por outro lado, a zona de ocupação rural do Canoas não foi incluída na classificação das unidades de risco potencial desta lei naquele momento.

Em Franca, o parcelamento do solo é permitido apenas dentro das áreas delimitadas como urbana ou de expansão urbana. Caso a propriedade conte com pelo menos $\frac{2}{3}$ da área localizada em zona urbana, o restante da área que estiver na zona rural pode ser incorporado ao parcelamento (art.12, Lei nº 137/2008). Além disso, qualquer parcelamento do solo, alteração ou cancelamento, depende da aprovação da Prefeitura (art. 11). Ainda assim, é preciso realçar que determinadas áreas, mesmo inseridas em áreas de ocupação e expansão urbana, possuem características que podem limitar a urbanização desses

espaços. Sendo assim, é proibido o parcelamento do solo em terrenos alagáveis ou sujeitos a inundação, os quais estejam dentro de áreas de preservação ecológica, ou inseridos em "áreas com reservas naturais" (art. 15, I, V e VI). Para o parcelamento, as áreas com declividade igual ou superior a 30% dependem do atendimento de determinadas exigências da Prefeitura (art. 15, III). Da mesma forma, locais que não apresentam "condições sanitárias adequadas", devido à poluição ou a presença de lotes "aterrados com materiais nocivos à saúde pública", o parcelamento e a edificação são proibidos (art. 15, II e V).

As condições geológicas e geotécnicas também podem impedir a edificação, caso algum órgão técnico apresente parecer técnico (IV). Além disso, quando o terreno possuir "qualidade paisagística de interesse público", também pode ser impedido seu parcelamento (art. 15, VII). Ainda assim, é permitido que a Prefeitura determine a execução de obras ou serviços sempre que for necessário - desde que fundamentada por laudo técnico do órgão responsável (parágrafo único, art. 15, Lei n. 137, 2008). Bom destacar que mesmo em zonas de expansão urbana, a aprovação dos loteamentos está condicionada à execução de obras e serviços de infraestrutura urbana pelo loteador. Isso inclui implantação e oferecimento dos serviços de abastecimento de água e esgoto, energia elétrica, iluminação pública, transporte coletivo, bem como instalação de vias de acesso, galerias pluviais, travessias de corpos d'água e outros conexos, inclusive nas áreas adjacentes ao empreendimento. Para tanto, deve ser fixado Termo de Compromisso entre a Prefeitura e o loteador, tendo em vista o dever de concluir a execução de tais no prazo de até quatro anos e também "dar caução idônea, com liquidez e valor suficiente", no caso de descumprimento de tal (art. 19, Lei nº 137, 2008).

As faixas de domínio das rodovias e dos arredores de pontes, pontilhões e viadutos devem reservar, no mínimo, 15 (quinze) metros de largura como área "*non aedificandi*", as quais poderão se tornar vias de circulação, caso haja parcelamento do solo na região (art. 16, Lei 137). Em adicional, a Prefeitura pode determinar a reserva de faixa não edificante em qualquer loteamento visando a implantação futura de equipamentos públicos. Quando se tratar de redes de alta tensão, a faixa não edificante será de 22 (vinte e dois) metros para cada lado, desde o eixo da rede (art. 17). A faixa não edificada das redes de alta tensão, se urbanizada, devem prever a implantação de avenida com canteiro central de 18 metros de

largura, sendo as faixas de rolamento projetadas para terem no mínimo 9 metros cada uma. Nas vias transversais da avenida é preciso manter uma distância de no mínimo 15 (quinze) metros em relação a estrutura metálica e de 8,40 metros, no mínimo, "entre a plataforma da pista e o condutor inferior da linha, ortogonais à mesma" (art. 17, parágrafo único da Lei Complementar nº 137, 2008).

Pela legislação de parcelamento do solo, as áreas identificadas como de alto e muito alto potencial de risco à erosão também poderão ser instituídas como não edificantes, caso seja decidido pelo grupo técnico de análise da Prefeitura (art. 22). Neste caso, as áreas serão transferidas para o poder público municipal e caso possível, poderão ser inseridas como APP e unidades de conservação (art. 22, § 3º, Lei n. 137/2008, alt. Lei Complementar nº 181/2011). Neste sentido, ainda que a Macrozona Rural do município não integre o levantamento demonstrado no Mapa III da Lei Municipal n. 137, onde foram delimitadas as unidades de risco potencial à erosão nas áreas urbanas, a ampliação desta classificação no território foco do Programa de Gestão Integrada da Bacia do Rio Canoas pode contribuir para a indicação destes locais e para a aplicação desse dispositivo na região.

Por sua vez, as áreas suscetíveis de alagamento também serão consideradas não edificantes, bem como transferidas ao município após o registro do loteamento (art. 22-A). Neste caso, elas não poderão coincidir com as áreas de reserva legal, que passam a constituir Unidades de Conservação Ambiental. Por outro lado, as áreas alagáveis podem ser APP e neste caso, dispor de uma licença expedida pelo órgão ambiental responsável que autorize seu cômputo dessa forma (art. 22-A, I e II, Lei 137/2008, alt. Lei 181/2011). Por conter as águas pluviais, as "bacias de retenção poderão coincidir com as áreas suscetíveis a alagamento" (art. 33, XIV, Lei 137/2008, alt. Lei 181/2011) e, portanto, também podem ser consideradas áreas não edificantes. Por último, são consideradas não edificantes as faixas de terreno nos fundos de vales, as quais necessariamente precisam obedecer às metragens mínimas determinadas nos incisos II e III do artigo 12 do Plano Viário de Franca, Lei Complementar n. 057/03 (art. 29, Lei 137/2008) apresentado anteriormente.

Na área urbana e de expansão urbana de Franca, qualquer novo loteamento deve apresentar lote com área mínima de 160 m² (cento e sessenta metros quadrados) e testada

de 8 metros (art. 30, § 1º). Além disso, é imprescindível que os lotes tenham frente para via pública, sendo proibida uma relação entre frente e profundidade superior a 8 vezes a medida da testada (art. 30, § 4º da Lei 137, alt. Lei Complementar n. 383/2022). Na cidade as quadras não poderão ultrapassar o comprimento de 250 (duzentos e cinquenta) metros (art. 31).

Já na Macrozona de Ocupação Rural é proibida a implantação de lotes com dimensão inferior ao estabelecido no módulo rural (art.13, Lei nº 137, 2008), que hoje equivale a 16 hectares, em Franca -SP (BRASIL, 2023). Mas, quando se tratar de chácaras de recreio, o lote mínimo exigido deve ter no mínimo 2.500 m² de área e 20 metros de frente. Embora, a fim de coibir a ocupação da macrozona rural das áreas de proteção de mananciais, como na bacia do Rio Canoas, seja exigido o tamanho mínimo de 5.000 m² dos lotes (art. 60, Lei n. 137/2008) - o dobro do exigido nos demais núcleos de recreio localizados na zona rural.

Compõem as áreas públicas de reserva obrigatória as chamadas áreas verdes, áreas institucionais e o sistema viário. Segundo a Lei n. 137/2008 às áreas institucionais são previstos "usos recreativos, esportivos e culturais, à instalação de equipamentos comunitários, tais como, escolas, creches, posto de saúde, delegacias e outros de uso público irrestrito" (inciso II do art. 32). Já as áreas verdes, mesmo que definidas pela mesma lei, têm redação dada pela Lei Complementar nº 266/2016, a qual define que:

"Área verde é o espaço livre de uso público, arborizado e/ou coberto por vegetação natural, reservada a cumprir funções ecológicas e paisagísticas, destinada a atividades de contemplação, repouso, recreativas, de lazer e esportivas, em que se permite a instalação de mobiliário de apoio a estas atividades, tais como quiosques, bancos, iluminações, guaritas de segurança, quadras esportivas e similares, limitada a impermeabilização decorrente da implantação dos referidos equipamentos a 30% (trinta por cento) de

sua área total" (art. 32, Lei Complementar nº266, 2016).

Para parcelar o solo em Franca, os loteamentos ou desmembramentos em área superior a 10.000 m² devem reservar 10% para áreas verdes, 5% para as áreas institucionais e 20% para o sistema viário (art. 20 da Lei nº 137, 2008). As áreas públicas, verdes ou institucionais, não podem corresponder às áreas de reserva legal, de preservação permanente ou às faixas não edificantes (§ 1º, art. 20). Além disso, quando houver loteamentos ou desmembramentos contíguos ou próximos, em glebas com área individual de até 40.000 m², o Executivo Municipal poderá determinar a alocação das áreas verdes ou das áreas institucionais de forma reunida, respeitando os devidos percentuais de área pública mencionados. Neste caso, também poderá realizar a "aprovação conjunta dos empreendimentos em um único ato administrativo" (§ 2º, art. 20, I, II e III). Em acréscimo, quando a área reservada para o sistema viário não representar 20% da área total, a diferença deve ser destinada para área institucional ou para área verde (§ 4º, art. 20, Lei Complementar 137).

Ao município é atribuída a prerrogativa de indicar e definir a localização das áreas verdes e institucionais do empreendimento, ainda que o loteador possa apresentar suas próprias sugestões (art. 20-A e art. 23, Lei nº 137/2008). No entanto, a declividade das áreas verdes não poderá exceder 15%, além disso, é necessário compor um raio de no mínimo 10 (dez) metros (art. 20-A, § 1º e 3º). Já a declividade da área destinada à edificação, não pode ser superior a 25% (art. 20-A, § 2º). Por outro lado, é permitida a impermeabilização das áreas verdes até o limite de 30% da área total (art. 20-A, § 4º). Também existe necessidade de implantação de calçadas em todo o entorno das áreas verdes, internas ou externas, bem como das áreas de preservação permanente, cuja largura mínima deve ser 3 (três) metros e cujos parâmetros devem estar em conformidade com a NBR 9050/2015. Também consta necessário que as áreas verdes externas e as APPs sejam entregues pelo loteador com os perímetros completamente fechados com alambrado (art. 20-B e art. 20-C, Lei Complementar 137, 2008).

Na bacia do Rio Canoas é exigida a reserva de no mínimo 20% para áreas verdes (art. 59, c) - o dobro da área verde exigida na cidade ou nos demais núcleos residenciais de recreio, que corresponde a 10%. Por outro lado, nos núcleos de recreio da zona rural o loteador pode escolher a localização de $\frac{1}{3}$ do percentual de área verde necessário para o parcelamento, desde que ali caiba um círculo com raio de 20 metros inscrito (art. 59, d). Já as edificações devem obedecer às normas dispostas no artigo 61 da Lei de Parcelamento, que exige recuo mínimo, de frente e fundo, de 10 metros, e recuo lateral de 5 metros em cada lado (art. 61, Lei 137/2008). Além disso, não permite que a taxa de ocupação do lote exceda 40% da área, assim como exige que a taxa de permeabilidade deve ser de 40%, no mínimo, além disso, a altura máxima da edificação deve ser de no máximo 7 metros (art. 61, Lei Complementar n. 137/2008). Vale ressaltar que, em conformidade com o parágrafo único do artigo 13 da Lei de Parcelamento do Solo, consta como "obrigatória a recomposição e preservação de matas ciliares para proteção dos corpos d'água correntes ou dormentes, bem como a proteção do solo para impedir e corrigir a erosão do solo, inclusive nos casos de obras de terraplenagem" tanto nas macrozonas de ocupação urbana como na de ocupação rural.

Embora o registro do loteamento em cartório forneça titularidade municipal às APP e às áreas de Reserva Legal das glebas loteadas, pode ser exigido do loteador o compromisso de manutenção desses espaços até sua "estabilização" (art. 21 § 2º e 21-A § 4º, Lei n. 137). Assim, fica estabelecida a necessidade de cumprimento das medidas para a recuperação do local, a recomposição florestal e o cercamento da área, tanto nas APP, como nas áreas de reserva legal (art. 21, § 1º e art. 21-A, § 2º, c). Caberá ao loteador a obtenção de licenças de intervenção em áreas de preservação permanente, caso seja necessário (art. 21, § 3º). Já as áreas de reserva legal devem ser transformadas em "área livre para preservação ambiental" e, desse modo, remetidas à constituição de Unidade de Conservação Ambiental (art. 21-A, §1º). A transformação da reserva legal em área verde urbana vai na direção prevista pelo Código Florestal (Lei Federal n. 12.651/2012) e estabelece como responsabilidade do loteador a elaboração da proposta de Plano de Manejo (art. 21-A, § 2º, b).

No parcelamento do solo, é responsabilidade do loteador a realização de um conjunto de obras de infraestrutura urbana de caráter obrigatório. Assim, para evitar o desmoronamento e o assoreamento de solo nos cursos d'água é imposta a execução de obras de contenção de taludes e aterros (art. 33, I). No mesmo sentido, é fundamental planejar o escoamento das águas pluviais, conforme padrão técnico da Prefeitura, de modo que, sejam preservadas as "linhas naturais de escoamento das águas superficiais, prevenindo a erosão, assoreamento e enchentes", principalmente nas atividades de terraplanagem (art. 18). Também a favor da drenagem, é obrigatória a "execução de piso drenante ou reservado como área naturalmente permeável a porção de 30% (trinta por cento) das áreas não edificadas" (art. 34-A).

Em complementação, é dever a implantação de galerias, guias, sarjetas, canaletas e dissipadores de energia (art. 33, V). Para prevenção de enchentes, a lei foca na construção de bacias de retenção (art. 33, XIV, Lei 137/2008, alt. Lei Complementar n. 181/2011). Além disso, torna indispensável prover a "arborização do canteiro central das avenidas" e das áreas verdes, a recomposição florestal das APPs, bem como "adequação das áreas verdes e implantação da urbanização e tratamento paisagístico" (art. 33, X, XI, XIII). As bacias de retenção, áreas verdes e APPs devem ser cercadas com alambrado, sendo fundamental a colocação de calçadas de, no mínimo, 3 (três) metros de largura nas duas últimas (art. 33, XV e XVI, Lei nº 137, alt. Lei Complementar n. 266/2016). Também é obrigatória a instalação de hidrantes e sistema de prevenção de incêndios, no caso de condomínio horizontal de casas" (art. 56-B).

Para a transposição de corpos d'água é exigida a abertura de vias de circulação para todas as modalidades de transporte (art. 33, II e III). A construção do sistema público de água e esgoto, bem como a instalação da rede elétrica e de iluminação pública em todas as vias do loteamento (art. 33, VI, VII, VIII) igualmente devem ser entregues pelo loteador. Além disso, é também obrigatória a instalação de marcos de concreto para "demarcação de lotes, quadras e logradouros", além da "sinalização viária aérea e de solo e nomenclatura das vias e logradouros públicos, conforme padrões técnicos" (art. 33, IV e XII). Por último, é também responsabilidade do loteador a implantação de guias, sarjetas e pavimentação das vias, em conformidade com os padrões técnicos da Prefeitura (art. 33, IX). A "manutenção do sistema

viário e da trafegabilidade das vias" é responsabilidade do loteador até a emissão do Termo de Recebimento (art. 33, § 9º) da área. Vale destacar que a edificação do lote só é permitida após a execução de "todas as obras de infraestrutura, serviços, providência e apresentação da documentação especificada no ato administrativo de aprovação" (art. 33-B).

Em 2006, a Lei Complementar nº 100, além de trazer alterações na descrição dos limites das áreas que integram o Programa de Gestão da Bacia do Rio Canoas, a lei também trouxe nova definição à Macrozona de Ocupação Rural, a qual passou a apresentar seguinte descrição:

"As Macrozonas de Ocupação Rural são destinadas às atividades de produção de alimentos, de reflorestamento e mineração, de agro-indústria, bem como à ocupação por chácaras de recreio, equipamentos públicos de interesse coletivo, atividades institucionais, de turismo e lazer, observada a legislação ambiental" (art.15, Plano Diretor, 2003 alt. Lei Complementar nº 100, 2006).

Dentre as atividades previstas para a zona rural, é possível inferir que foi por meio da inserção dos equipamentos públicos, das áreas institucionais e das áreas de lazer neste trecho da lei em 2006, que se tornou possível a implantação da infraestrutura necessária para a regularização de núcleos residenciais de recreio - já que o conceito anterior não trazia elementos obrigatórios no loteamento do solo para fins urbanos. Destaca-se que, no caso dos *núcleos residenciais de recreio*, o parcelamento do solo é regulado especificamente pelos artigos 58 a 62 da Lei de Parcelamento do Solo (Lei Complementar nº 137/2008). E, segundo esta norma, tais núcleos estão "destinados à implantação de habitações unifamiliares", em caráter de lazer e como não se trata de área destinada à ocupação urbana, possuem parâmetros de ocupação mais restritivos. É por isso que, na bacia do Rio Canoas, além das dimensões exigidas do lote e das áreas verdes serem bem maiores, conforme dito anteriormente, é restringida a ocupação da faixa de terreno que acompanha os cursos d'água em pelo menos 100 (cem) metros, bem como é necessário reservar 40% do lote para a conservação ou plantio de nativas (art. 3, Lei nº 4.240, 1992).

3.6.4. Loteamentos e condomínios

Ainda que as legislações apresentadas tragam um conjunto de dispositivos que, de modo intencional, dão foco à inibição do processo de ocupação urbana na bacia do Rio Canoas e de seus afluentes, diversos loteamentos foram implantados ao longo do tempo de maneira irregular ou clandestina. Através deles, é possível observar a configuração de diferentes padrões urbanísticos e ambientais no território da bacia, representando a variedade característica do processo de ocupação das franjas periurbanas, enquanto regiões marcadas pela mescla de atividades de natureza urbana e rural. Mesmo que se resguarde a diversidade típica de tais áreas, é possível perceber que a expansão urbana na direção das áreas de mananciais ocorreu, de modo geral, de dois modos diferentes.

De um lado, nota-se o crescimento dos loteamentos horizontais enquanto expressão contínua da cidade, demonstrando padrões de ocupação tipicamente urbano, com lotes pequenos, adensados e pouca presença de espaços livres, vegetados ou não. Localizados nas cabeceiras do Canoas, tais loteamentos já são consolidados e configuram a zona de ocupação restrita da bacia: Samuel Park, os Residenciais Rodrigo Salloum, Parque dos Pássaros, Nova Franca, Parque Dom Pedro I, Miramontes, Jardim São Luiz I e II, Jardim São Francisco, Jd. Paulistano, Jd. Panorama, Jd. Palma, Jd. Palestina, Jd. Marambaia, Jd. Ipanema, Jd. do Éden, Jd. Brasilândia, Jd. Antônio Petraglia e City Petrópolis. O Jd. Santa Mônica, que inclui o Jd. Samello, também é considerado zona de ocupação restrita e mantém um desenho de caráter urbano, mesmo tendo sido implantado deslocado da malha urbana, na área rural da bacia. Por outro lado, o Recanto Campo Belo, apesar de ser considerado zona de ocupação restrita, apresenta padrões urbanísticos e ambientais variados, de caráter urbano e rural, que o assemelha aos núcleos residenciais de recreio.

Ainda mais distantes do tecido urbano contínuo, os núcleos de chácaras de recreio representam outra forma predominante de ocupação na bacia do rio Canoas. Parte desses loteamentos de chácaras já alcançou a aprovação do órgão municipal e hoje é atendida pela rede da Sabesp. Entretanto, a maioria dos loteamentos na área rural do Canoas permanecem irregulares e continuam se expandindo. Destaca-se que, embora os loteamentos deslocados da malha urbana tenham sido regularizados pela Prefeitura e

transformados em zona de ocupação restrita, eles ainda permanecem sob regime de proteção da legislação de mananciais, à medida que se encontram no perímetro marcado pela Lei Complementar nº 100 de 2006. É preciso entender que a conversão da terra rural em urbana, ainda que como área de expansão, é fundamental para que a área passe a ser gerida pelo município, já que a competência para gestão do território rural é realizada no âmbito federal, pelo Incra.

É notável na bacia do Canoas o crescimento dos núcleos de chácaras de recreio, os quais mesmo com lotes de dimensões superiores e uma parcela maior de áreas livres de ocupação, não possuem infraestrutura completa e pressionam as demandas por serviços públicos em áreas distantes do tecido urbano principal. Além disso, embora os núcleos residenciais de recreio sejam concebidos à princípio como segunda moradia, destinados apenas ao lazer e recreação, desde a popularização dos automóveis e, acentuadamente, devido à Pandemia da *Covid-19*, tais ocupações têm sido cada vez mais utilizadas como moradia principal, indicando uma possível inconsistência entre o uso atribuído e o uso praticado. É nesse sentido que mudanças sociais e tecnológicas que tocam uma parcela da população e dizem respeito a novas formas de morar, de trabalhar, de se deslocar e de consumir, têm contribuído para a constituição do que tem sido chamado de cidades dispersas e fragmentadas (BRUEGMANN, 2005).

A fim de alcançar um panorama sobre a situação dos loteamentos na bacia do rio Canoas e seus afluentes, foi realizado cruzamento entre a lista dos loteamentos atualmente abastecidos pela rede da Sabesp, o cadastro dos loteamentos irregulares da Prefeitura (2017) e o Mapa Geral de Franca (2022). A partir dos dados da Prefeitura, inicialmente foram identificados 24 loteamentos regulares, irregulares ou clandestinos (Figura 3.6.4(1)), localizados na área rural e ramificados a partir da Rodovia Tancredo Neves, que liga Franca (SP) a cidade de Claraval (MG) e da Rodovia João Traficante, que se estende até a cidade de Ibiraci (MG). Nas glebas parceladas adjacentes à Rodovia Tancredo Neves, 7 (sete) já constam regularizados: Vale Belo, Recanto Nova Fortuna, Parque dos Ipês, Parque do Mirante, Jardim Samello, Jardim Monte Carlo e Capim Mimoso. Com exceção do Jd. Samello, todos eles apresentam perfil de chácaras de recreio.

Ainda na estrada que liga Franca a Claraval, também buscam a regularização o Condomínio Monte Verde, o Recanto Del Bianco, além dos Recantos Verde Vale I e II. Por outro lado, até 2017, tampouco havia aberto processo de regularização 9 (nove) dos loteamentos estabelecidos neste percurso: Chácaras Santa Marcelina, o Recanto Paiolzinho, a área expandida do Vale Belo, a área junto ao Parque dos Ipês, a Vila Palestina, bem como outros 4 (quatro) loteamentos numericamente ordenados como "não identificados" no cadastro. Desse modo, ainda constam como irregulares 13 (treze) núcleos de chácaras na Rodovia Tancredo Neves. Já dentre os 8 (oito) loteamentos localizados ao longo da Rodovia João Traficante, apenas o Residencial Canadá consta como loteamento totalmente regularizado na área rural. Ainda que, o Recanto Campestre e o Recanto Esperança estejam avançados na aprovação e que os loteamentos Portal de Minas, Recanto Primavera e a Chácara Ceris também tenham iniciado o processo.

Tabela 3.6.4(1): Loteamentos que integram o perímetro legal da bacia do Rio Canoas e seus afluentes, conforme localização e situação perante a Prefeitura Municipal.

	Loteamentos	Localização	Situação
1	Vale Belo*	Rodovia Tancredo Neves	Regular
2	Recanto Fortuna	Rodovia Tancredo Neves	Regular
3	Parque dos Ipês	Rodovia Tancredo Neves	Regular
4	Parque dos Ipês (Anexo)*	Rodovia Tancredo Neves	Não contém processo
5	Parque do Mirante	Rodovia Tancredo Neves	Regular
6	Jardim Samello	Rodovia Tancredo Neves	Regular
7	Jardim Monte Carlo	Rodovia Tancredo Neves	Regular
8	Capim Mimoso	Rodovia Tancredo Neves	Em processo
9	Recanto Del Bianco	Rodovia Tancredo Neves	Em processo
10	Monte Verde	Rodovia Tancredo Neves	Aprovação definitiva
11	Recanto Vale Verde I	Rodovia Tancredo Neves	Em processo
12	Recanto Vale Verde II	Rodovia Tancredo Neves	Em processo
13	Chácaras Santa Marcelina	Rodovia Tancredo Neves	Não contém processo
14	Recanto Paiolzinho	Rodovia Tancredo Neves	Não contém processo
15	Loteamento não identificado 01	Rodovia Tancredo Neves	Irregular
16	Loteamento não identificado 02	Rodovia Tancredo Neves	Não contém processo
17	Loteamento não identificado 03	Rodovia Tancredo Neves	Não contém processo
18	Loteamento não identificado 04	Rodovia Tancredo Neves	Não contém processo
19	Residencial Canadá*	Rodovia João Traficante	Em processo
20	Recanto Campestre*	Rodovia João Traficante	Aprovação definitiva
21	Recanto Esperança	Rodovia João Traficante	Aprovação definitiva

22	Recanto Portal de Minas*	Rodovia João Traficante	Em processo
23	Recanto Primavera	Rodovia João Traficante	Em processo
24	Chácara Ceris	Rodovia João Traficante	Em processo

Fonte: Cadastro Sabesp Franca (2023), Cadastro de loteamentos irregulares da Prefeitura de Franca (2017) e Mapa geral do município (2022). *Loteamentos em expansão.

Chama a atenção o caso do Recanto Paiolzinho, onde há registro de não interesse dos moradores na regularização do loteamento, o que na realidade significa manter clandestinidade perante os órgãos municipais. Neste levantamento inicial, também podem ser percebidos como clandestinos o Residencial Acácia e o Sítio Ripa que, embora identificados pela Prefeitura, não possuem informações de acompanhamento registradas e demonstram ausência de qualquer tipo de aprovação. Pelo fato da gleba indicada de ambos os loteamentos ainda não se mostrarem urbanizadas, eles não foram incluídos na análise.

Além do conjunto de loteamentos regulares e irregulares levantados a partir do cadastro da Prefeitura Municipal, foi possível identificar ao longo dos últimos anos a expansão de 17 novas ocupações clandestinas na bacia. Dentre estas, com exceção do Recanto das Garças e da Chácara Dona Antônia já nomeados (Figura 3.6.4(2) e 3.6.4(3)), todos os outros estão inseridos como Loteamento não identificado 06 a 20 na Figura 3.6.4(1).

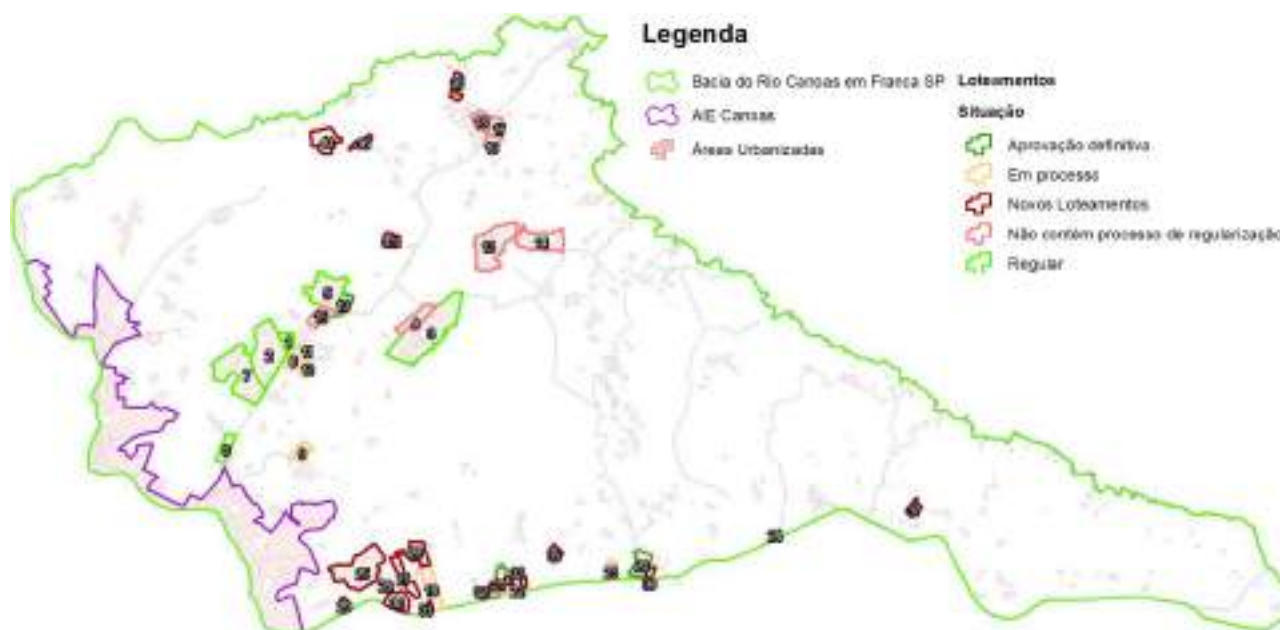


Figura 3.6.4(1): Loteamentos habitacionais na bacia do Rio Canoas.

É relevante ressaltar que a criação de loteamentos irregulares na bacia continua em expansão, mesmo se tratando de ato criminoso. Além disso, há núcleos residenciais de recreio que, mesmo regularizados, continuam crescendo por meio do loteamento das glebas adjacentes às áreas. É possível, por exemplo, notar o crescimento do Parque dos Ipês e do Vale Belo, ampliando-se nas margens da Rodovia Tancredo Neves, bem como do Residencial Canadá na Rodovia João Traficante.

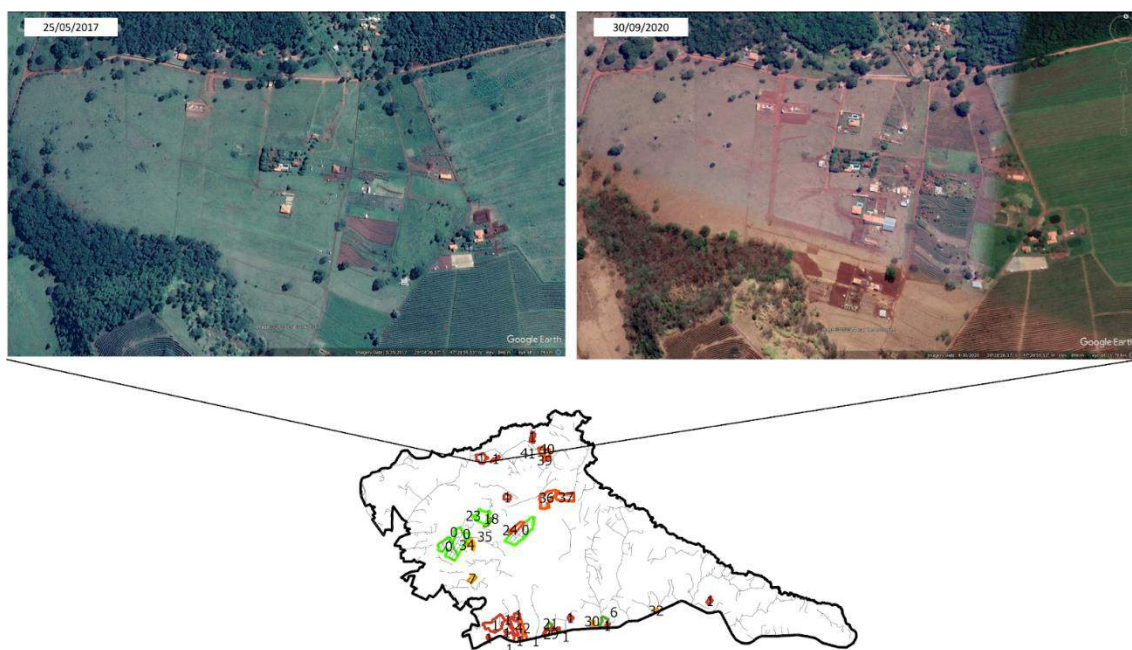


Figura 3.6.4(2): Antes e depois da implantação do loteamento Recanto das Garças.

Fonte: Google Earth.

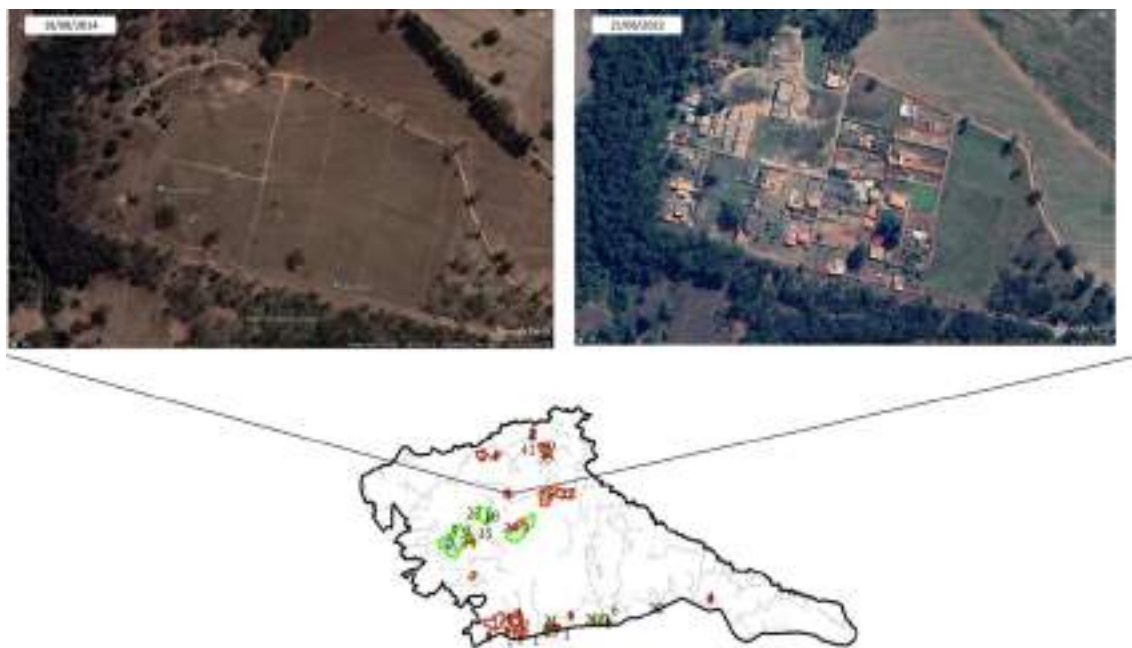


Figura 3.6.4(3): Antes e depois da implantação do loteamento Chácara Dona Antônia.

Fonte: Google Earth.

Por outro lado, localizados nas margens à direita da Rodovia João Traficante, existem outros 6 (seis) loteamentos cadastrados como irregulares, que entretanto não fazem parte do perímetro legal da bacia do Canoas e seus afluentes. Apesar destas ocupações não estarem oficialmente incluídas no perímetro da AIE Canoas, elas estão localizadas na zona de recarga do aquífero Guarani e, por isso, compõem a Macrozona de Proteção do Sistema. São eles: Recanto Lua Dourada, Patrimonial Quinta do Bosque, Residencial Porto Sonhos, Patrimonial Vale das Samambaias, Recanto da Floresta e Condomínio Eldorado.

Na bacia do Canoas, nota-se a presença de condomínios residenciais irregulares, fato que alerta sobre a inação do poder público em relação à instalação desses empreendimentos. Como consequência, existe a necessidade de obediência a parâmetros específicos de regularização estabelecidos pela legislação de parcelamento do solo, os quais levam em conta o tamanho da área e as unidades habitacionais implantadas. Em oposto, não foi identificada presença de loteamento habitacional de interesse social na bacia.

Conforme observado, para criação dos loteamentos irregulares tem sido estabelecida uma sequência comum de implantação da infraestrutura, a qual se inicia com a demarcação de quadras e lotes, a abertura de vias públicas, o alinhamento e nivelamento das unidades

parceladas e os serviços de terraplanagem. Por outro lado, é costume postergar a implementação da infraestrutura de drenagem das águas e do sistema viário, por exemplo, as galerias pluviais, as sarjetas e pavimentação asfáltica e a sinalização viária. Além disso, por conta da regulamentação específica historicamente construída pelo setor de energia elétrica no Brasil, loteamentos irregulares podem contar com este serviço nas residências, embora não necessariamente alcancem a iluminação de uso comum. Inicialmente amparados por soluções individuais de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, como poço artesiano e fossa séptica, é dessa forma que os loteamentos irregulares na bacia do Canoas têm avançado nas glebas rurais através das rodovias que lhe atravessam.

No anexo digital 3.6.4(2) estão registradas sequências de imagens de sensoriamento remoto que mostram a evolução temporal das ocupações na área da AIE Canoas.

Por fim, cabe destacar que em 30 de março de 2022, foi publicado o Decreto Municipal nº11.433, o qual dispõe sobre os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana de Interesse Específico (REURB-E) para núcleos residenciais e de recreio (DO, 2022), em consonância com a Lei Federal nº13.465/2017. Esta última institui no artigo 9º referente ao 'Título II - Da Regularização Fundiária Urbana' para o território nacional normas gerais e procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana (Reurb), a qual abrange medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais destinadas à incorporação dos núcleos urbanos informais ao ordenamento territorial urbano e à titulação de seus ocupantes. (BRASIL, 2017).

Já o Decreto Municipal nº11.433, no 1º parágrafo do artigo 1º, decreta que:

A regularização fundiária, denominada como Reurb-E, aplica-se aos núcleos urbanos residenciais e de recreio informais, ocupados por população não qualificada como de baixa renda, e comprovadamente existentes até 22 de dezembro de 2016, nos termos do disposto na Lei Federal nº 13.465, de 11 de julho de 2017. (DO, 2022)

Conforme pode se depreender pela Reurb-E, ela pode ter impactos em eventuais loteamentos irregulares instalados na AIE até a data prevista na lei.

3.7. Vetores de expansão urbana

De acordo com o termo de referência deste projeto a expansão do território urbano a partir do crescimento do contingente populacional de uma região ou o aumento físico da sua área caracteriza a expansão urbana. Esse processo desenvolve-se pelo adensamento populacional nas áreas urbanas consolidadas e de ocupação de vazios urbanos remanescentes, sendo que o aumento da área urbana ocorre geralmente no sentido do centro para as áreas periféricas que o circundam, aumentando a chamada mancha urbana. Estes alastramentos urbanos desordenados trazem fatores negativos para populações que residem nesses espaços e ao meio em que foram construídos, principalmente quando não acompanhados com os serviços de infraestrutura urbana e sanitária, comprometendo os padrões de mobilidade urbana, afetando a qualidade de vida nas cidades e impactando os recursos ambientais.

Chiquito (2006) relata que o processo de expansão urbana em Franca apresenta um processo de ocupação e degradação do solo que se vincula diretamente ao agravamento dos processos erosivos, tido como principal problema ambiental do município conforme apontado pela administração pública municipal quando da justificativa técnica do plano diretor em 1998. Em seu trabalho Chiquito apresenta um pormenorizado levantamento histórico abrangendo quase um século de expansão territorial em Franca citando os trabalhos de Feldman (2002) e Rinaldi (1982). Na figura 3.7(1) apresenta-se o processo de expansão urbana por meio da aprovação de loteamentos, agrupados por décadas, no período de 1925 a 2004 e na figura 3.7(2) a evolução da área loteada no município de Franca.

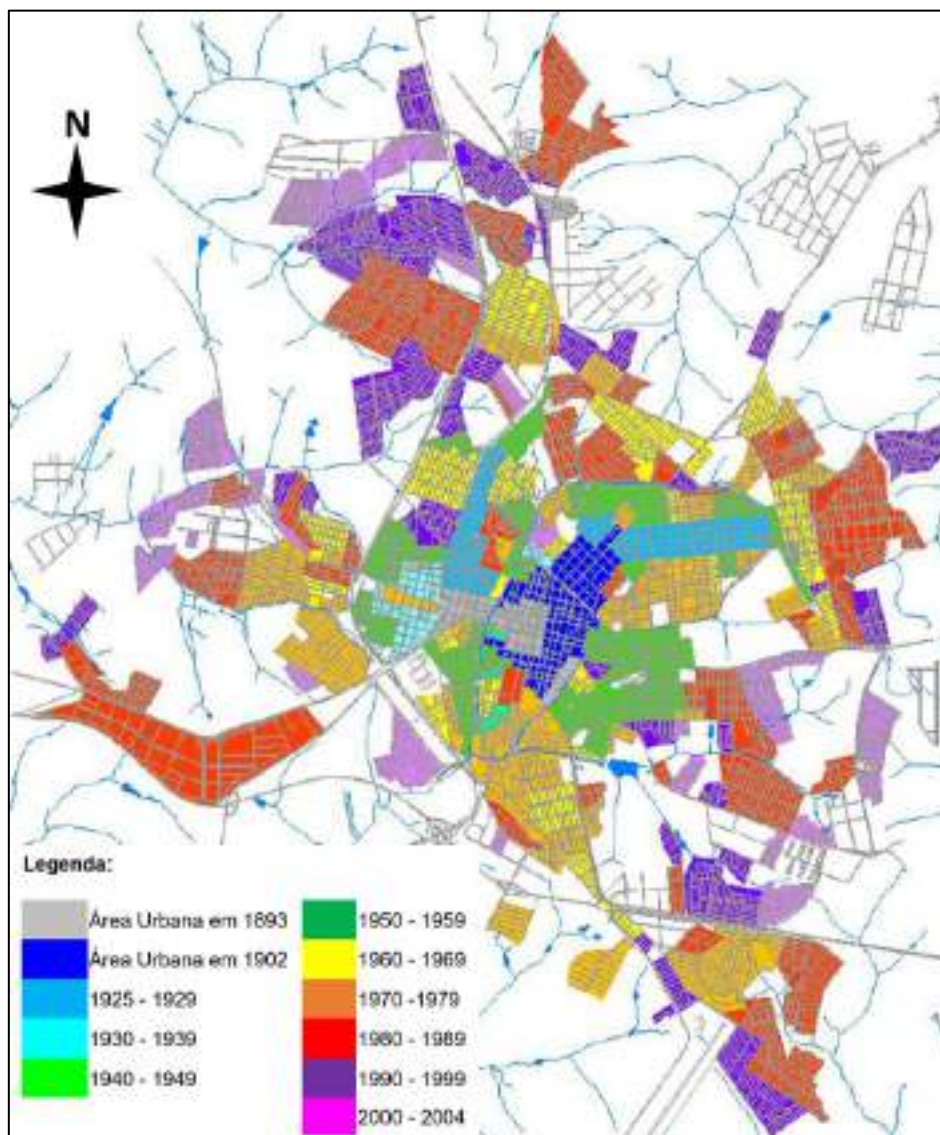


Figura 3.7(1) – Loteamentos aprovados por décadas

(adaptado de Chiquito, 2006)

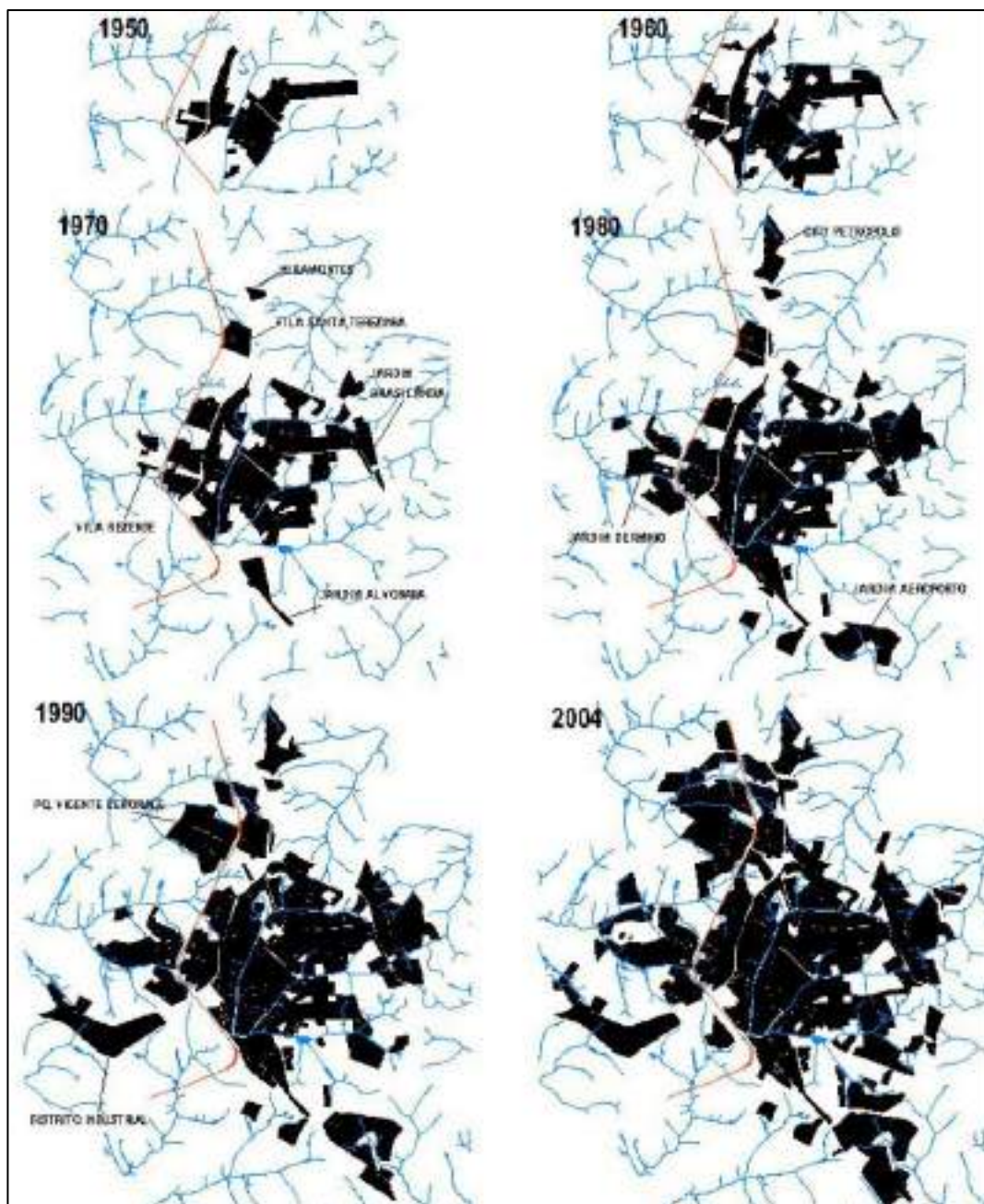


Figura 3.7(2) – Evolução da área loteada de Franca 1950 - 2004

(Chiquito, 2006)

Para o período recente, depois de 2004 optou-se por avaliar o crescimento da ocupação urbana por meio de imagens de sensores remotos, uma vez que a área de interesse é a AIE Canoas, onde a aprovação de loteamentos com lotes menores que 5000 m² não é permitida.

Para isso utilizou-se a nova coleção da série de dados do mapBiomias. A coleção 7 é a mais recente atualização do mapeamento de uso e cobertura do solo brasileiro, resultado da colaboração de mais de 30 instituições de pesquisa e tecnologia, incluindo universidades, empresas de tecnologia e organizações governamentais. Essa coleção é baseada em um vasto número de amostras de treinamento, que são utilizadas para treinar algoritmos de aprendizado de máquina e inteligência artificial para classificar imagens de satélite em diferentes categorias de uso e cobertura do solo. Essa abordagem permite que a coleção 7 forneça uma resolução espacial de 30 metros e uma acurácia global em torno de 90% (mapBiomias, 2023).

A coleção abrange uma série de dados entre os anos de 1985 e 2021 mapeados a partir das imagens de sensoriamento remoto do programa LandSat, classificados em 27 classes de uso e cobertura.

Para a análise da expansão da mancha urbana de Franca e a eventual pressão dessa expansão sobre a AIE Canoas separou-se a classe 4.2 Área Urbanizada para cada ano da série. Na figura 3.7(3) apresenta-se o gráfico com a curva de crescimento das áreas urbanizadas no município de Franca, em hectares, para o período da série de dados da coleção 7.

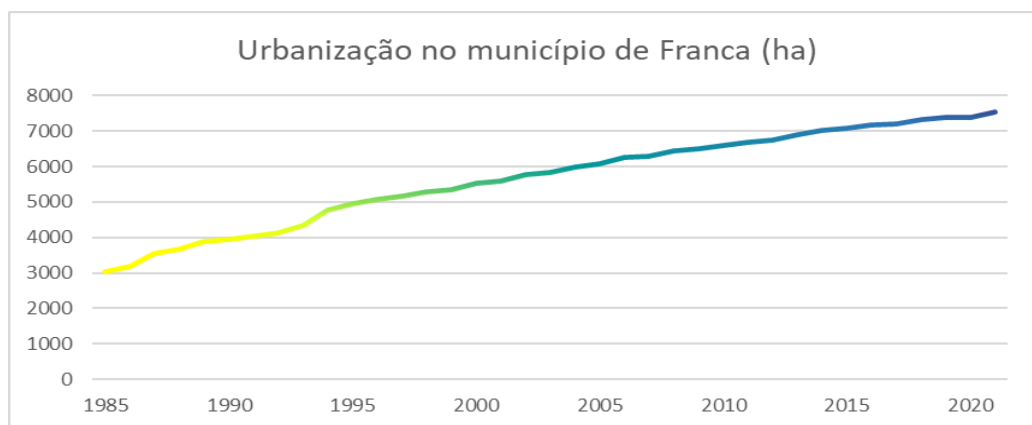


Figura 3.7(3) – Gráfico da curva de urbanização do município de Franca

As cores da curva de crescimento da urbanização no gráfico da figura 3.7(3) encontram correspondência com as cores do mapeamento da evolução da mancha urbana apresentada

na figura 3.7(4) representando o ano correspondente a cada época. O mapa com a mancha da expansão urbana é apresentado no anexo 3.7(1).

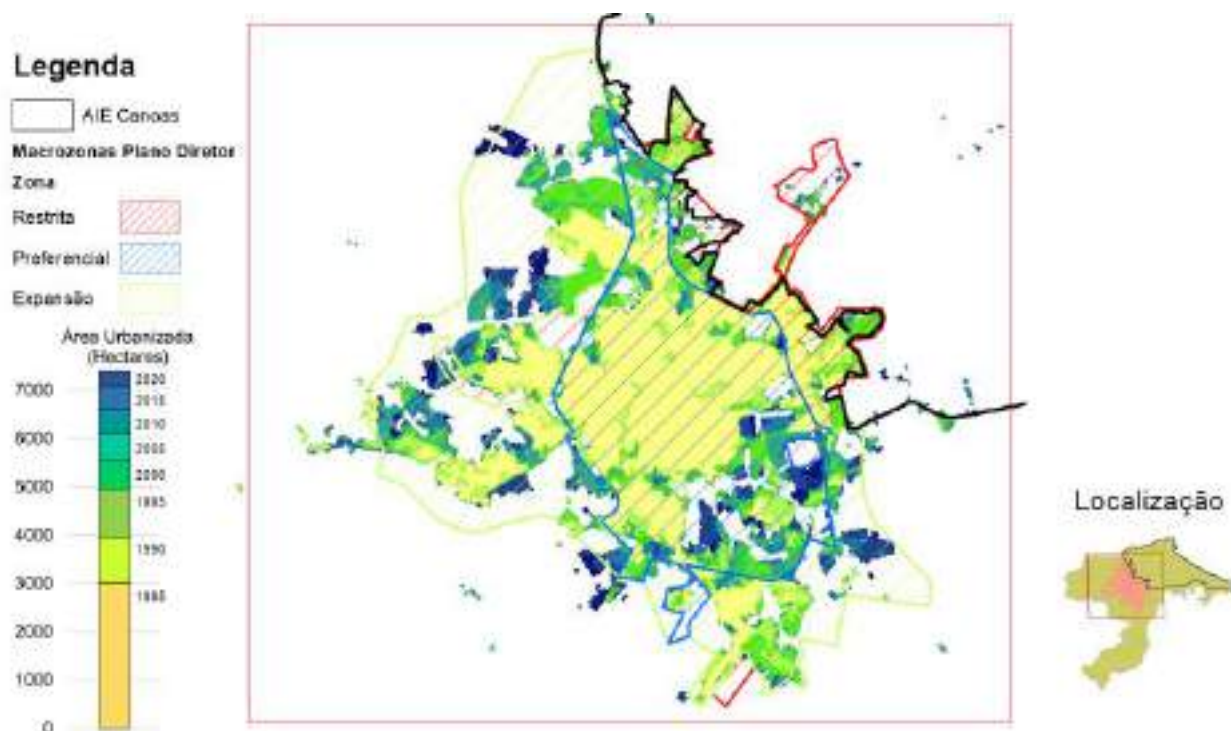


Figura 3.7(4) – Evolução da mancha urbana de Franca no período de 1985 a 2020

Verifica-se que houve uma expansão significativa na área prevista para a expansão urbana no plano diretor nesse período, além do preenchimento de vazios urbanos na área de ocupação preferencial do plano diretor. A partir do ano de 1995 verifica-se pouca expansão nas áreas de ocupação restrita. Isso coincide com a definição dos limites da AIE Canoas que foram estabelecidos em 1994.

O perímetro urbano consolidado de Franca aumentou significativamente nos últimos 50 anos, como podemos observar na comparação da mancha urbana do ano de 2020 sobreposta a carta do IBGE da década de 70, apresentado na figura 3.7(5). Mesmo assim verifica-se que essa expansão pouco adentrou na área da bacia hidrográfica do Rio Canoas.

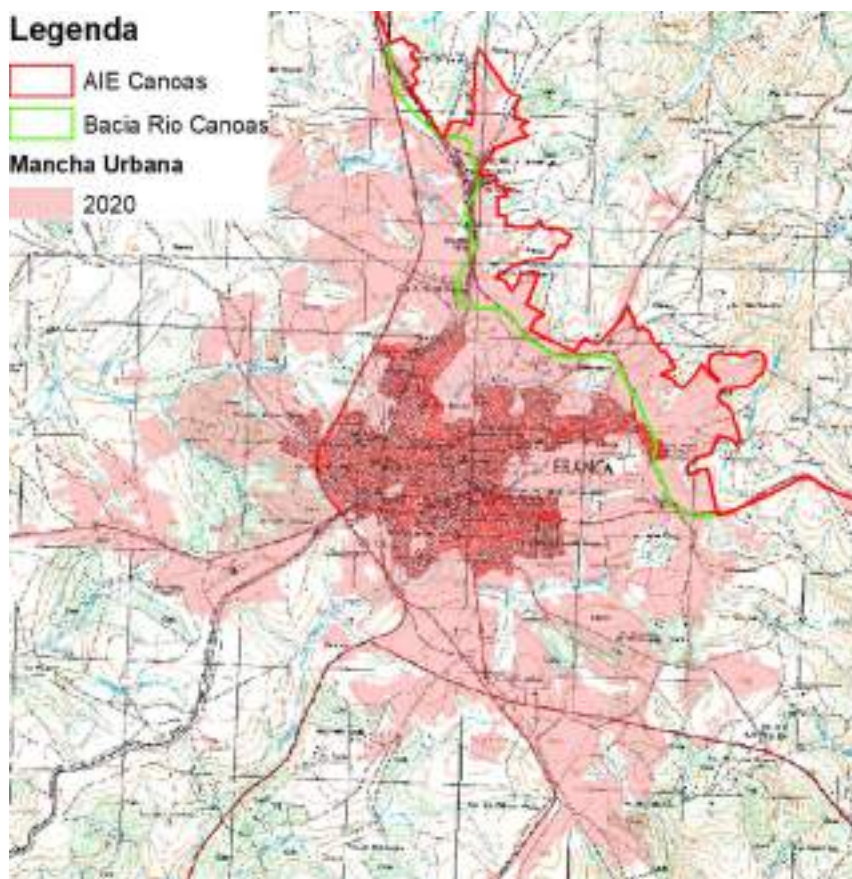


Figura 3.7(5) – Comparação da mancha urbana na década de 70 e 2020

A área da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas em Franca possui três vias principais que são pavimentadas e que totalizam aproximadamente 46,5 km.

A rodovia vicinal João Traficante percorre o limite sul da bacia no sentido leste oeste acompanhando o divisor de águas e liga o município de Franca ao município de Ibiraci em MG. A rodovia Tancredo de Almeida Neves atravessa a bacia no sentido nordeste sudoeste e liga o município de Franca ao município de Claraval MG e a estrada do Paiolzinho percorre o centro da bacia no sentido norte sul ligando a rodovia Tancredo de Almeida Neto ao interior do município de Claraval MG.

Além destas vias pavimentadas a bacia possui aproximadamente outros 238,7 km de vias não pavimentadas que se configuram acessos secundários, muitos deles precários, sem drenagem adequada e com processos erosivos aparentes. Destas vias se destaca a estrada que liga o norte da área da bacia ao bairro City Petrópolis (parte da Av Coelho Neto). Também existem aproximadamente 151 km de arruamentos pavimentados, sendo que destes 139 km estão na área urbana já consolidada e que foi excluída da AIE Canoas.

Na figura 3.7(6) apresenta-se a configuração do sistema viário na área da bacia. O anexo 3.7(2) apresenta o mapa do sistema viário.

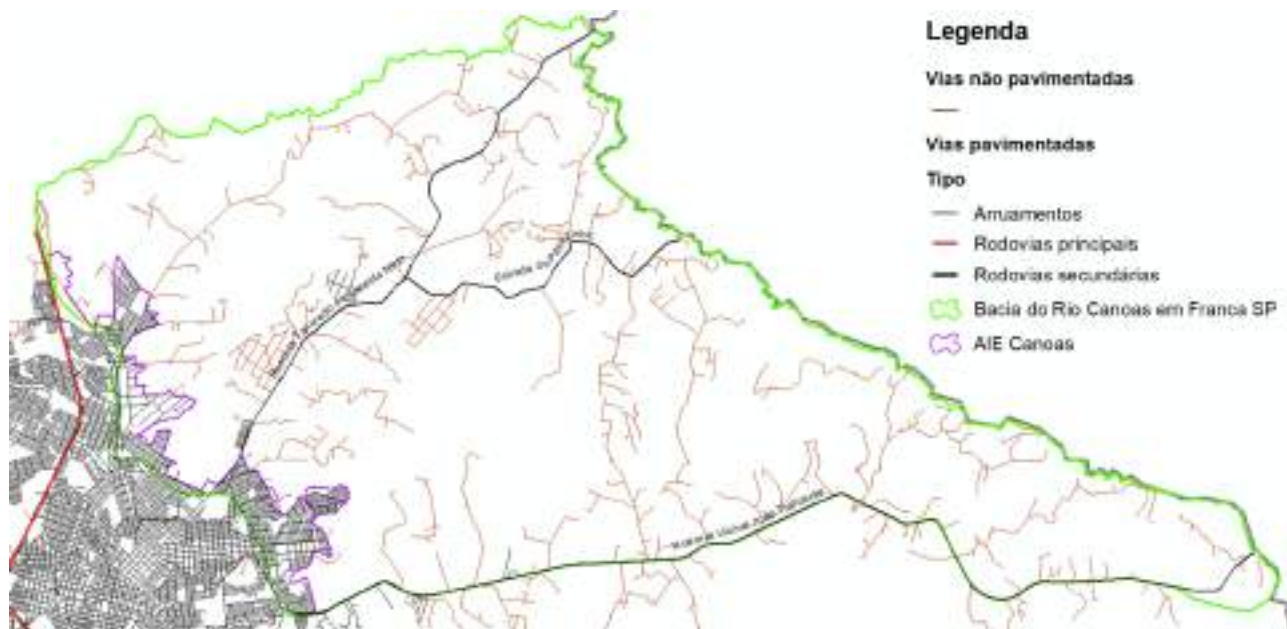


Figura 3.7(6) – Sistema Viário

Verifica-se que os principais vetores de expansão urbana que pressionam a AIE Canoas se dão as margens das rodovias Tancredo de Almeida Neto e João traficante próximos à área urbana consolidada. Menos expressivamente na rodovia Tancredo de Almeida Neto próximo à divisa com Claraval MG e ao longo da Estrada do Paiolzinho com desmembramentos de em condomínios de chácaras existentes, além de outros núcleos urbanos (loteamentos) isolados. Na figura 3.7(7) apresenta-se os vetores e áreas sob pressão urbana.

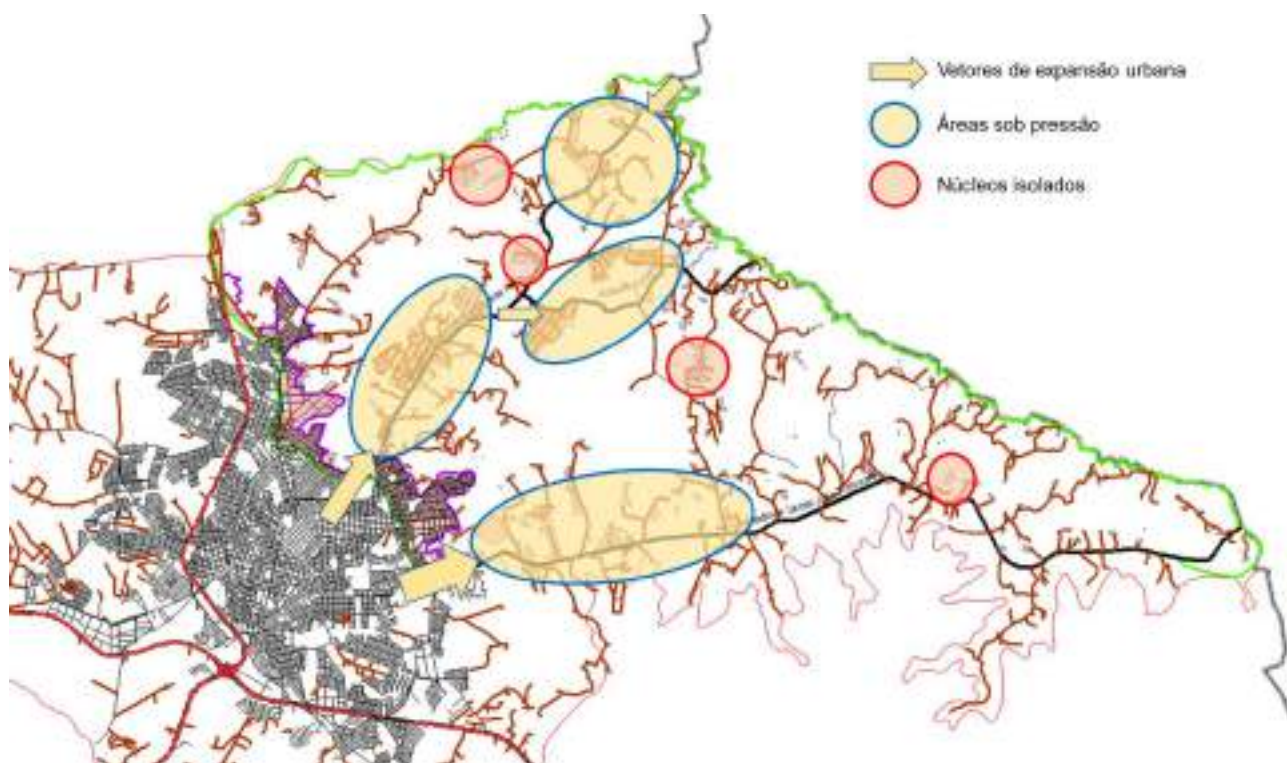


Figura 3.7(7) – Vetores de expansão urbana

Apesar desta pressão, principalmente dos últimos anos, o que se verificou ao longo destas últimas 3 décadas desde a promulgação da lei que instituiu a AIE Canoas em 1992 é que a expansão urbana no município de Franca tem respeitado, dentro de certos limites, a barreira imposta pelo poder público no sentido de preservar o manancial de abastecimento.

Ao analisarmos a curva de crescimento do percentual de urbanização na área a montante da captação da SABESP no Rio Canoas, por meio da série da coleção 7 do mapBiomas para o período de 1985 a 2021 (apresentada na figura 3.7(8)) verifica-se uma quebra da tendência de crescimento que coincide com à época da definição dos limites da AIE Canoas que se deu por meio de alteração da lei de 1992 em 1994.

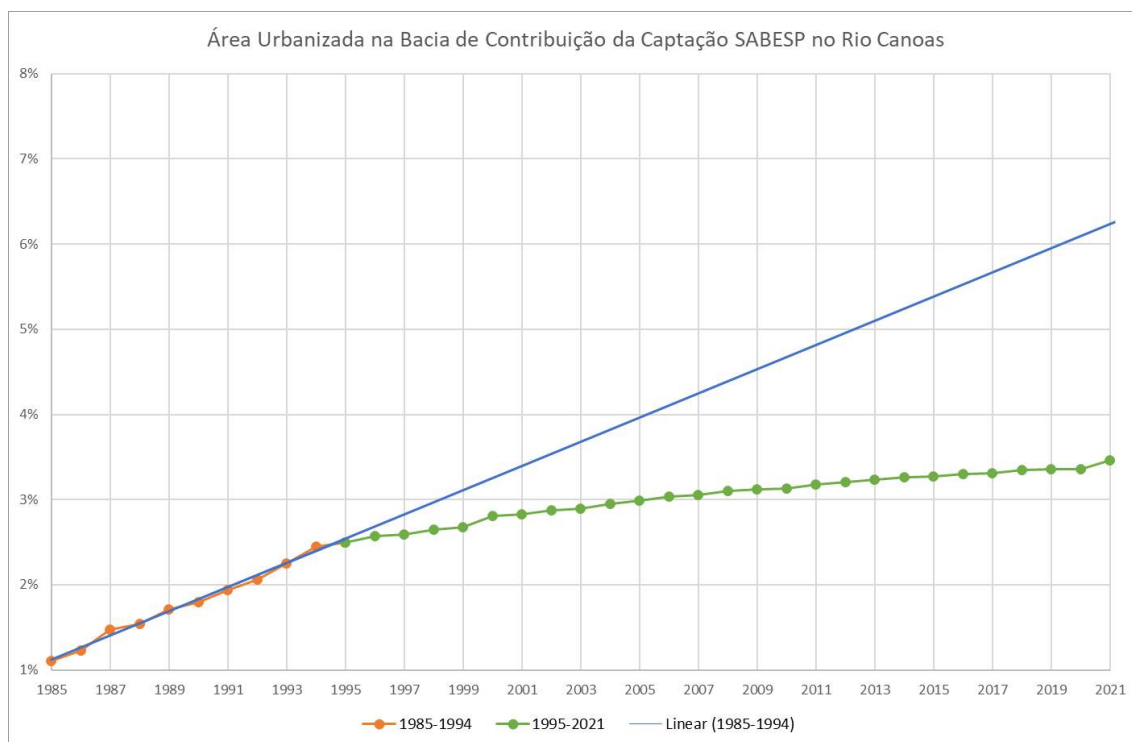


Figura 3.7(8) – Gráfico do percentual de área urbanizada na bacia de contribuição da captação da SABESP no Rio Canoas

Pela leitura da curva fica evidente o papel que a instituição da AIE Canoas teve no sentido de frear o crescimento da urbanização nessa área, que poderia ter atingido em torno do dobro de área urbanizada caso a tendência tivesse se mantido (linha azul na figura 3.7(8)). Isso torna-se ainda mais claro quando analisado conjuntamente com o que ocorreu na área do município que fora definida como área de expansão quando da implementação do Plano Diretor Municipal em 2003, o que pode ser analisado na figura 3.7(9).

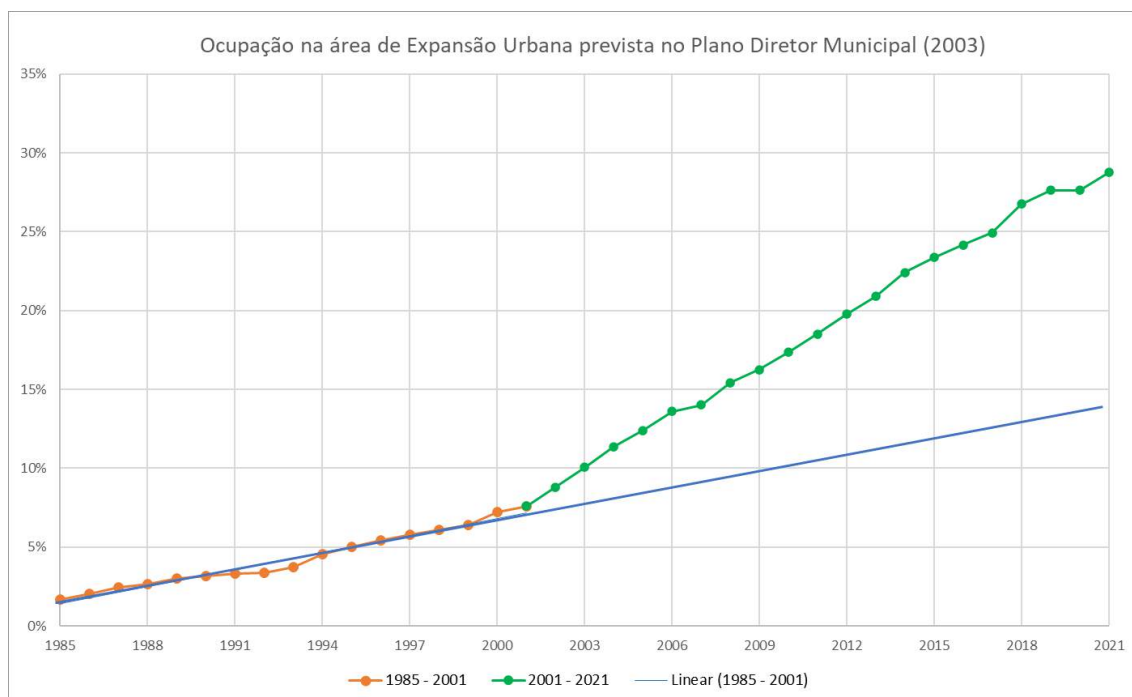


Figura 3.7(9) – Gráfico do percentual de área urbanizada na área de expansão urbana prevista no Plano Diretor Municipal (2003)

Neste caso o que se verificou foi um aumento na tendência da expansão, praticamente fazendo com que se atingisse o dobro da expansão da tendência anterior.

Assim poder-se-ia esperar um crescimento ainda maior do que a tendência apresentava antes da instituição da AIE Canoas para aquela área caso nada fosse feito no sentido de impedir o crescimento para região.

Apesar desta bacia possuir parte de sua área nos municípios de Ibiraci e Claraval em MG, fora da proteção da AIE Canoas, isso não foi relevante pois trata-se de municípios de menor porte e cuja expansão urbana é pequena e ainda estão longe de impactar a área do manancial.

Comportamento parecido ocorreu na bacia de contribuição da captação da SABESP no Rio Pouso Alegre (figura 3.7(10)) que também tem a sua porção no município de Franca protegida pela AIE Canoas. Entretanto uma descontinuidade é observada na curva de crescimento do percentual de urbanização no ano de 2000, mas a explicação para esta descontinuidade encontra-se na implantação de um grande condomínio residencial na

porção de Cristais Paulista da bacia que não é protegida pela AIE Canoas que se restringe ao município de Franca.

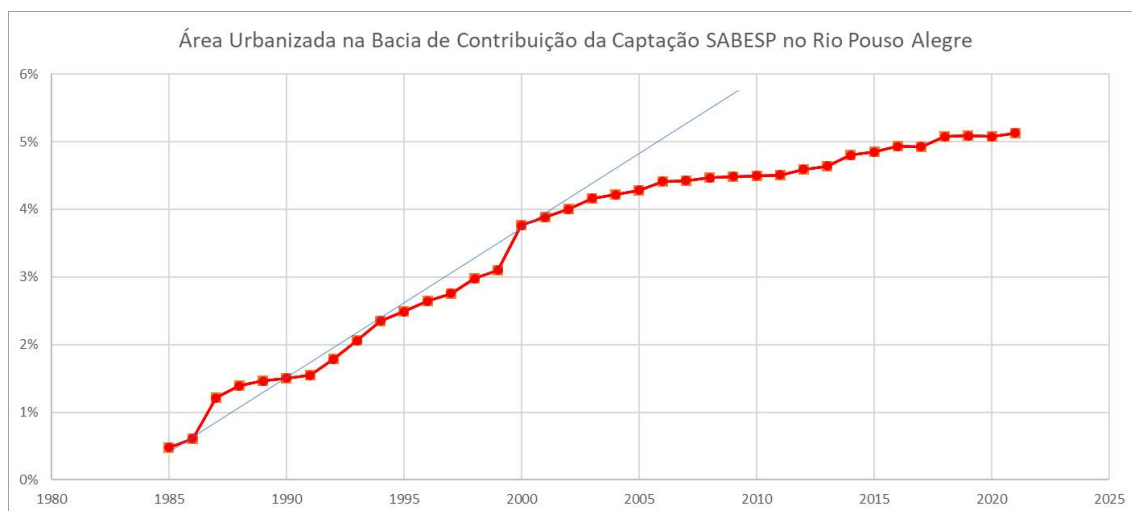


Figura 3.7(10) – Gráfico do percentual de área urbanizada na bacia de contribuição da captação da SABESP no Rio Pouso Alegre

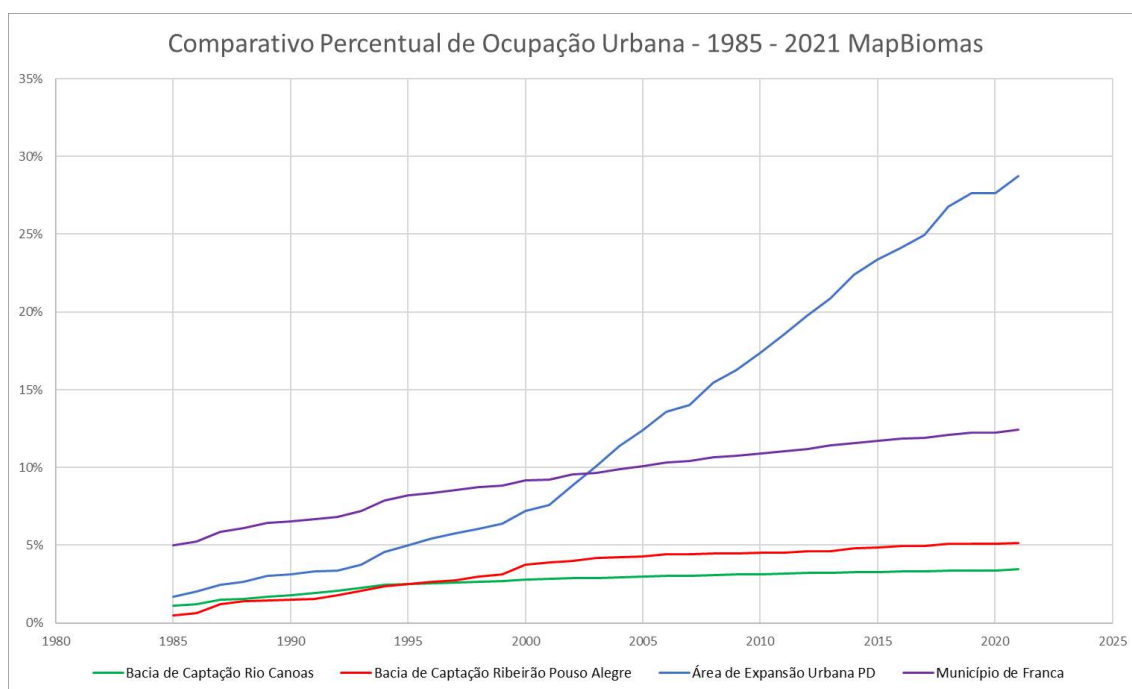


Figura 3.7(11) – Gráfico comparativo do crescimento do percentual de área urbanizada

Pode-se considerar como de grande efetividade a aplicação do instrumento de política pública de implantação da AIE Canoas no sentido de preservar os mananciais de

abastecimento da ocupação urbana desenfreada, como se observa na quebra de tendência de crescimento das curvas de percentuais de ocupação urbana.

Analisando a curva de crescimento na área prevista como expansão urbana no plano diretor e aplicando a média daquelas taxas à AIE Canoas poderíamos estimar que as áreas de mananciais teriam atualmente uma ocupação entre 15,3 e 18,7%, se considerarmos um intervalo de 10% para mais ou menos para menos, como vemos na figura 3.7(12).

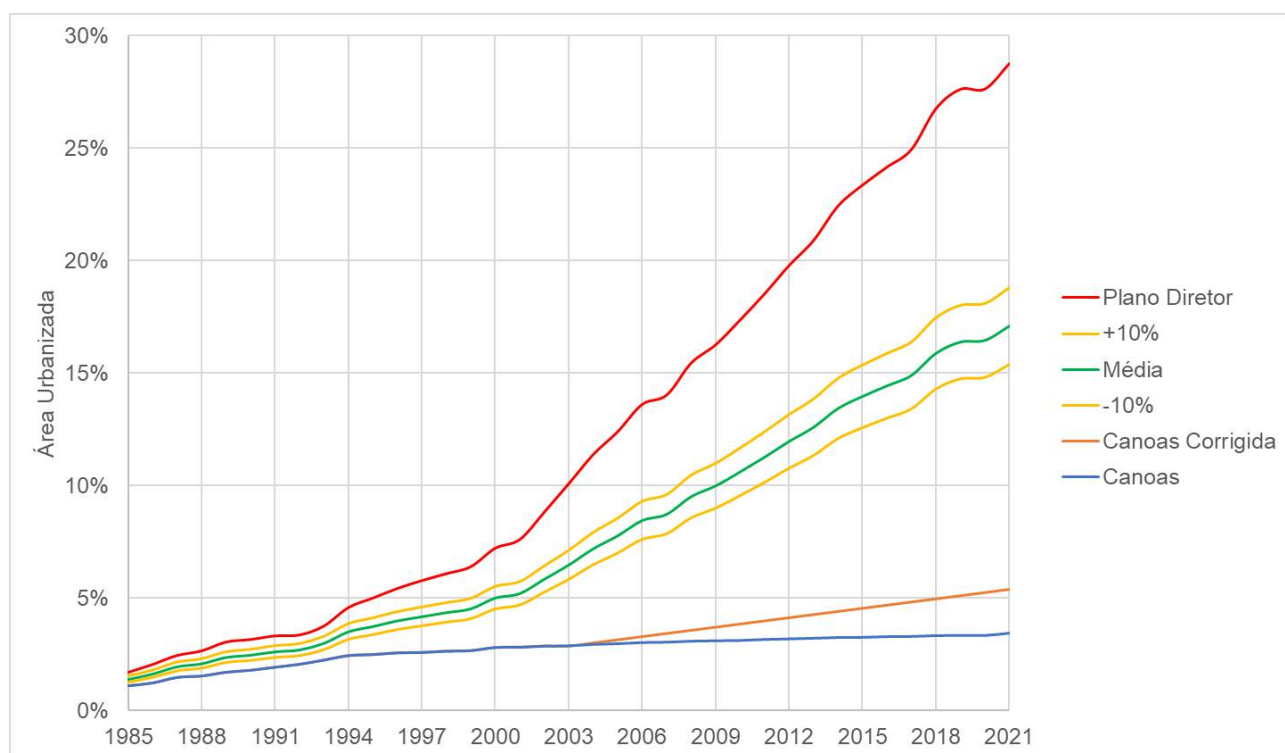


Figura 3.7(12) – Comparativo do crescimento da urbanização na área de contribuição da captação da SABESP no Rio Canoas e na área de expansão urbana prevista no plano diretor e taxa média de urbanização entre as áreas

3.8. Uso e ocupação do solo

Para o mapeamento do uso e ocupação do solo, adotou-se como critério o Sistema de Classificação de Uso da Terra (SCUT), conforme proposto no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), com três divisões: Classe, Subclasse e Unidade. Para o presente relatório, os dados são apresentados ao nível de Subclasse. Como referência, utilizou-se uma imagem CBERS 4A, para o dia 06 de junho de 2022, conforme já descrito na seção 3.1.1. Além dessa imagem, foram utilizados também diferentes mapas-base para buscar compreender as variações sazonais de uso, principalmente para o caso de culturas temporárias, incluindo o Google Maps e Bing Maps, além dos mapas base disponibilizados pela Planet, no âmbito do programa NICFI (Norway's International Climate & Forests Initiative). Os mapas-base Planet estão disponíveis em composições mensais, trimestrais ou semestrais, com resolução espacial aproximada de 3 metros, permitindo observar as variações de uso de forma detalhada. Os demais mapas-bases possuem resoluções espacial de até 30 centímetros, mas com disponibilidade temporal limitada.

A Figura 3.8(1) apresenta o mapa resultante do processo de classificação usando o SCUT, em nível de Subclasse. Buscando mostrar de forma mais detalhada o mapeamento realizado, foram feitos alguns destaques sobre a região. O mapeamento foi realizado com a escala limitada ao máximo de 1:8.000, com boa parte das áreas sendo avaliadas para escalas da ordem de 1:1.000. O mapa de Uso e Ocupação é disponibilizado no anexo 3.8(1).

Os detalhes indicam algumas regiões importantes da bacia, como a porção noroeste, que concentra, em grande parte, a cafeicultura (cultura permanente). Já na porção central, é dado destaque à algumas das áreas urbanizadas que sofreram expansão recentemente, justamente em um dos vetores de expansão urbana mais importantes, ao longo da Rodovia Tancredo Neves. Nessa porção, também merece destaque a presença de culturas temporárias, dominadas pela cana de açúcar, que vem avançando e substituindo a cafeicultura na região. Na porção centro-sul, é dado destaque para áreas com a presença de silvicultura e para áreas urbanas em processo de expansão, nas proximidades das Rodovia João traficante. Na porção centro-leste, observa-se a ocorrência de vegetação natural ao longo das áreas de Cuestas, com a presença de APPs de encosta.

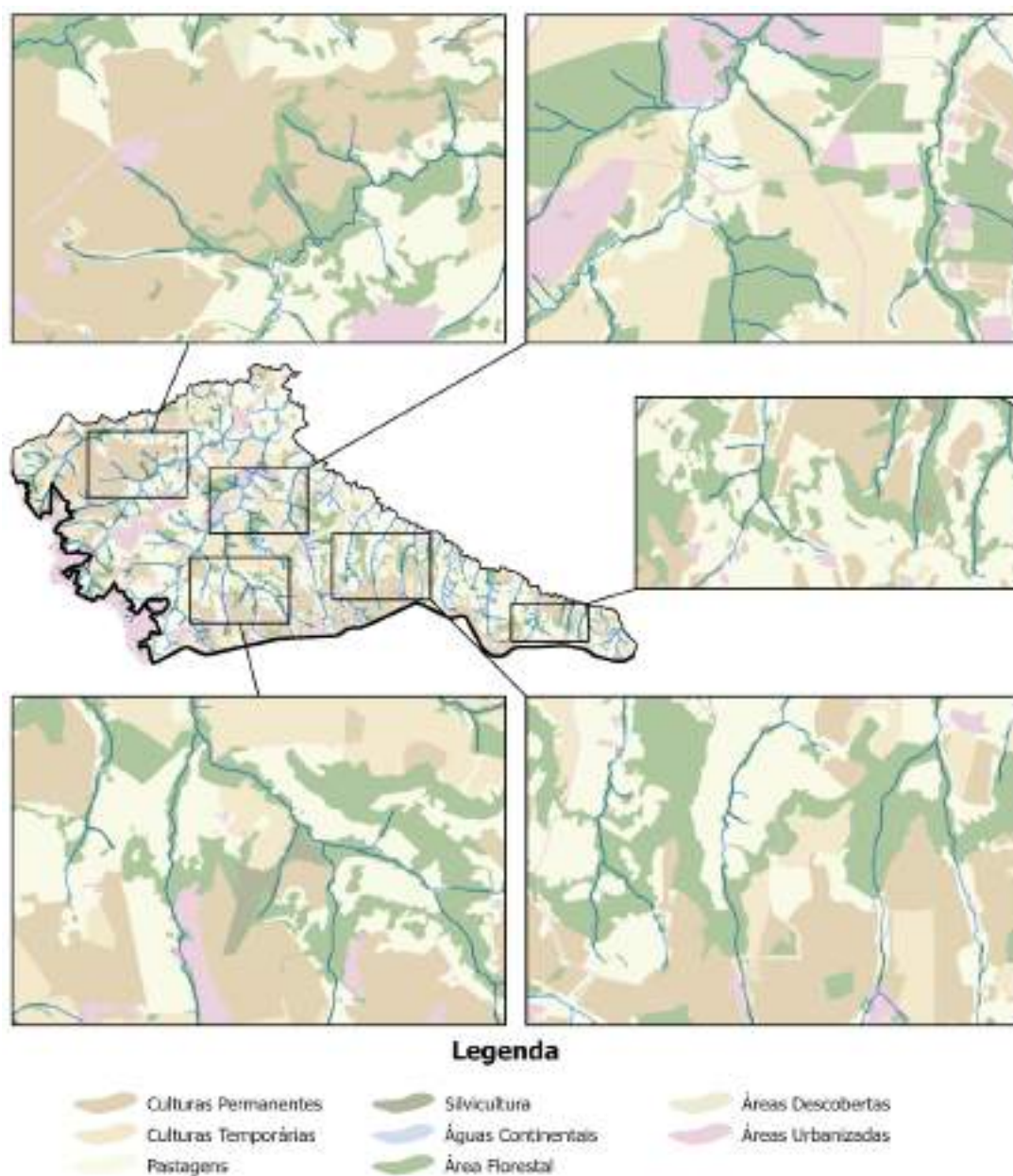


Figura 3.8(1) – Uso e ocupação do solo na região em estudo, com destaques para algumas áreas da bacia.

Um resumo dos usos é apresentado na Tabela 3.8(1) e na Figura 3.8(2). Observa-se a predominância das áreas de pastagem na área da bacia (em torno de 6 mil hectares), que conta também com uma boa parcela da área com cobertura vegetal (valores giram em torno de 4,5 mil hectares). As culturas, integrando-se as temporárias e permanentes, ocupam também área equivalente 6 mil hectares. Merece destaque aqui a área ocupada por áreas urbanizadas (2040 Hectares), que englobam desde as áreas urbanas com alta densidade

demográfica (pouca área permeável) até áreas com menor impermeabilização, além das rodovias que cortam a região.

Tabela 3.8(1): Área total de usos por subclasses

Subclasse	Área total (Ha)	Percentual
Águas Continentais	19,04	0,10%
Área Florestal	4497,38	23,51%
Áreas Descobertas	348,96	1,82%
Áreas Urbanizadas	2040,63	10,67%
Culturas Permanentes	3613,47	18,89%
Culturas Temporárias	2381,13	12,45%
Pastagens	6046,27	31,61%
Silvicultura	179,70	0,94%

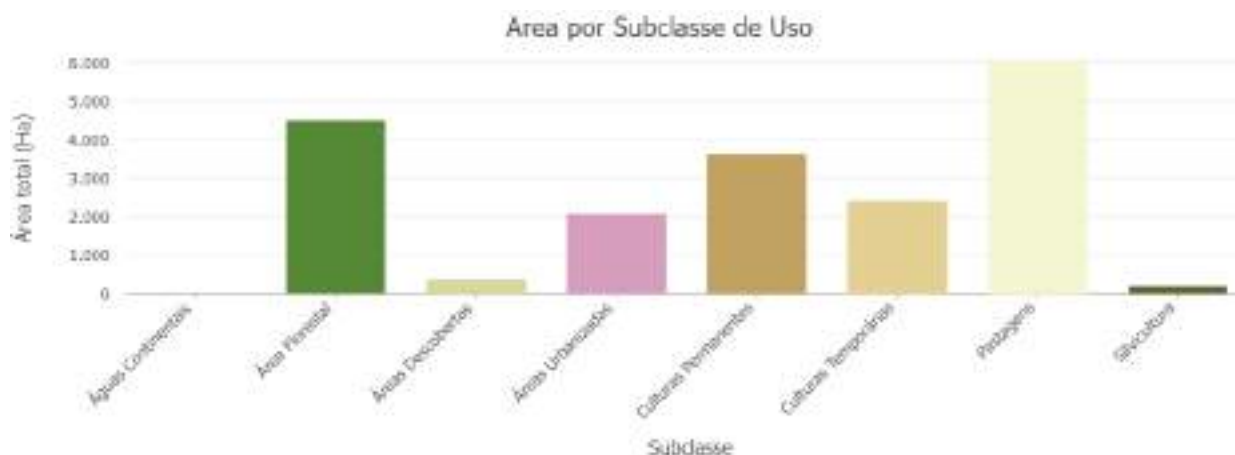


Figura 3.8(2) – Gráfico com o resumo das áreas de cada subclasse de uso da terra.

Observou-se, conforme já detalhado na análise da evolução da área urbana (seção, um avanço em anos recentes nas áreas urbanas principalmente pela criação de novos loteamentos. Em uma comparação com o levantamento feito por Bertelli (2021), que obteve valores de 1366 hectares para as áreas urbanizadas, mesmo considerando haver diferenças tanto na metodologia do mapeamento como na definição do limite das áreas ou mesmo na diferenciação entre áreas urbanas, condomínios de chácaras e propriedades rurais, o levantamento atual sugere uma expansão rápida em anos recentes, com aumento de aproximadamente 50% na comparação com o estudo dos autores mencionados. De forma similar, considerando o levantamento de uso da terra realizado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento sustentável (FBDS) para o município de Franca em 2018, os valores para a área urbana totalizam 1516 hectares, ante valores superiores a 2000 hectares

encontrados no presente estudo. Portanto, ainda nesse caso, as diferenças para o levantamento atual são da ordem de 37%, reforçando a tendência de aumento das áreas urbanizadas em anos recentes.

Neste trabalho também se utilizou do mapeamento da coleção 7 do mapBiomas para as estimativas das taxas de urbanização ao longo do período de 1985 e 2021, bem como para analisar as áreas dos municípios de Claraval e Ibiraci que contribuem para a captação da SABESP no Rio Canoas e do município de Cristais Paulista que contribuem para a Captação da SABESP no Ribeirão Pouso Alegre. A figura 3.8(3) apresenta o uso e ocupação da coleção 7 do mapBiomas para o ano de 2021 nessas áreas, no anexo 3.8(2) apresenta-se o mapa de uso e ocupação da coleção 7 do mapBiomas.

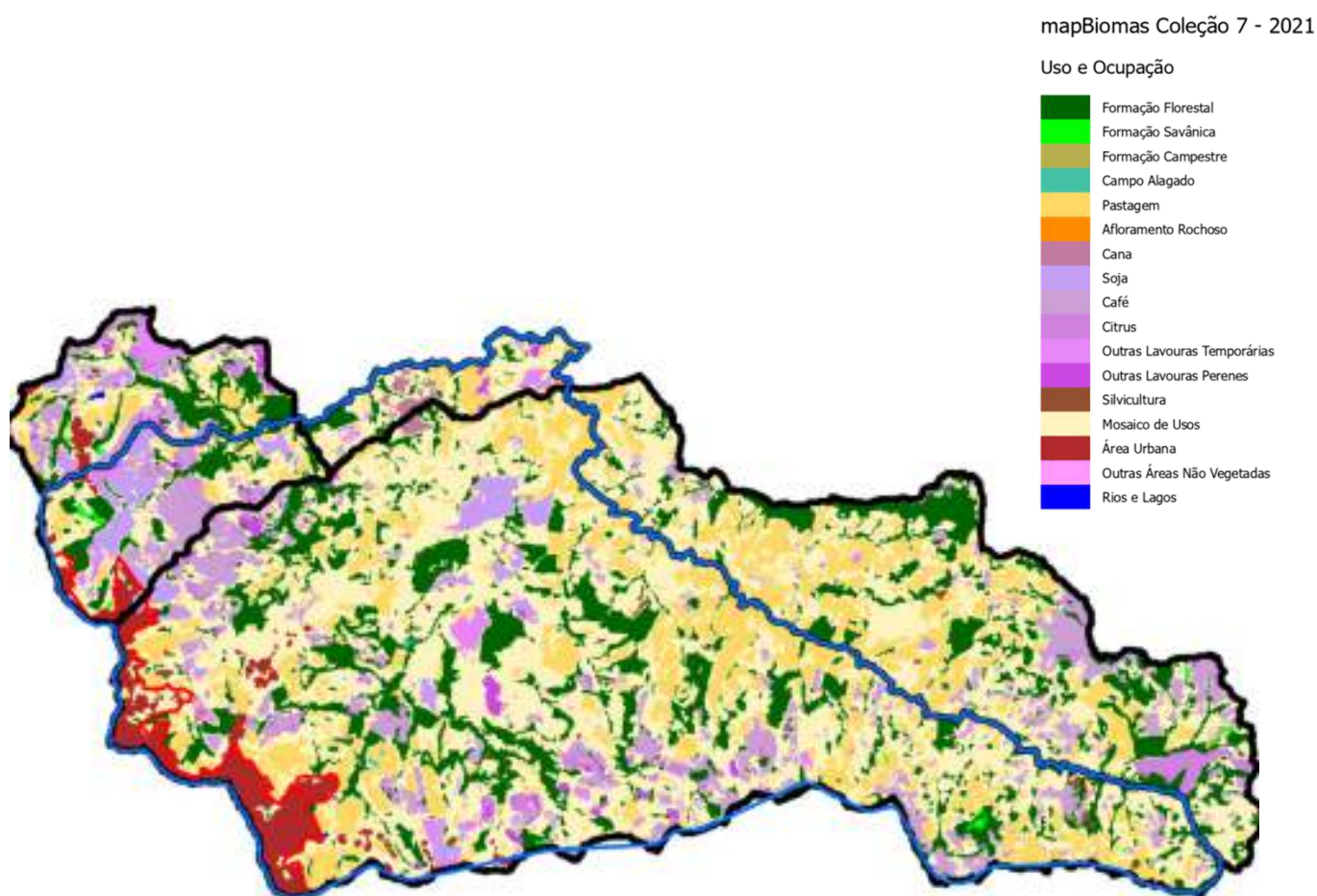


Figura 3.8(3) – Mapa de Uso e Ocupação Coleção 7 mapBiomas 2021

3.9. Estimativa de produção de sedimentos

A erosão e a retenção de sedimentos terrestres são processos naturais que governam a concentração de sedimentos em corpos hídricos. A dinâmica dos sedimentos na escala da bacia hidrográfica é determinada principalmente pelo clima (em particular pela intensidade da chuva), propriedades do solo, topografia e vegetação, bem como fatores antropogênicos, como atividades agrícolas e construção e operação de barragens. As principais fontes de sedimentos presentes em uma bacia hidrográfica incluem erosão superficial (partículas de solo destacadas e transportadas pela chuva e escoamento superficial), erosão de ravinas (de canais que concentram o escoamento), erosão de margens e deslizamentos de terra (Merritt et al. 2003).

A preservação de cobertura vegetal em uma bacia hidrográfica minimiza as alterações do ciclo hidrológico uma vez que permite a redução da velocidade e a quantidade do escoamento superficial por meio da facilitação da infiltração e da percolação da água no solo e a interceptação e retenção pela vegetação. Com isso, os processos erosivos devidos às chuvas principalmente são amenizados diminuindo a perda de solos e nutrientes bem como a turbidez e o assoreamento de corpos hídricos e preservação das margens (Figura 3.9(1)).

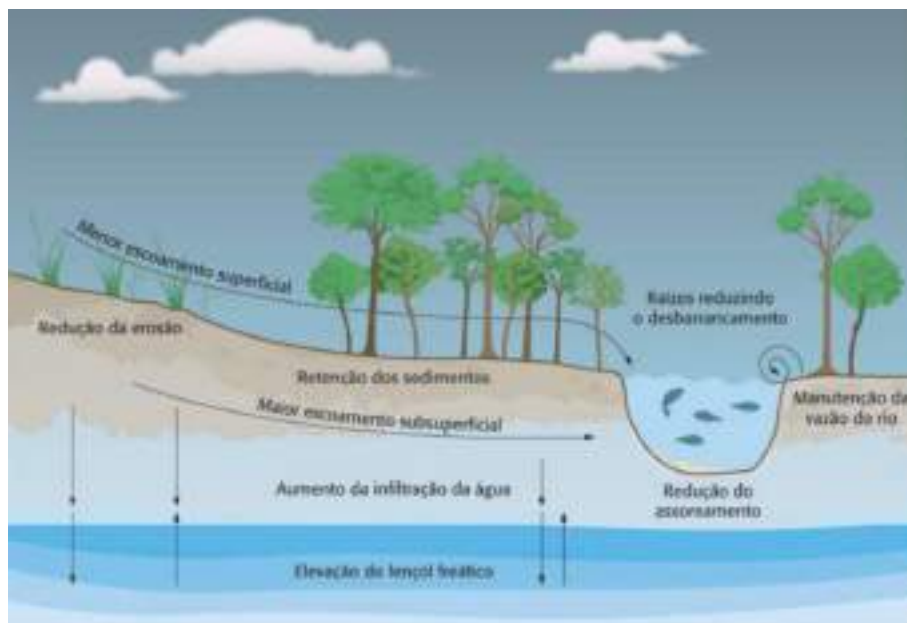


Figura 3.9(1) – Efeitos da cobertura vegetal em margens de rios

(ANA, 2021)

A erosão do solo, sedimentos suspensos e sedimentos depositados podem ter impactos em vários usuários em uma bacia hidrográfica (Keeler et al, 2012). Estes incluem, mas não estão limitados a:

- Redução da fertilidade do solo e redução da capacidade de retenção de água e nutrientes, impactando os agricultores;
- Aumento dos custos de tratamento para o abastecimento de água potável;
- Aumento no total de sólidos suspensos impactando a saúde e a distribuição de espécies aquáticas;

Para estimar a produção de sedimentos utilizou-se uma ferramenta da plataforma *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* (InVEST), desenvolvidos pelo Projeto Capital Natural (*Natural Capital Project*), da Universidade de Stanford, em colaboração com a Plataforma de Fundos de Água da América Latina. O InVEST é um conjunto de modelos de uso livre que operam em diferentes escalas, utilizando dados espaciais de uso e ocupação da terra, de variáveis climatológicas, de tipologias de solos, de topografia, entre outros.

Um dos modelos do InVEST é o *Sediment Delivery Ratio* (SDR), utilizado para calcular a geração, retenção e transporte de sedimentos na paisagem e em corpos hídricos. Para estas funções, o SDR baseia-se na abordagem proposta por Borselli *et al.* (2008), na qual, analisa cada pixel do conjunto de dados inserido, primeiramente pelo cálculo da quantidade de perda anual de solo em cada pixel, para então calcular a taxa de transporte de sedimentos (SDR), a qual representa a proporção da perda de solo que realmente atinge o ponto de interesse.

A metodologia (Figura 3.9(2)) adota os seguintes passos gerais:

- cálculo da taxa anual de erosão por pixel utilizando a Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (RUSLE);
- cálculo do índice de conectividade para cada pixel;
- cálculo da taxa de entrega de sedimentos por pixel;

- cálculo da carga de sedimentos por pixel,
- e por fim, a carga de sedimento total da bacia.

Destaca-se que a taxa de transporte de sedimento para cada pixel é dada em função da área de inclinação ascendente, caminho de fluxo descendente e fatores de gerenciamento dados pelas diferentes coberturas do solo.

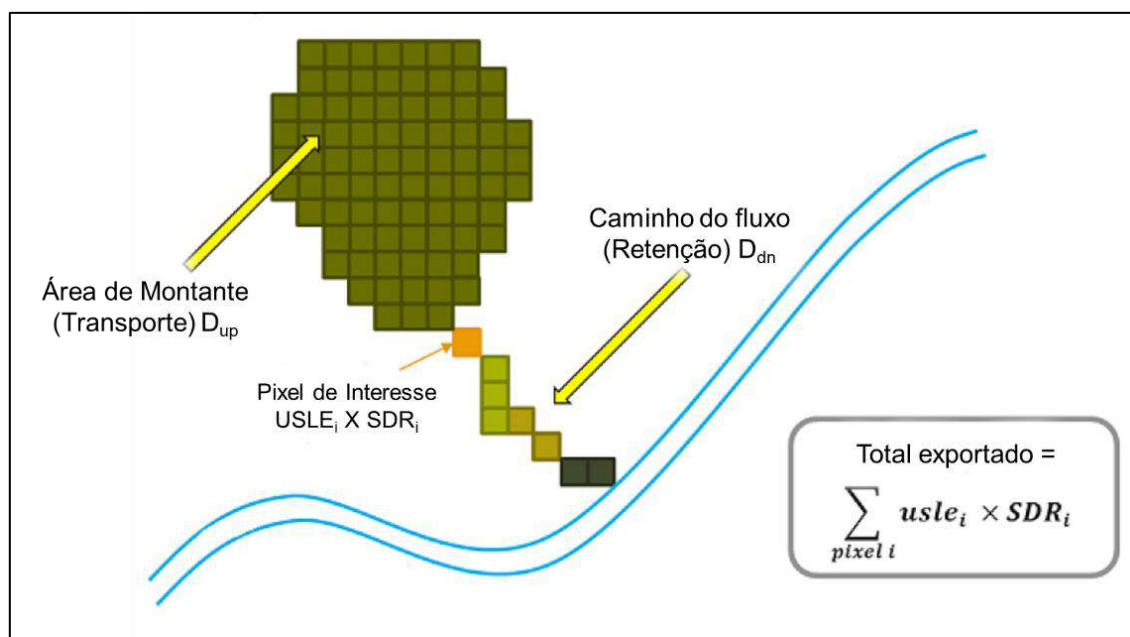


Figura 3.9(2) – Representação conceitual do SDR

(NCP InVEST, 2022)

Como dados de entrada para o modelo foram utilizados:

Modelo Digital de Elevação (MDE): obtido pela plataforma Earth Explorer do United States Geological Survey (USGS), o MDE utilizado, foi o da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), de 30 metros de resolução espacial. O MDE fornece os atributos topográficos primários e secundários utilizados pelo SDR, como: declividade, direção de fluxo e fluxo acumulado;

Índice de Erosividade da Chuva (Fator R): Especializado a partir de dados calculados por Teixeira (2019) para quatro estações pluviométricas do entorno da região de estudo. Na

tabela 3.9(1) apresentam-se os valores de erosividade utilizados e na figura 3.9(3) o mapa de erosividade com a localização das respectivas estações pluviométricas.

Tabela 3.9(1): Índices de Erosividade da chuva (MJ mm/(h ha ano))

Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
2047020	99	115	369	942	1319	1339	1280	1097	789	483	296	96	8224
2047017	1384	1174	1018	451	226	82	54	35	187	825	889	1307	7631
2047060	1631	1531	1222	515	259	116	53	53	214	767	1017	1714	9091
2047080	941	1130	986	391	291	60	73	51	276	712	987	1212	7110

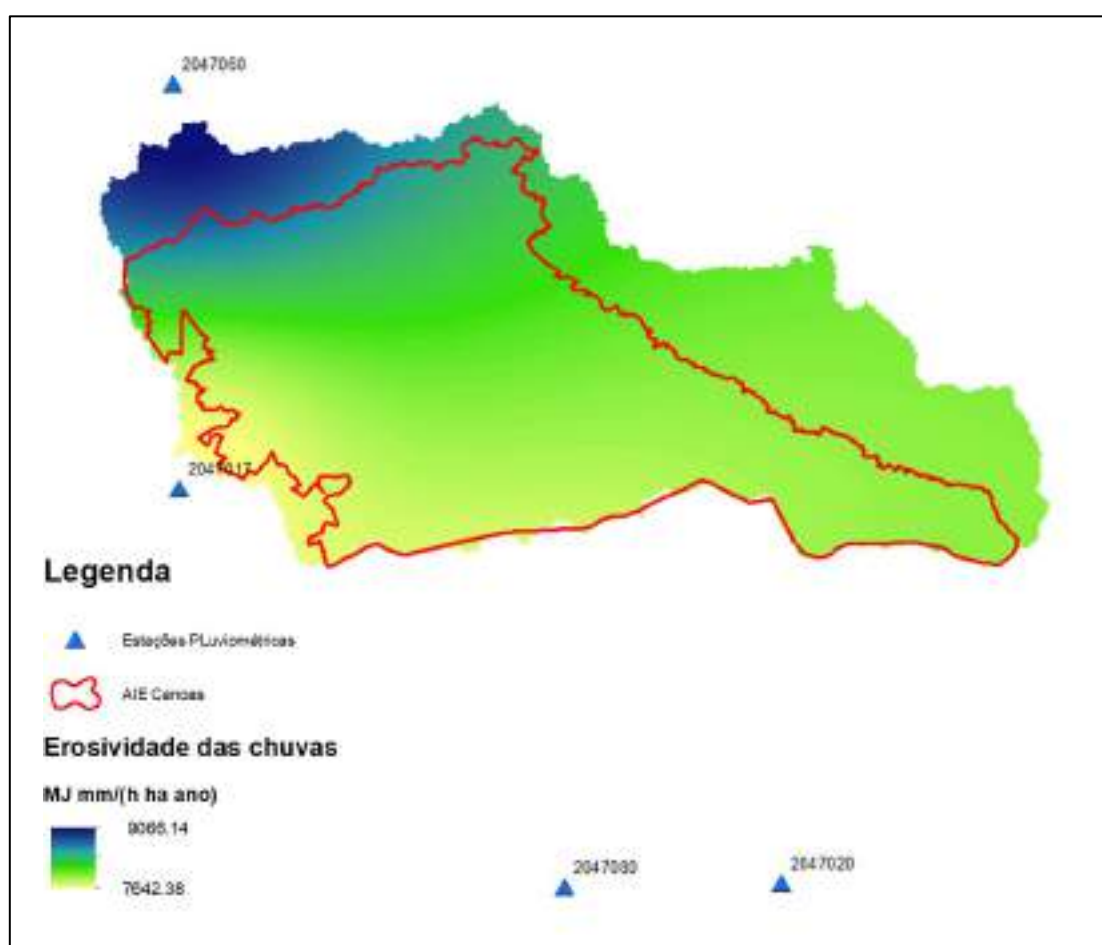


Figura 3.9(3) - Mapa de Erosividade da chuva anual (MJ mm/(h ha ano))

Erodibilidade do Solo (Fator K): a partir do mapeamento de solos, existente na base cartográfica deste projeto, as classes de solo receberam fatores K, encontrados na literatura e apresentados na tabela 3.9(2). A erodibilidade do solo é uma medida da suscetibilidade das partículas do solo ao desprendimento e transporte por agentes intempéricos, tais como vento, temperatura e água. A unidade de medidas utilizada é t h ha / (ha MJ mm).

Cobertura da Terra: obtido pela plataforma MapBiomass, o raster com 30 metros de resolução espacial, apresenta a espacialização da cobertura da terra em toda bacia de estudo. Para cada uma das classes encontradas, foram atribuídos índices de proteção, perda e capacidade de retenção do solo, obtidos na literatura por meio de uma tabela (csv) contendo informações de modelo correspondentes a cada uma das classes de uso do solo. Inclui um fator de gerenciamento de cobertura do solo (C) e um fator de práticas conservacionistas (P). A Tabela 3.9(3) apresenta os fatores C e P adotados para as classes de cobertura da terra.

Tabela 3.9(2) – Fatores K obtidos na literatura para cada tipo de solo

Tipo de Solo	Fator K
Argissolo Vermelho Eutroférico	0,035
Argissolo Vermelho-Escuro Distroférico	0,035
Argissolo Vermelho-Escuro eutrófico	0,035
Argissolo Vermelho-Escuro Eutrofico Regolítico	0,0228
Argissolo Vermelho-Escuro pseudo glei	0,035
Cambissolo Distrófico Regolítico	0,0433
Cambissolo Flúvico Melânico	0,0433
Cambissolo Háplico Distroférico	0,0254
Cambissolo Háplico Distrófico	0,0254
Gleissolo Gravitacional	0,01
LVAw - Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico	0,0263
LVdf - Latossolo Vermelho Distroférico	0,03
LVwf - Latossolo Vermelho Acriférico	0,0085
Neossolo Flúvico Gleico	0,046
Neossolo Flúvico Quartzarênico	0,08
Neossolo Regolítico distrófico gravitacional	0,08
Neossolo Regolítico Gravitacional	0,08
RQo - Neossolo Quartzarênico Órtico	0,1448

Tabela 3.9(3) – Fatores C e P obtidos na literatura para cada classe de cobertura da terra

COD	Classe de Uso	Fator C	Fator P
3	Formação Florestal	0,001	1
4	Formação Savânica	0,01	1
9	Floresta Plantada	0,01	1
11	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,001	1
12	Formação Campestre	0,01	1
15	Pastagem	0,4	1
20	Cana	0,2	0,5
21	Mosaico de Agricultura e Pastagem	0,4	1
24	Área Urbanizada	0,9	0
25	Outras Áreas não vegetadas	0,25	1
29	Afloramento Rochoso	0,25	1
33	Rio, Lago	0,00	1
39	Soja	0,2	0,5
41	Outras Lavouras Temporárias	0,2	0,5
46	Café	0,2	0,5
47	Citrus	0,2	0,5
48	Outras Lavouras Perenes	0,2	0,5

Constantes do modelo: os demais parâmetros (índice de conectividade hidrológica (IC_0); parâmetro Borselli K_b ; e SDR_{max} que corresponde a fração das partículas da camada superficial do solo mais finas do que a areia grossa) são, reconhecidamente, de difícil obtenção. Por isso, a documentação do SDR, sugere como partida do modelo os respectivos valores: 0,5; 2 e 0,8.

Infelizmente, na área de estudo não encontramos uma série de observações de valores de sólidos em suspensão que pudesse ser utilizada para a calibração do modelo SDR por meio de suas constantes IC_0 e K_b que são parâmetros de calibração que definem a relação entre o índice de conectividade e a razão de entrega de sedimentos (SDR). Assim também não se pode corresponder os valores de turbidez com os valores estimados de sedimentos produzidos. Desta forma, priorizou-se uma avaliação mais qualitativa do que quantitativa da produção de sedimentos.

Como resultado da modelagem de produção de sedimentos o modelo fornece:

Mapa do potencial de produção de sedimentos em toneladas por pixel, a partir da equação RUSLE, equivalente ao solo nu, sem a aplicação dos fatores C e P. Na figura 3.9(4) apresentamos o potencial de produção de sedimentos da bacia.

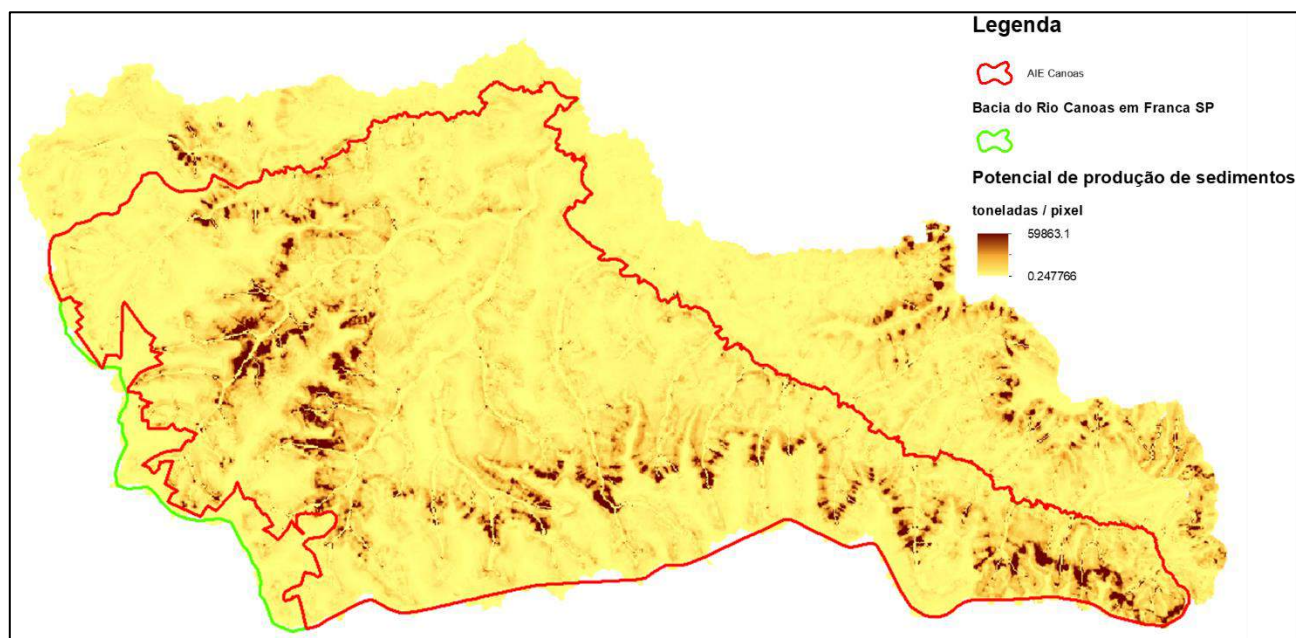


Figura 3.9(4) – Potencial de produção de sedimentos (t/pixel)

Mapa de produção de sedimentos em toneladas por pixel, a partir da equação RUSLE. Na figura 3.9(5) apresentamos o mapa de produção de sedimentos da bacia.

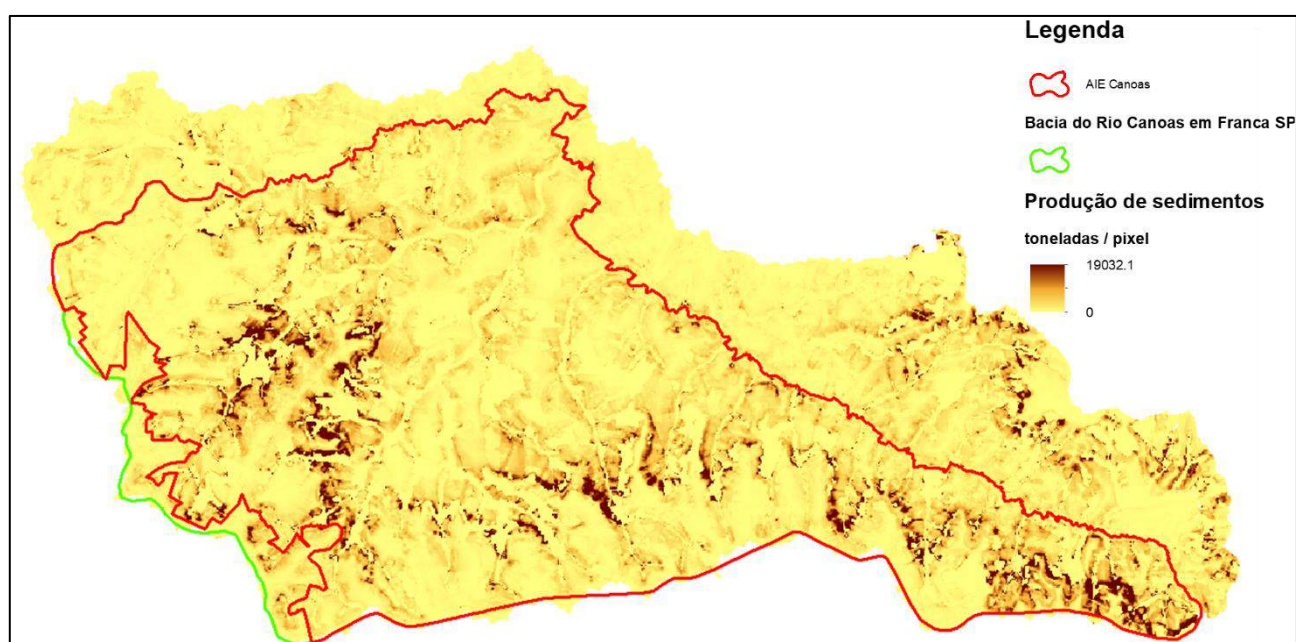


Figura 3.9(5) – Produção de sedimentos (t/pixel)

A quantidade total de sedimento exportado de cada pixel que atinge o fluxo em toneladas por pixel. Na figura 3.9(6) apresentamos o mapa de quantidade total de sedimentos exportados.

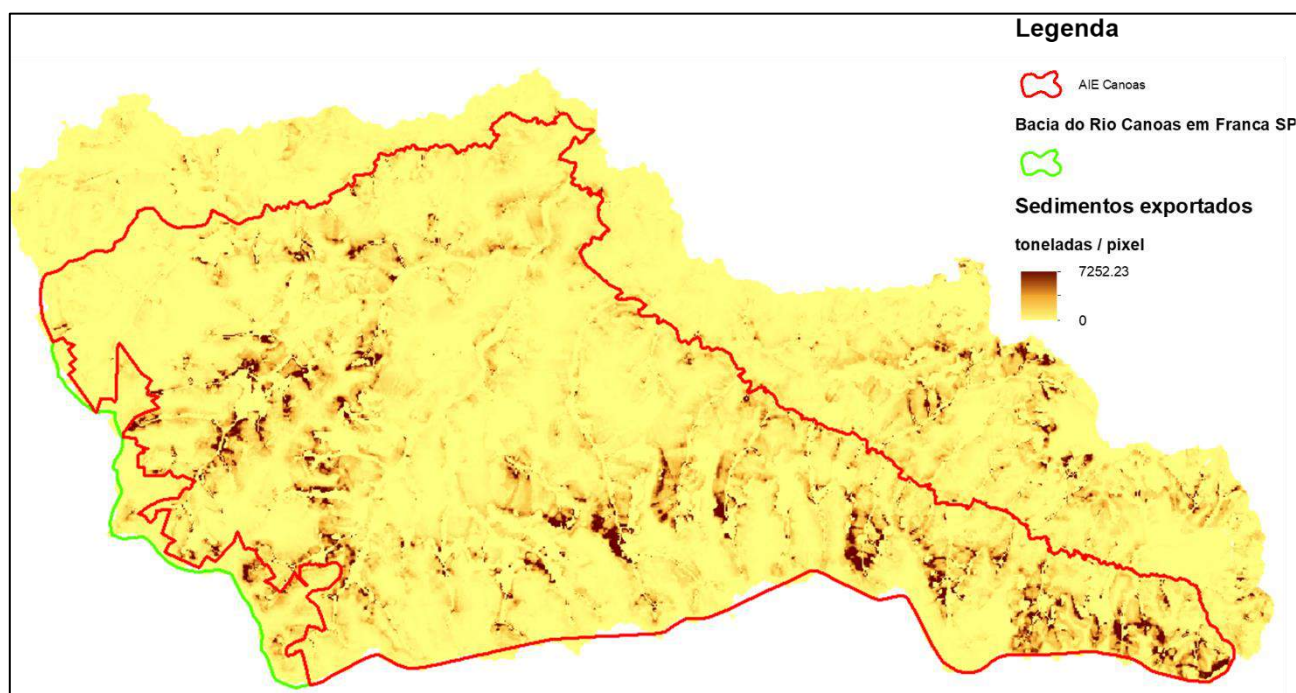


Figura 3.9(6) –Sedimentos exportados (t/pixel)

A quantidade total de sedimentos depositados no pixel a partir de fontes ascendentes como resultado do aprisionamento em toneladas por pixel. Na figura 3.9(7) apresentamos o mapa de quantidade total de sedimentos depositados.

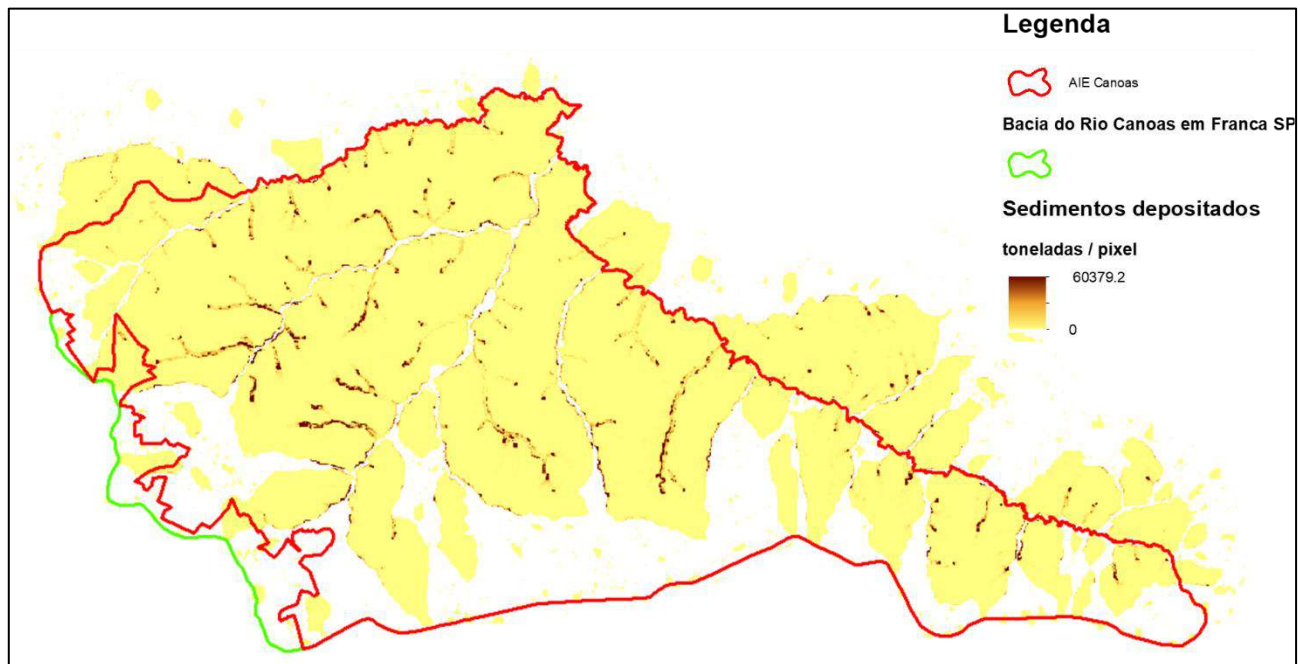


Figura 3.9(7) –Sedimentos depositados (t/pixel)

Para avaliação da retenção de sedimentos são fornecidas duas saídas pelo modelo:

Erosão evitada - Contribuição da vegetação para reduzir a erosão de um pixel. Em outras palavras, valorizando a vegetação para não permitir que a erosão aconteça em primeiro lugar. Isso indica o serviço ecossistêmico do ponto de vista da perda local de solo, o que seria interessante, por exemplo, em áreas agrícolas onde a retenção do solo superficial é importante. Na figura 3.9(8) apresentamos o mapa de erosão evitada.

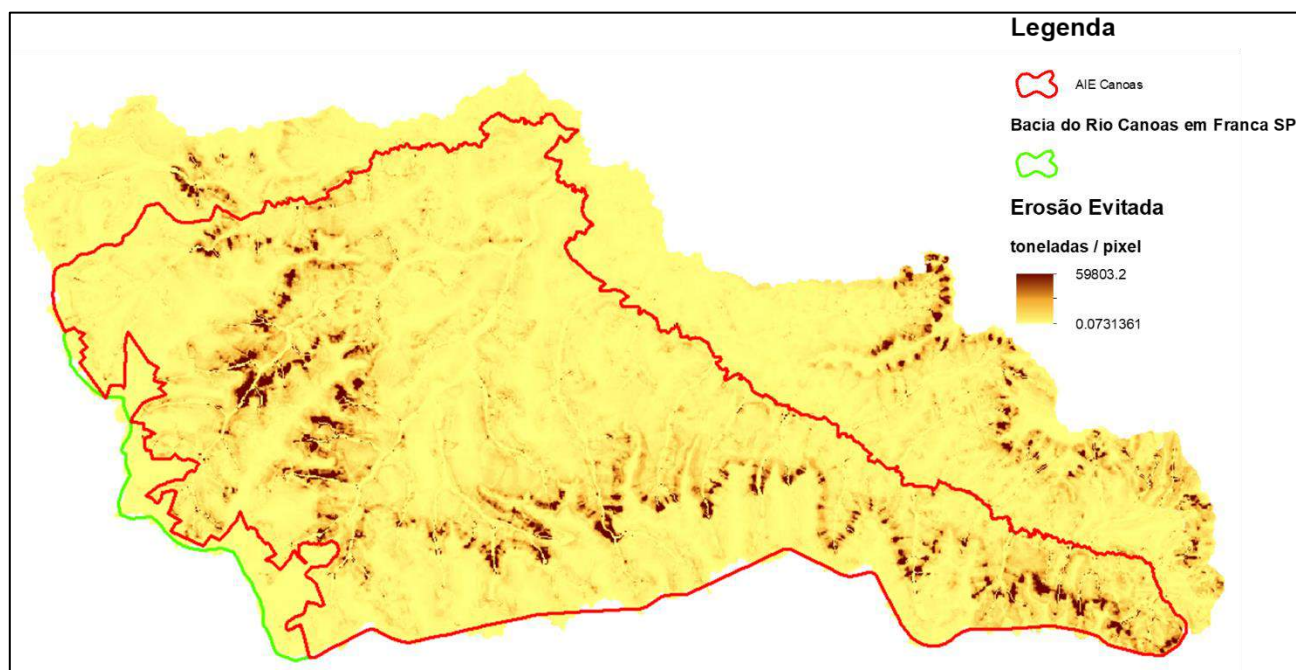


Figura 3.9(8) –Erosão evitada (t/pixel)

Exportação evitada - A contribuição da vegetação para evitar a erosão de um pixel, bem como o aprisionamento de sedimentos originados na encosta do pixel, de modo que nenhum deles desça a encosta para entrar em um córrego. Isso também pode ser considerado como o sedimento total retido no pixel. A exportação evitada indica o serviço ecossistêmico do ponto de vista de um usuário de água a jusante, que se beneficiaria de manter os sedimentos fora do córrego, que está usando a água para algum tipo de consumo. Na figura 3.9(9) apresentamos o mapa de exportação de sedimentos evitada.

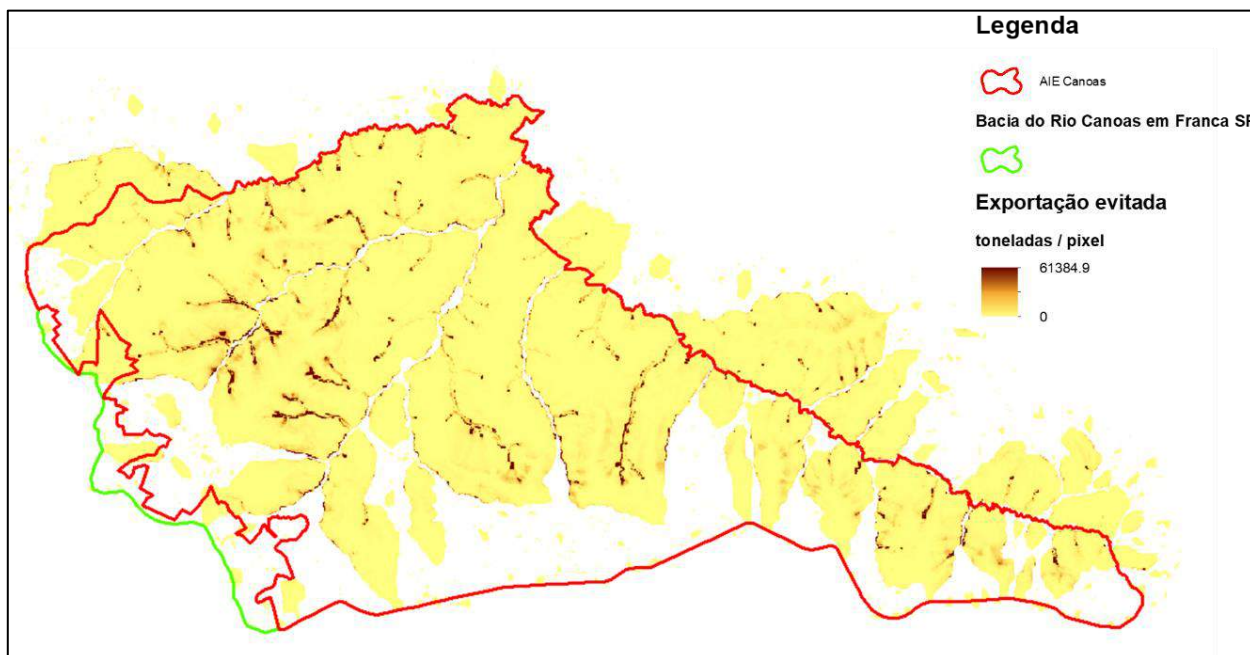


Figura 3.9(9) –Exportação evitada (t/pixel)

Os valores calculados pelo modelo para cada pixel podem ser agregados por sub-bacias. Na figura 3.9(10) apresentamos a taxa de produção de sedimentos em t / ha ano. Na tabela 3.9(4) são apresentados os valores totais agregados por sub-bacias calculados pelo modelo SDR.

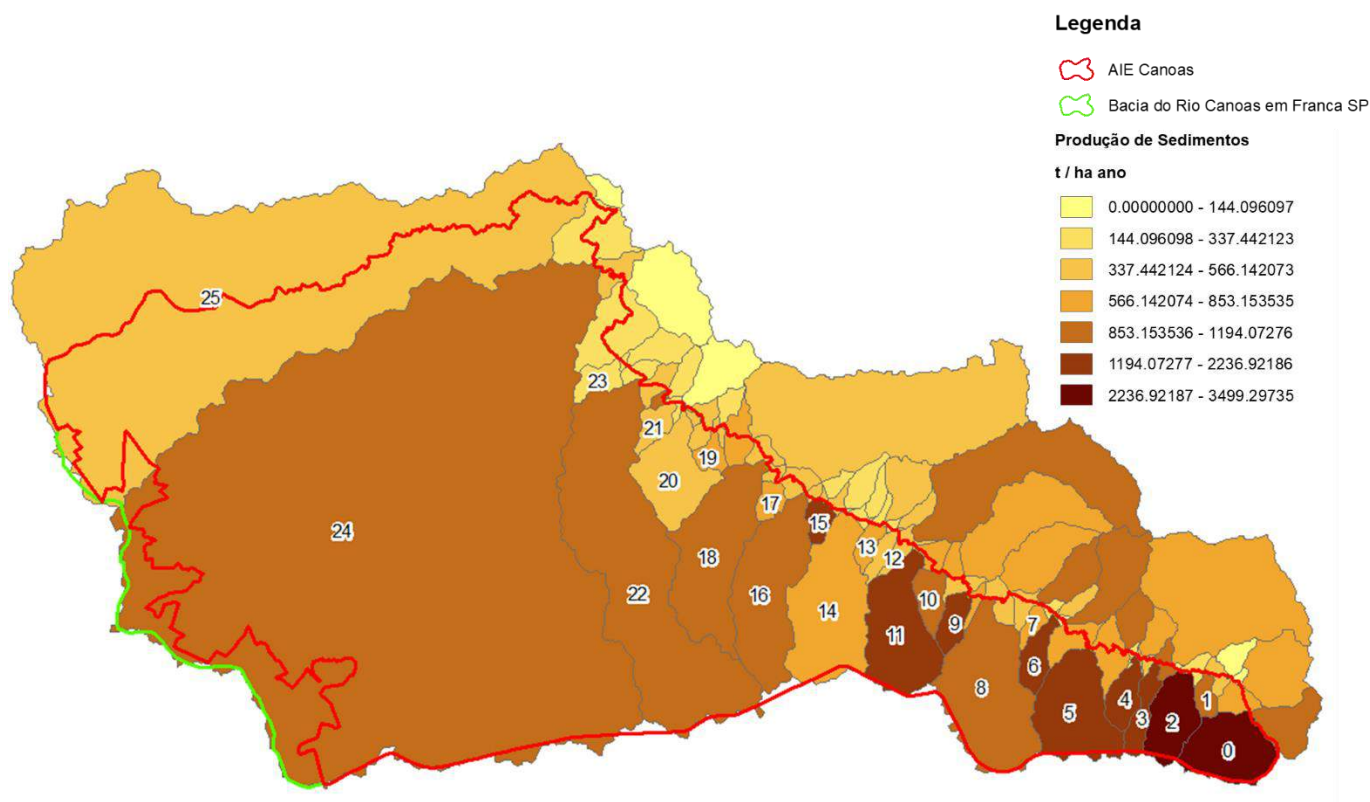


Figura 3.9(10) – Taxa de produção de sedimentos (t / ha ano)

Tabela 3.9(4): Valores totais agregados por sub-bacias calculados pelo modelo SDR

ID	Perda de solos (t)	Sedimentos exportados (t)	Sedimentos depositados (t)	Exportações evitadas (t)	Erosão evitada (t)
0	743229.5	97777.6	1396.5	17892.0	1755079.3
1	48381.6	8062.7	38576.4	55264.2	108563.8
2	673299.4	84863.2	213794.3	284350.8	1412253.8
3	173068.0	21882.7	4465.3	22939.5	639850.8
4	169762.3	15751.9	7246.8	75723.4	877855.2
5	845477.8	122481.4	197218.8	333111.6	2342093.0
6	128749.9	21255.4	108152.5	153155.8	272012.8
7	24071.0	3274.1	14197.7	20046.5	43251.8
8	636867.5	104635.2	181728.6	318155.5	1951837.9
9	131713.3	16006.7	111630.8	142875.7	259676.3
10	81734.3	10943.0	53781.3	75052.9	205235.8
11	576851.6	117330.8	90311.1	204517.4	1355060.0
12	22293.0	4285.4	20807.0	30691.1	82379.4
13	31101.5	5145.8	6054.6	14318.7	64388.6
14	327586.8	44208.4	21603.1	77528.7	1568679.0
15	76890.8	7415.4	50187.4	61462.5	117734.3

16	560682.6	92136.6	84765.5	161280.5	1668968.9
17	41955.9	8800.4	29567.0	42963.9	65125.3
18	616626.9	87004.7	531248.2	739900.7	1737531.8
19	35636.5	5583.7	32287.0	41051.7	57506.0
20	110116.3	10351.5	104481.9	125772.4	274613.1
21	34053.1	3557.2	27379.4	33199.1	57164.6
22	1407477.1	192887.8	402696.5	629676.1	3974175.1
23	13641.4	1839.0	10494.0	13797.4	32620.3
24	9501732.6	1186807.0	4949774.3	7371615.5	30828212.3
25	1774942.1	176426.9	912591.8	1357276.4	7306174.5

A alta taxa de produção de sedimentos por hectares ano apontado pelo modelo na região de cabeceira do Rio Canoas (sub-bacia 0) encontra correspondência com o forte processo erosivo presente na área e que fora identificado no procedimento de validação de dados com as visitas de campo como pode ser observado na figura 3.9(11).



Figura 3.9(11) – Fotografia de processo erosivo identificado na região de cabeceira do rio Canoas

Os parâmetros e resultados do modelo de produção de sedimentos são apresentados no anexo digital 3.9(1).

3.10. Áreas protegidas

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) foram definidas com base no traçado atualizado da hidrografia, das nascentes e da observação de reservatórios ao longo dos cursos d'água. A largura média dos cursos d'água foi observada diretamente sobre as imagens e mapas-base utilizados no trabalho, incluindo os levantamentos com drone. Para este caso, apenas na parte final da bacia foram identificados canais com mais de 10 metros, de modo que, a partir da junção do Rio Canoas com o Ribeirão da Onça e que a largura da área de proteção adotada passa a ser de 50 metros.

Também foram determinadas as APPs de Encosta, que são definidas como as áreas com declividade superior a 45° (cf. Código Florestal, lei 12.651/2012). Essas áreas só puderam ser definidas com base no Modelo Digital de Superfície elaborado pela Emplasa (2015), com resolução espacial aproximada de 5 metros. No momento de validação, foi possível constatar a presença efetiva dessas áreas ao longo do contorno das Cuestas Basálticas, conforme pode ser visto na Figura 3.10(2). Não foram identificadas APPs de Topo de Morro na região para qualquer um dos modelos de terreno adotados.



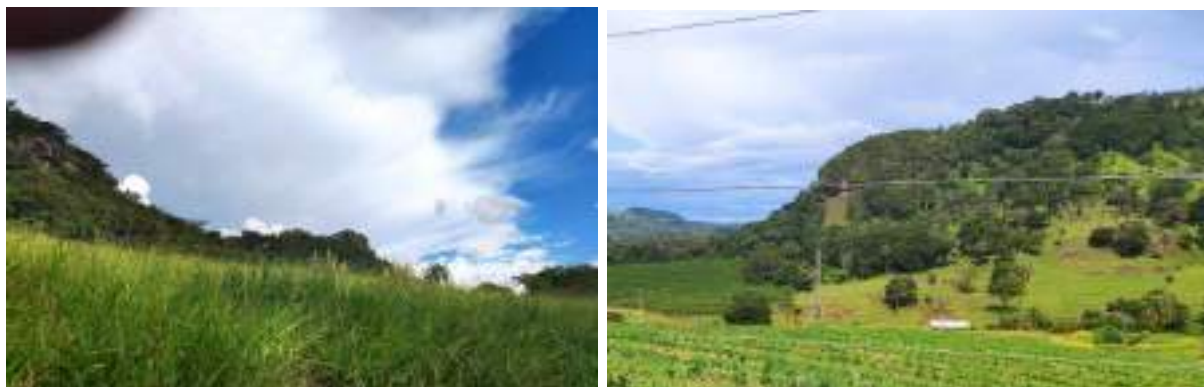
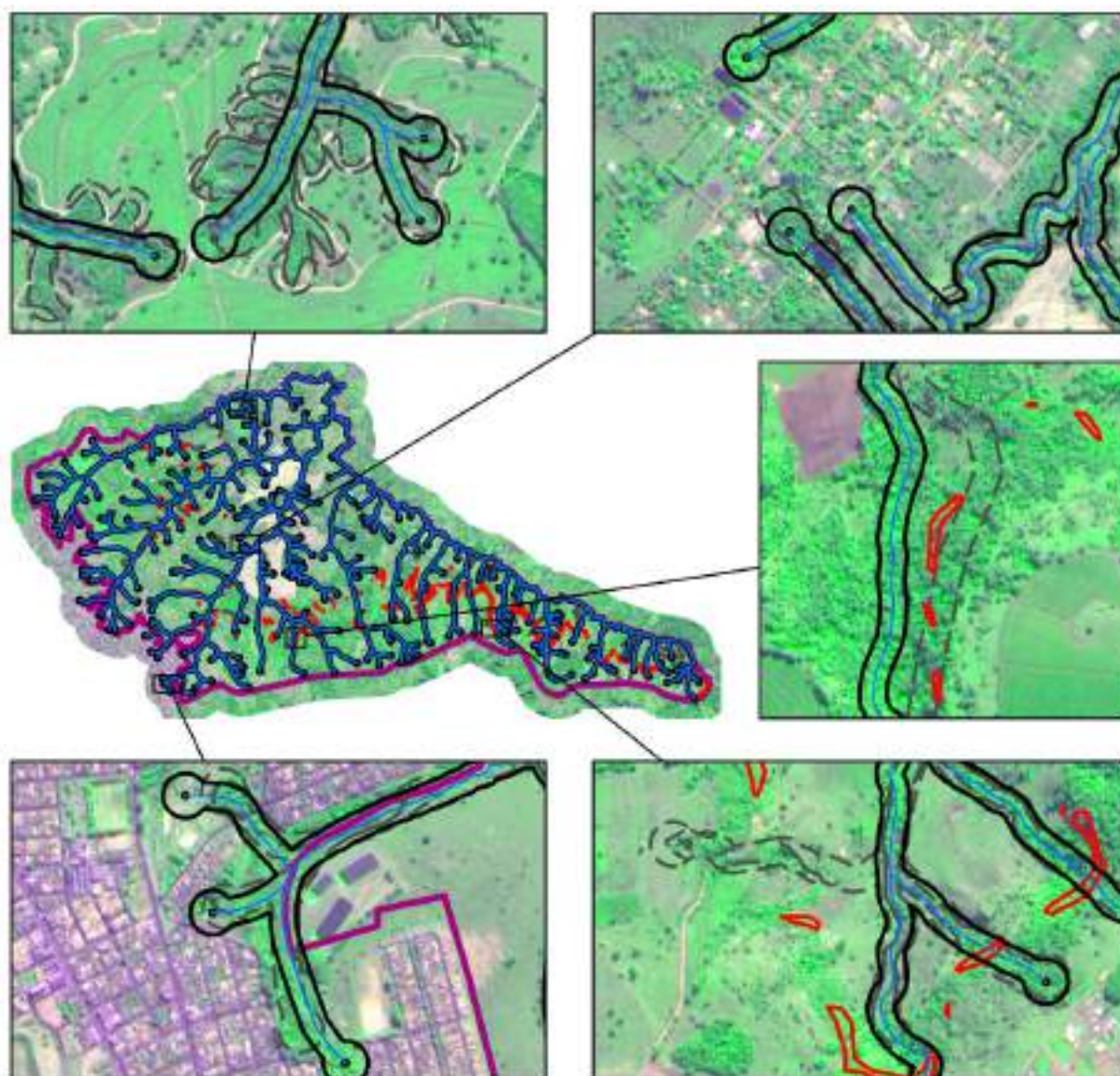


Figura 3.10(1) – Observação in situ (03 e 24 de março de 2023) das Cuestas Basálticas e a formação de escarpas (declividades > 45°).

As APPs integrando as áreas relativas aos cursos d'água (< 10 metros e entre 10 e 50 metros), aos reservatórios e nascentes, bem como as de encosta, são mostradas na Figura 3.10(2) e no anexo 3.10(1). Os destaques procuram ressaltar alguns pontos específicos, como:

1. As APPs de encosta, em vermelho, que se concentram ao longo das Cuestas.
2. As APPs próximas as áreas urbanizadas, indicando algumas áreas onde ocorre sobreposição das áreas urbanas com os limites definidos para as áreas de proteção permanente.
3. Locais com divergência entre as APPs (resultantes do traçado da hidrografia e nascentes) definidas no presente estudo e as APPs definidas em estudos anteriores, baseados em levantamentos de menor escala (1:50.000), como no caso do estudo realizado pelo Comitê de Bacias Hidrográficas do Sapucaí-Mirim / Grande (CBH-SMG, 2022), utilizado para fins de comparação no presente estudo.



Legenda

— Hidrografia (Editada)
 ■ Área de Proteção Permanente (APP)
 ■ APP de encosta (declividade > 45 graus)

□ APPs cf. UGRHI 08
 ● Nascentes (Editadas)
 ■ Área de Interesse Especial (AIE)

Imagem CBERS 4A -
 12/10/2022
 ■ Vermelho: Banda 3 (R)
 ■ Verde: Banda 4 (NIR)
 ■ Azul: Banda 1 (B)

Figura 3.10(2) – Áreas de Preservação Permanente de encosta (em vermelho), no entorno de nascentes, cursos d'água e represas (em preto). As linhas pontilhadas mostram as APPs obtidas no levantamento do CBH-SMG (2018).

Com base nas APPs mapeadas, foi possível realizar o cruzamento com as informações sobre o uso do solo (Tabela 3.10(1)). A tabela também traz uma comparação da condição observada com base na classificação de uso do solo realizada em 2018, pela Comitê de Bacias Hidrográficas do Sapucaí-Mirim / Grande (CBH-SMG - UGRHI 08).

Dentre as classes identificadas, aproximadamente 68% coincidem com áreas classificadas como Área Florestal. Outros 22% estão classificados como Pastagens, e o restante está distribuído como Silvicultura, Áreas Urbanizadas, Culturas Permanentes e Temporárias. Os valores se aproximam dos observados para as APPs definidas com base no levantamento do Comitê de Bacias Hidrográficas (CBH-SMG), com uma pequena melhora no resultado para o levantamento atual, que mostra mais APPs em Área Florestal, e menos em outras classes de uso.

Em comparação com outro estudo, de Bertelli et al. (2021), para a mesma região, uma pequena redução da cobertura de vegetação natural nas APPs é observada (passando de 1228 hectares para atuais 1205 hectares). Variações também ocorrem no total de área sem cobertura vegetal, que neste estudo soma 536 hectares (somando-se os itens não relacionados com a cobertura vegetal na tabela), ante 387 hectares encontrados por Bertelli et al. (2021). Essas diferenças podem ter relação tanto com mudanças observadas recentemente no uso e cobertura do solo, como com variações da metodologia utilizada. Essa análise sugere que, embora tenham sido observados avanços significativos na área urbana sobre a região, não houve avanço expressivo sobre as áreas de preservação permanente.

Tabela 3.10(1) – Percentual de área de APP e as classes de uso do solo.

Classes de uso	APP 2023 (ha)	APP 2023 (%)	APP Encosta (%)	APP UGRHI 8 (%)
Águas Continentais	12,95	0,74	--	0,26
Área Florestal	1205,02	68,69	86,72	67,08
Áreas Descobertas	31,02	1,77	--	2,19
Áreas Urbanizadas	28,51	1,63	0,09	1,88
Culturas Permanentes	41,82	2,38	0,15	2,51
Culturas Temporárias	26,63	1,52	0,05	1,49
Pastagens	387,98	22,12	10,75	23,55
Silvicultura	20,34	1,16	2,25	1,04

Ao comparar as áreas definidas como APP com os dados do Inventário Florestal, observa-se que aproximadamente 65% das áreas previstas como APP estão cobertas com vegetação.

Tabela 3.10(2) – Percentual de área de APP relacionada com Área Florestal conforme o Inventário de Remanescentes Florestais do estado de SP (Instituto Florestal, 2022)

Classe Florestal	Percentual da Área
Floresta Estacional Semidecídua	55,18
Formação o Pioneira com Influência Fluvial	1,93
Savana Arborizada	6,93
Savana Florestada	0,35
Sem Vegetação	35,61

Na comparação com os dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR), observa-se que as áreas definidas como Área de Proteção Permanente no Cadastro ocupam em torno de 53% da área de APP definida no presente estudo, sendo aproximadamente 47% relativos aos canais menores que 10 metros e outros 4% associados com as nascentes. Outros tipos de APP apresentaram pequena contribuição nessa análise (pouco mais de 1%).

Quando outros aspectos incluídos no CAR são considerados (Vegetação Nativa, Reserva Legal e Uso Restrito), a área ocupada passa para 77% das APPs definidas no presente estudo (33% considerados sem vegetação).

Tabela 3.10(3) – Percentual de área de APP relacionada com as APPs definidas no Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SiCAR-SP

Tipos de APPs	% Área de toda APP
APP de Áreas com Declividades Superiores a 45 graus	0,33
APP de Nascentes ou Olhos D'Água Perenes	4,32
APP de Reservatório artificial decorrente de barramento de cursos d'água	0,12
APP de restingas	0,62
APP de Rios até 10 metros	47,27
APP de Topos de Morro	0,06
Sem Vegetação	47,29

4. Aspectos Jurídicos e Institucionais

4.1. Legislação sobre Recursos Hídricos e de Proteção Ambiental

A gestão dos recursos hídricos é regulamentada por legislações nos âmbitos federal, estadual e municipal. Um marco importante para buscar promover uma gestão integrada das bacias hidrográficas e garantir o uso múltiplo das águas foi a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997). Nela, é definida no inciso V do artigo 1º que “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (BRASIL, 1997).

Anteriormente a essa legislação nacional, o estado de São Paulo já havia instituído em 1991 a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 7.663/1991), a qual também aponta, no inciso II do artigo 3º, a “adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento” e prevendo, em seu artigo 20º que constava do Plano Estadual de Recursos Hídricos “a Divisão Hidrográfica do Estado que definirá unidades hidrográficas, com dimensões e características que permitam e justifiquem o gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos” (ALESP, 1991). Na primeira versão desse plano, a divisão hidrográfica proposta para o estado contemplava a bacia do Sapucaí Grande como uma das 21 unidades de gestão dos recursos hídricos, descrevendo que “A cidade de Franca com 210 mil habitantes representa quase a metade da população total dessa região (480 mil habitantes)” e que “A pecuária se destaca no setor agrícola, assim como a produção de grãos. Na indústria os destaques são os artefatos de couro (calçados) e as alimentícias.” (SIGRH, 2023b). Os municípios citados no referido documento como pertencentes a essa unidade eram: Aramina; Batatais; Buritizal; Cristais Paulista; Franca; Guaíra; Guará; Igarapava; Ipuã; Itirapuã; Ituverava; Jariquara; Miguelópolis; Nuporanga; Patrocínio Paulista; Pedregulho; Restinga; Ribeirão Corrente; Rifaina; Santo Antônio da Alegria; São Joaquim da Barra; São José da Bela Vista.

Com a aprovação do “Plano Estadual de Recursos Hídricos” (Lei nº 9.034) de 27/12/1994, a Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande foi definida como a Unidade

Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos 08 (UGRHI 08), estando inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, constituída pela porção paulista das bacias hidrográficas do Rio Sapucaí e do Rio das Canoas, pela bacia do Rio do Carmo e de outras bacias de cursos d'água, totalizando uma área de 9.175 km² (CBH/SMG, 2010). Conforme essa mesma publicação, da “Sub-Bacia 7 - Rio Canoas (SB7-RC) fazem parte os municípios de Franca, Cristais Paulista e Pedregulho, nenhum integralmente”, destacando que o Canoas é um dos mananciais da UGRHI 08 de domínio da união, já que essa bacia se situa nos estados de São Paulo e Minas Gerais. Os 22 municípios paulistas abrangidos pela UGRHI 08 integram o Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Sapucaí Mirim/Grande, fundado em 26 de maio de 1996 e cuja sede da sua secretaria executiva é o município de Franca (SIGRH, 2023b).

Outra lei estadual relevante para o contexto do presente relatório é a 9.866/1997, a qual “dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências” e define no seu artigo 3.º que “considera-se Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais - APRM uma ou mais sub-bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional para abastecimento público” (ALESP, 1997). Nela, estabelece-se com um dos instrumentos de planejamento e gestão de uma APRM o Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA), o qual deve conter, segundo o artigo 31:

- I - diretrizes para o estabelecimento de políticas setoriais relativas a habitação, transporte, manejo de recursos naturais, saneamento ambiental e infraestrutura que interfiram na qualidade dos mananciais;
- II - diretrizes para o estabelecimento de programas de indução à implantação de usos e atividades compatíveis com a proteção e recuperação ambiental da APRM;
- III - metas de curto, médio e longo prazos, para a obtenção de padrões de qualidade ambiental;
- IV - proposta de atualização das diretrizes e normas ambientais e urbanísticas de interesse regional;
- V - proposta de reenquadramento das Áreas de Recuperação Ambiental;
- VI - programas, projetos e ações de recuperação, proteção e conservação da qualidade ambiental;
- VII - Programa Integrado de Monitoramento da Qualidade Ambiental;
- VIII - Programa Integrado de Educação Ambiental;
- IX - Programa Integrado de Controle e Fiscalização;
- X - Programa de Investimento Anual e Plurianual. (ALESP, 1997)

No âmbito municipal, além do Plano Diretor, o qual, ao tratar do ordenamento territorial, regula o uso e ocupação do solo e dos recursos naturais no município, a respeito da bacia do Rio Canoas e seus afluentes existe um conjunto de leis de proteção à natureza, relacionadas em especial, à proteção dos seus recursos hídricos. Conforme apresentado, a legislação de proteção das águas de mananciais em Franca, tratou de inibir a ocupação na área de drenagem da bacia, tornando mais difícil a expansão urbana nessa região.

Entretanto, além da restrição municipal, foi criada pelo governo do estado de São Paulo a Aglomeração Urbana de Franca que também prevê o uso limitado deste território e de seus recursos. Dentre os objetivos que fundamentam a região do aglomerado urbano está a promoção do planejamento regional para o desenvolvimento socioeconômico, a cooperação entre diferentes agentes públicos, a utilização racional do território e dos recursos através do controle da instalação de empreendimentos públicos e privados, bem como, a integração do planejamento e das ações de interesse comum para redução das desigualdades regionais (SÃO PAULO, 2018).

Para tanto, além de promover uma gestão descentralizada por meio da criação de um Conselho de Desenvolvimento da Aglomeração Urbana de Franca, de caráter normativo e deliberativo, bem como de um Parlamento Regional, instituído na Câmara Municipal de Franca (Resolução nº 636/2021), também foi realizado o Macrozoneamento do território que integra a região. O macrozoneamento, apresentado no Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado do Aglomerado de Franca (PDUI-AUF), definiu três áreas diversas: a Macrozona de Proteção do Sistema Aquífero Guarani, a Macrozona de Interesse de Uso Rural e a Macrozona de Interesse de Uso Urbano. Sendo importante dizer que, em concordância com a legislação municipal, não existe nenhuma área marcada por tal zoneamento como Interesse Urbano na bacia do Rio Canoas e seus afluentes.

Ainda que, a maior parte do território dos 19 municípios abrangidos pelo plano de desenvolvimento do aglomerado urbano, tenha sido demarcada como de Interesse Rural, o município de Franca possui 57% da área inserida na Macrozona de Proteção do Sistema Aquífero Guarani. Incluída neste contexto, a bacia do Rio Canoas tem quase toda área abrangida por esta zona de proteção. Assim, com exceção das áreas de cabeceiras, as quais

já possuem interesse urbano e rural atribuído pelo macrozoneamento, o restante do território desta bacia é todo considerado zona de proteção do aquífero. Sejam urbanas ou rurais, essas áreas têm o uso pautado por ações e diretrizes que visam evitar impactos nas regiões de recarga. E, é por isso que, o PDUI-AUF recomenda a realização do Diagnóstico Ambiental (Estudo do Potencial de Fragilidade do Sistema Aquífero Guarani) para todo o território desta Macrozona, como o intuito de avaliar as condições de recarga e também de elaborar o Mapeamento de Suscetibilidade Natural à Erosão. O Plano ainda recomenda que sejam realizados estudos detalhados que quantifiquem a disponibilidade hídrica do sistema, cujos limites extrapolam os da Macrozona.

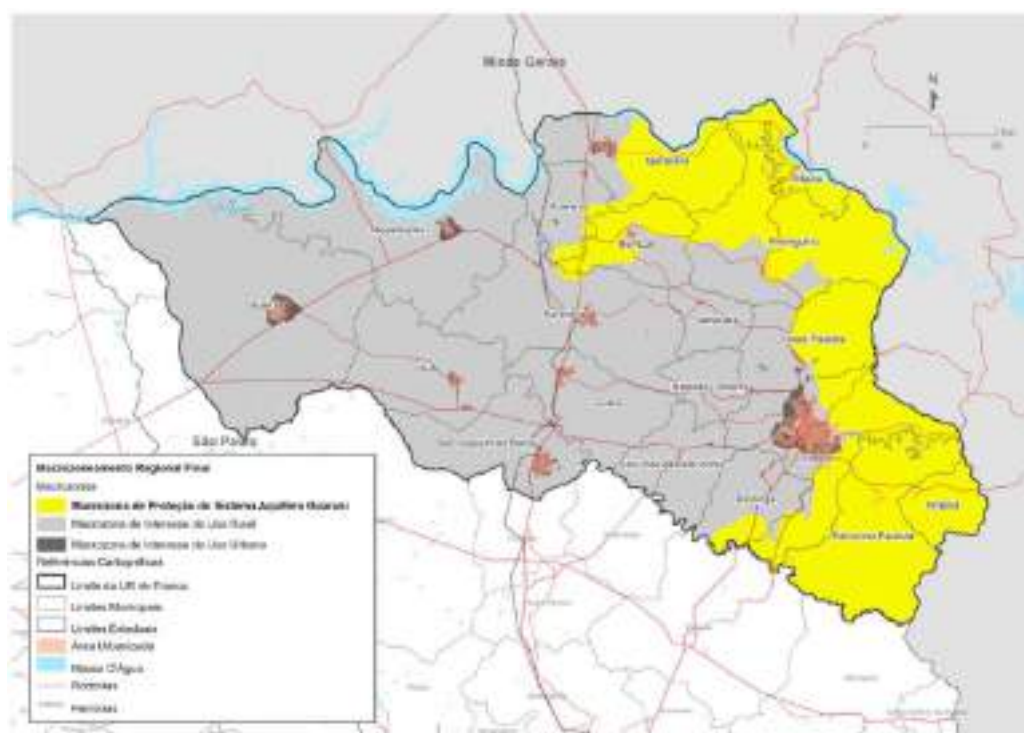


Figura 4.1(1): Macrozona de Proteção do Sistema Aquífero Guarani

Fonte: FIPE PDUI-AUF, 2022

Como diretrizes gerais, o PDUI determina para esta Macrozona: a) a garantia da disponibilidade hídrica; b) a garantia do saneamento ambiental em áreas urbanas; c) a garantia do saneamento ambiental em áreas rurais; d) o regulamento das atividades de potencial contaminação do aquífero; e) a manutenção integral da dinâmica superficial do solo; f) a preservação das áreas planas, das áreas de várzea e das nascentes; g) o controle da quantidade e da qualidade da água infiltrada; h) a implantação de sistemas de retenção,

filtragem e infiltração de águas pluviais, potencializando a recarga do aquífero; i) o incentivo à adoção de desenho urbano sensível à água, adotando infraestruturas urbanas e sistemas de drenagem sustentáveis que ampliem a permeabilidade do solo urbano; j) a priorização de soluções baseadas na natureza para a gestão da água e para a promoção da infraestrutura urbana; l) o uso de infraestruturas urbanas que aumentem a permeabilidade do solo urbano; m) a proteção e a conservação dos remanescentes florestais, as áreas de preservação permanente (conforme Código Florestal) e as áreas de Reserva Legal do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural, assim como promoção da revegetação das áreas degradadas;

Também é diretriz para a zona de proteção do aquífero: n) a garantia da proteção do Bioma Cerrado, conforme previsto na Lei do Cerrado (Lei Estadual nº 13.550/2009); o) o incentivo à criação de áreas protegidas, de áreas verdes e de equipamentos comunitários, visando à preservação de áreas florestadas; p) a promoção e aplicação de instrumentos de compensação ambiental (PSA, compensação financeira e demais instrumentos); q) a redução das atividades antrópicas que ocasionam impactos ou extinção de espécies da flora e fauna; r) a [redução] da instalação de novos aterros sanitários e o estímulo a adoção de arranjos intermunicipais; s) a recuperação das áreas com processos erosivos iniciados; t) a promoção da adaptação baseada em ecossistema como estratégia para enfrentar as mudanças climáticas na região; u) a proteção do meio ambiente, garantindo o seu uso racional e o estímulo à recuperação dos recursos naturais em consonância com a Lei Federal nº 8.171/1991, que estabelece a política agrícola; v) o estímulo à agroecologia, à agricultura familiar, orgânica e as agroflorestas; x) o estímulo à conservação do solo a partir da implementação de práticas que visem o controle dos processos erosivos.

Ainda que a Macrozona de Proteção do Sistema Aquífero Guarani seja predominante na bacia, também existem áreas de Interesse Rural delimitadas nas cabeceiras do Canoas, próximas à área urbanizada. Para as áreas rurais, o PDUI-AUF coloca como diretrizes a) o controle e monitoramento da ocupação das áreas agrícolas; b) a priorização das culturas de longo ciclo e a prevenção de práticas de agricultura mecanizada em áreas de maior declive; c) o atendimento às recomendações técnicas e as normas vigentes relacionadas à construção de fossas sépticas, poços tubulares profundos e poços cacimbas; d) a implantação de fossas sépticas biodigestoras; e) o incentivo à coleta, triagem, a reutilização

e a reciclagem dos resíduos sólidos, assim como a compostagem do lixo orgânico; f) a implementação de ações preventivas ou corretivas nas áreas agropastoris que utilizam adubos, fertilizantes e efluentes com benefício agrônômico; g) a implantação de sistemas de coleta, afastamento e tratamento dos efluentes sanitários.

Já as diretrizes específicas de orientação para a revisão dos Planos Diretores Municipais, dividem-se nas diretrizes para os núcleos urbanos consolidados, para os novos parcelamentos e para zonas rurais. Quanto aos núcleos urbanos consolidados, as diretrizes focam: a) na implementação de ações de saneamento ambiental preventivas ou corretivas nos núcleos urbanos; b) na promoção de políticas, planos e ações integrados em áreas sem restrição à ocupação que foquem na qualificação urbana, priorizando a regularização fundiária, os serviços de saneamento básico e a oferta de equipamentos urbanos, conforme Artigo 42-B do Estatuto da Cidade; c) na proteção do entorno dos poços tubulares ativos e no tamponamento os poços abandonados; d) na ampliação das redes coletoras de esgoto e na redução de vazamentos; e) na delimitação das zonas potenciais de contaminação das águas subterrâneas por nitrato proveniente de sistemas de saneamento; f) na regeneração e na ampliação das áreas verdes nos centros urbanos.

Já para os novos parcelamentos do solo, o Plano de Desenvolvimento Integrado do Aglomerado de Franca determina que: a) se evite a instalação de loteamentos e expansão urbana nas áreas de várzea; b) o condicionamento da ocupação da área para atividades ou empreendimentos que assegurem a permeabilidade natural do solo e que possuam parcelas de áreas verdes significativas (definidas por estudos técnicos); c) o controle das transformações de uso decorrentes da expansão urbana de forma planejada, em atendimento ao Artigo 42-B do Estatuto da Cidade; d) o uso do instrumento da outorga onerosa de alteração de uso para conversão do solo rural para urbano nos processos de regularização fundiária de interesse específico de núcleos situados em áreas rurais, a fim de controlar e coibir a dispersão de loteamentos irregulares fora dos perímetros urbanos municipais.

Importante situar que, embora o PDUI-AUF ainda não tenha se tornado lei estadual, o conteúdo produzido é previsto como base para a revisão dos Planos Diretores e das Leis de

Zoneamento dos municípios integrantes do Aglomerado Urbano de Franca, e portanto, tem como foco a integração de políticas na direção de uma estratégia de planejamento regional. Quase todos os municípios que integram o aglomerado urbano de Franca, também estão inseridos na área da bacia hidrográfica Sapucaí Mirim/Grande (UGRHI-08), da qual Franca é município sede. Assim, no Plano de Bacias Hidrográficas desta unidade de gerenciamento de recursos hídricos, a elaboração das diretrizes legais para o ordenamento territorial é direcionada para o município, já que é dele esta competência (CBH-SMG, 2016).

Desse modo, a proteção da natureza em Franca (SP) é garantida por meio das normas dispostas no Código de Meio Ambiente do município, criado pela Lei Complementar nº 09 em 1996, e alterado através das Leis nº 12/1997 e nº 14/1997; nº 21/1999, nº 35/2001; nº 82/2005, nº 85/2005 e nº 86/2005; nº 109/2006; nº 120/2007; nº 141/2009; nº 186/2011 e nº 187/2011; nº 260/2015; nº 281/2017 e nº 286/2017; e nº 391/2022. O Código de Franca incorporou a definição de meio ambiente trazida pela Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/1981), a qual o considera como "o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas". Do mesmo modo, trouxe princípios fundamentais da política nacional, como princípio da prevenção, da precaução, da reparação, bem como do poluidor-pagador.

Ao abordar o saneamento básico, o Código Ambiental estabelece a garantia de água tratada para o consumo humano para toda a população da cidade, em quantidade e condições adequadas aos parâmetros exigidos nas portarias que as regulamentam. Com o mesmo propósito, dispõe sobre a obrigação de coleta e tratamento de esgoto do município, bem como da proibição de qualquer lançamento *in natura* de esgoto doméstico, dejetos de cultivos agrícolas ou efluentes industriais. Bom lembrar que, em conformidade com a Lei nº 4240/92 e a Lei nº 4420/94, o Código define que os esgotos e efluentes produzidos por loteamento existentes na Bacia do Rio Canoas devem ser revertidos para outras bacias que não as dos córregos protegidos, sendo canalizados até a Estação de Tratamento de Esgotos (ETA) indicadas pelo administrador dos serviços de esgotos sanitários (§2º, art. 4, Código do Meio Ambiente).

Ainda em relação ao saneamento básico, o Código previu a elaboração do Plano Diretor de Drenagem do Município, que foi desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), em 2013. Também vale lembrar que, para novos loteamentos, condomínio, conjuntos habitacionais e empreendimentos semelhantes, a lei ambiental local insere a obrigatoriedade de aprovação prévia de projeto de drenagem, junto ao órgão municipal. Este projeto, precisa contemplar aspectos geológicos, urbanísticos e de uso e ocupação do solo, de modo a garantir sua integridade e prevenir processos erosivos (art. 8, Código Meio Ambiente).

No capítulo que trata da proteção da fauna e da flora, além de estabelecer as diretrizes para a preservação das áreas de preservação permanente (APPs), o Código cria a Área de Preservação Ambiental (APA) da Bacia do Rio Canoas (a partir dos limites determinados pela Lei nº4420/94), dada sua importância para o abastecimento de água potável. Nos reservatórios de abastecimento de água da APA Canoas, as margens são consideradas Área de Proteção Especial (APE) e por isso, devem ter largura mínima de 2 mil metros, junto aos terrenos que precisam de um módulo mínimo de 2,5 hectares (§3º, art. 55, Código Meio Ambiente). De modo compatível, foi incentivado o repovoamento e o manejo sustentado da ictiofauna do reservatório para atividades de pesca esportiva e amadora na APA Canoas (§4º, art. 55).

Além do Código do Meio Ambiente, um conjunto de leis ambientais trouxeram novas iniciativas que o complementaram ao longo do tempo. Por exemplo, a lei "Uma Vida, Uma Árvore" (Lei nº 4.843/1997), a lei que garante 1 árvore para cada carro zero comprado (Lei Municipal nº 7.089/2008), a lei "Adote uma Árvore" (Lei nº 6.842/2007), a lei "Adote uma Praça" (Lei nº 3.848/1990), a "Adote uma APP" (Lei Complementar nº 260/2015), a lei do "IPTU Verde" (Lei nº 8.482/2016), a que prevê plantio em escolas (Lei nº 6.744/2006), a que cria a Agenda Ambiental (Lei nº 7274/2009), dentre outras. Vale dizer que, de acordo com o inventário do Relatório de Arborização Urbana (2019), com 51.385 indivíduos arbóreos, Franca tem menos de uma árvore por pessoa, o que pode ser considerado baixo para a cidade que possui cerca de 360 mil habitantes. Além dessas leis, há também aquelas já mencionadas sobre as "Calçadas Verdes" (Lei Complementar nº 131/2008) e as que obrigam

a apresentação de Plano de Arborização Urbana pelos novos loteamentos, com manutenção das mudas por pelo menos 2 anos (Lei nº 7.614 / 2011).

No caso da bacia Canoas, ainda que parte dessas leis possam trazer melhorias ambientais e urbanísticas para os loteamentos e condomínios dispostos de maneira irregular, é contraditório que elas de alguma forma amparem a manutenção ou expansão dessas ocupações. Ademais, a construção, reforma ou alteração sem a devida autorização da Secretaria Municipal do Meio Ambiente é expressa como infração ambiental no Código do município, e por conta disso, está sob pena de multa e de outras sanções como interdição ou suspensão da atividade, embargo da construção e até demolição da obra quando a autorização for denegada (art. 63, III, Código Meio Ambiente, 1996).

Em acréscimo, caso a iniciativa ocorra sem o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA) aprovado pelo órgão público ou ainda sem a realização de audiência pública, também são especificadas outras infrações. Sem contar que, outras ações típicas que acompanham a implantação de loteamentos irregulares e clandestinos também são consideradas pelo Código infrações ao meio ambiente como, por exemplo, a realização de possíveis danos em APP ou áreas verdes (XI), bem como o despejo de resíduos, lixo, rejeito ou entulho em locais impróprios (XVIII e XIX).

4.2. Aspectos Institucionais

Em termos de órgãos de administração direta, a Prefeitura Municipal de Franca atualmente está organizada em 9 Secretarias, além da Procuradoria Geral (FRANCA, 2023a). Já na administração indireta, existem 6 instituições ligadas a ela (FRANCA, 2023a). Desses 15 órgãos, destacamos que aqueles que devem estar mais diretamente envolvidos no “PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DA BACIA DO CANOAS NO MUNICÍPIO DE FRANCA (SP)” são:

- **Secretaria Municipal de Meio Ambiente:** conforme consta no site da Prefeitura de Franca (FRANCA, 2023b), esta secretaria:

cuida das políticas de preservação, manutenção e recuperação ambiental, estimulando a educação ambiental, de maneira a garantir ao Município, condições adequadas de desenvolvimento equilibrado com os interesses da comunidade, protegendo o ecossistema e assegurando um ambiente sustentável.

Ainda consta que

É papel da Secretaria do Meio Ambiente, dentre outras ações:

- promover a Educação Ambiental e conscientização pública para a proteção dos recursos naturais, nascentes, APPs, estabelecendo prioridades e programas pertinentes ao Meio Ambiente;
- prevenção da degradação e da proteção de ecossistemas e biomas;
- desenvolvimento das atividades relativas à proteção do Meio Ambiente;
- preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida;
- difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, divulgação de dados, ações e informações ambientais de interesse público,
- idealizar e coordenar Arrastões de Limpeza e atividades similares, voltadas a garantir boa qualidade de vida e o bem estar a população. (FRANCA, 2023b)

- **Secretaria Municipal de Infraestrutura:** tal secretaria conta com a Superintendência de Infraestrutura Urbana e Obras Públicas, a qual, segundo a Lei complementar nº 393 (FRANCA, 2022), “é o órgão da Administração Municipal, de natureza estratégica, responsável pela macrogestão da infraestrutura urbana e das obras públicas”. Integra esta secretaria a Superintendência de Infraestrutura Urbana e Obras Públicas, a qual, ainda segundo essa lei, “trata-se do órgão que possui a atribuição de aprovar, normatizar e exercer a fiscalização superior dos programas e projetos completos de obras e serviços de engenharia de infraestrutura urbana.”

- **Secretaria Municipal de Finanças:** cabe a esta secretaria “planejar e coordenar a política orçamentária, financeira e tributária do Município, estabelecendo programas, projetos e atividades relacionadas com as áreas financeiras, contábil, fiscal e tributária” (FRANCA, 2023c). Dentre as “suas principais atribuições estão as de administrar, fiscalizar e arrecadar os tributos municipais (ISS, IPTU, ITBI, TLF, TLP, Contribuição de Melhoria)” (FRANCA, 2022). Faz parte desta secretaria o Setor de Cadastros Fiscais Municipais, o qual, conforme definido na Lei complementar nº393 (FRANCA, 2022), é:

O Órgão é responsável pelos cadastramentos das inscrições municipais tributárias feitas, mediante informação do contribuinte ou de ofício, bem como gerencia os cadastros fiscais imobiliário, mobiliário, de prestadores e outros do Município, além de promover o cadastramento e supervisão de áreas localizadas em todo o território

do Município para efeitos de gerenciamento do espaço físico-municipal e lançamentos tributários.

- **Empresa Municipal para o Desenvolvimento de Franca (EMDEF):** diferentemente das secretarias acima mencionadas, a EMDEF é uma empresa pública de administração indireta, criada pela Lei Complementar nº2320 (FRANCA, 1975). Segundo essa lei, a EMDEF tem “[...] por objetivos executar as obras, serviços e demais atividades que lhe forem determinadas pelo Chefe do Executivo”.

No levantamento feito neste relatório sobre a estrutura organizacional da Prefeitura Municipal de Franca e as atribuições de seus órgãos de administração direta e indireta, alguns aspectos chamaram a atenção:

- Ausência de uma base de dados sobre o município comum a todos os órgãos;
- Inexistência de um cadastro técnico multifinalitário;
- Geração e uso de dados espaciais exclusivamente em programas computacionais do tipo CAD (sigla em inglês para ‘Desenho Auxiliado por Computador’) e não utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), o que poderia facilitar a integração dos dados com a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), instituída pelo Decreto Nº 6.666 de 27/11/2008;
- Quadro de servidores públicos municipais nem sempre com quantidade e capacitação adequadas para o exercício de suas funções (a secretaria de meio ambiente possui em seus quadros apenas um engenheiro ambiental e um engenheiro agrônomo, por exemplo);
- Não promoção da atualização do Plano Diretor Municipal, conforme previsto no parágrafo 3º do artigo 40 do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001) e do artigo 165 da Lei Orgânica de Franca (FRANCA, 1990);
- Falta da regulamentação prevista no § 2º do Artigo 55 do Código de Meio Ambiente do município que criou a APA da Bacia do Rio Canoas;

- Inexistência de arcabouço legislativo municipal que proporcione meios de aplicação de compensações em consonância com o princípio poluidor-pagador.

Essas deficiências dificultam e limitam a obtenção de recursos para que um “PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DA BACIA DO CANOAS” seja implementado e monitorado de forma adequada. Exemplo disso ocorreu em 2017, quando Franca teve que renunciar a recurso de R\$100.000,00 (cem mil reais) que havia sido destinado pelo Comitê de Compensação Ambiental Federal para a APA Municipal do Rio Canoas por ela não ter cadastro no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (IBAMA, 2017).

Por outro lado, experiências como a da criação em 2021 de um comitê para tratar da crise hídrica do município, o qual uniu instituições como Prefeitura Municipal, a SABESP e o Comitê de Bacia, entre outras instituições, mostram que essa interação entre órgãos de diferentes setores e esferas de atuação é um caminho necessário para que essa gestão integrada seja efetiva.

4.3. Instituições Socioambientais e Programas/Ações de Educação Ambiental

O levantamento de instituições socioambientais presentes no município de Franca faz-se necessário, uma vez que a implementação do “Programa de gestão integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, no município de Franca-SP” depende da promoção da educação ambiental, da participação social, bem como da execução de outros programas voltados à proteção ambiental.

Para tanto, é necessário identificar o campo de organizações e instituições que já atuam em áreas afins, visando encontrar potencialidades e parcerias para viabilizar a implementação do referido programa.

Recentemente, em 2020, foi aprovado o Programa de Educação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande (PEA-SMG) para o Comitê da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande, documento que planeja a execução de projetos de educação ambiental na UGRHI-08, para o período de 2021 a 2034. No diagnóstico de elaboração do

PEA-SMG foram registradas instituições que já executaram projetos de educação ambiental, no município de Franca, além de outras que foram parceiras deste tipo de ação. A lista apresentada foi desenvolvida por meio da aplicação de questionários com 1.174 pessoas, dentre membros da comunidade escolar, empresas privadas e da sociedade em geral.

Partindo dessa lista como base, foi elaborado a tabela 4.5(1) com as iniciativas privadas, do poder público e do terceiro setor que promovem, ou já promoveram ações de educação ambiental em Franca. Como o PEA-SMG não detalha as ações, projetos e atividades de educação ambiental realizadas, buscou-se informações complementares em outras fontes de informações. Além disso, a lista foi complementada com outras instituições socioambientais que atuam no município.

Tabela 4.5(1): Instituições que realizam, ou já realizaram, atividades de educação ambiental no município de Franca-SP.

Iniciativa	Tipologia	Sector	Projetos encontrados em Franca	Fonte
Arcolimp	Consultoria ambiental	Privado	Projeto de coleta de óleo de fritura usado	PEA-SMG https://arcolimp.wixsite.com/arcolimp
Arteris	Concessionária de rodovia	Privado	Plantio de mudas e hortaliças	www.arteris.com.br/
Associação dos Engenheiros da Sabesp (AESABESP)	Associação de profissionais	Terceiro setor	Membro CBH-SMG Câmara técnica de Educação Ambiental CBH-SMG	https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//CBH-SMG/20844/del-306_21-aprova-composicao-das-cts.pdf https://defranca.educacao.sp.gov.br/ https://www.aesabesp.org.br/
Associação Educacional e Ecológica Amigos do Rio Canoas	Entidade de educação infantil	Terceiro setor	Membro CBH-SMG Câmara técnica de Educação Ambiental CBH-SMG	Deliberação CBH/SMG nº 306/21 https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//CBH-SMG/20844/del-306_21-aprova-composicao-das-cts.pdf
Brejeiro - Produtos Alimentícios Orlandia S/A Com. Ind.	Produtora de gêneros alimentícios	Privado	Projeto Reviva o óleo	PEA-SMG https://www.brejeiro.com.br/revivaaoleo/

CBH-SMG	Comitê da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande	Público	PEA-SMG Câmara técnica de educação ambiental Financiamento de projetos de educação ambiental	PEA-SMG https://sigrh.sp.gov.br/cbhsmsg/apresentacao https://www.instagram.com/sapucaimirimgrande/
Cooperativa de Cafeicultores e Agropecuaristas (Cocapec)	Cooperativa de Cafeicultores e Agropecuaristas	Privado	Coleta itinerante de Embalagens Vazias Controle de pragas na cultura	PEA-SMG https://cocapec.com.br/cat_sustentabilidade/ambiental/
Faculdade Dr. Francisco Maeda (FAFRAM/Ituverava)	Entidade de ensino superior	Privado	Coleta itinerante de Embalagens Vazias	PEA-SMG https://www.fafra.com.br/
Fundo Social de Solidariedade	Administração pública	Público	Sem informações	PEA-SMG https://www.franca.sp.gov.br/administracao-municipal/administracao-direta/gabinete/fundo-social-de-solidariedade
Grupo de Mulheres - Comitê Verdejar	Grupo de mulheres para promoção de igualdade de gênero	Não se aplica	Educação ambiental Plantio em áreas públicas urbanas, matas ciliares Doação de mudas	https://www.verdejarfranca.com.br/verdejar-franca/
Instituto Nacional Processamento Embalagens (INPEv)	Programa de logística reversa de embalagens vazias agrotóxicos	Público	Sem informações	PEA-SMG
Lions Clubs International	Organização voltada à promoção de serviços humanitários	Terceiro setor	Sem informações	PEA-SMG
Ordem dos Advogados do Brasil (OAB)	Entidade de classe profissional	Público	Comissão do meio ambiente e de defesa dos direitos animais	PEA-SMG https://oabfranca.org.br/
Prefeitura Municipal	Administração pública	Público	Programa Município Verde Azul Programa de educação ambiental Ônibus de educação ambiental	PEA-SMG https://www.franca.sp.gov.br/

Rede de Agroecologia Alta Mogiana	Rede de produtores rurais	Privado	Partilha - contato entre agricultores agroecológicos e consumidores	https://www.instagram.com/redeagroecologicadaaltamogiana/
SEE/Diretoria de Ensino de Franca	Direção das políticas estaduais de educação	Público	Membro CBH-SMG	https://sigrh.sp.gov.br/cbhsmg/membros
Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR)	Instituição de formação profissional para profissionais do campo	Privado	Sem informações	PEA-SMG https://faespsemar.com.br/sobre-o-senar/
Sindicato Rural	Entidade de empresários rurais	Privado	Divulgação de informações (Cadastro Ambiental Rural; controle de queimadas e incêndios)	PEA-SMG http://sindicatoruraldefranca.com.br/
Sistema de Cooperativas de Crédito do Brasil (SICOOB)	Cooperativa de crédito	Privado	Sem informações	PEA-SMG https://www.sicoob.com.br/web/sicoobcred-acif/
SOS - Sapucaí-Mirim	Entidade da sociedade civil	Terceiro setor	Membro CBH-SMG	https://sigrh.sp.gov.br/cbhsmg/membros
TerraCycle	Empresa para soluções em reciclagem de resíduos	Privado	Sem informações	PEA-SMG https://www.terracycle.com/
Uni-Facef	Entidade de ensino superior	Pública	Pesquisas Publicações Semana Verde Promoção de simpósios	PEA-SMG https://www.unifacef.com.br/

União da indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA)	Organização de representação de setor econômico	Privada	Membro CBH-SMG Câmara técnica de Educação Ambiental CBH-SMG	https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//CBH-SMG/20844/del-306_21-aprova-composicao-das-cts.pdf https://defranca.educacao.sp.gov.br/
Universidade de Franca (Unifran)	Entidade de ensino superior	Privada	Membro CBH-SMG Câmara técnica de Educação Ambiental CBH-SMG	https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//CBH-SMG/20844/del-306_21-aprova-composicao-das-cts.pdf https://defranca.educacao.sp.gov.br/
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)	Universidade de ensino superior	Público	Pesquisas Comissão de Ecologia e Educação Ambiental Programa de Ecologia e Educação Ambiental	PEA-SMG https://www.franca.unesp.br/

5. Validação de Dados e Informações

5.1. Levantamento in loco (Visitas Técnicas de campo para validação de dados, informações e observações nas bacias hidrográficas do rio Canoas)

Como registrado no Relatório 1 do “Programa de Gestão Integrada da Bacia do Rio Canoas, em Franca-SP”, uma das etapas de coleta de dados e informações consistiu na realização de visitas de campo.

As visitas de campo viabilizaram o reconhecimento da bacia hidrográfica (e suas respectivas sub-bacias) do rio Canoas, visando validar os dados de caracterização da área, assim como complementar as análises desenvolvidas com base nos materiais oriundos de fontes e referências utilizadas, considerando também as informações obtidas por conversas, indicações, evidências e destaques apontados por gestores municipais, especialistas ambientais, profissionais atuantes e atores sociais do município de Franca e região em várias reuniões com a equipe executora.

A roteirização das visitas técnicas foi planejada a partir das subdivisões das sub-bacias hidrográficas do rio Canoas, conforme apresentadas na Figura 3.2.3(1), reapresentada a seguir, cujos percursos foram delineados no sentido de percorrer a maior parte das áreas dessas sub-bacias hidrográficas.



Figura 5.1(1) – Sub-bacias dos afluentes da margem esquerda do Rio Canoas na AIE Canoas.

Para a realização das atividades de campo (visita às sub-bacias hidrográficas), foram consideradas também as áreas identificadas como prioritárias para elaboração de projetos de educação ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, as quais estão apresentados no Programa de Educação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim-Grande (PEA-SMG). Estas prioridades foram estabelecidas neste referido trabalho, considerando a opinião da população dos municípios de Franca-SP e de Cristais Paulista-SP, retratando, portanto, questões reconhecidas como estratégicas para promover e aprimorar a qualidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas.

Segundo o PEA-SMG (2020), os campos com maior prioridade de demandas por projetos de educação ambiental são:

- Demanda e a disponibilidade hídrica;
- Manejo de resíduos sólidos;
- Poluição hídrica; e
- Vegetação nativa, áreas especialmente protegidas e unidades de conservação.

Assim, nas visitas de campo, valeu-se também destas diretrizes como objeto de atenção para observação *in loco* e reconhecimento das situações existentes na bacia e sub-bacias hidrográficas do rio Canoas.

Para fins de apresentação dos aspectos identificados e observados pelas visitas a campo na região da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, ressaltam-se as principais características marcantes (observadas e percebidas pela equipe executora) que estão pautadas nos seguintes temas:

- A. Condições de drenagem de águas pluviais e processos erosivos (identificação das condições de barraginhas, drenagem em estradas de terra, drenagem em loteamentos de chácaras, erosão do solo);
- B. Situação dos corpos hídricos (verificação da estrutura em alguns pontos dos corpos hídricos, identificação *in loco* de alguns parâmetros de qualidade da água);
- C. Manejo de resíduos sólidos (observação de infraestruturas relacionadas com a disposição de resíduos sólidos, disposição inadequada de resíduos sólidos e de resíduos de construção civil);
- D. Baixa densidade de vegetação nativa e/ou inexistência de APPs (Áreas de Preservação Permanente), principalmente em locais adjacentes às nascentes de cursos de água;
- E. Uso e ocupação do solo (identificação de cultivos de monoculturas, atividades agropastoris, loteamentos, urbanização);
- F. Esgotamento sanitário (reconhecimento do sistema de tratamento de esgotos sanitários);
- G. Abastecimento de água potável (reconhecimento dos sistemas de captação, adutoras, bombeamento e indícios de perdas da água captada no sistema).

Durante o período de janeiro de 2023 a março de 2023 foram realizadas viagens da equipe executora ao município de Franca-SP, assim como percursos pela bacia hidrográfica do Rio Canoas, totalizando seis visitas técnicas a campo, utilizando-se de equipamentos para medição e registro de dados (drones VANT e medidores multiparâmetros de qualidade de água). Os locais visitados podem ser observados com a espacialização de parte dos registros fotográficos realizados nas vistorias, ilustrada na Figura 5.1(2), bem como todos os registros fotográficos se encontram no anexo 5.1(1).



Figura 5.1(2) - Locais com registros fotográficos realizados pela equipe, durante os percursos das vistorias.

Nos tópicos apresentados a seguir, estão destacadas algumas das principais situações e condições marcantes observadas. A maior parte dos aspectos identificados e das condições observadas (pressões, impactos ambientais) ocorrem de forma bem distribuída em vários locais de toda a bacia hidrográfica do rio Canoas. As condições observadas são recorrentes e, em alguns locais, provocam intensificação de impactos ambientais, cujos efeitos cumulativos e sinérgicos têm provocado diversas interferências nos corpos hídricos e na qualidade de suas águas em várias sub-bacias do rio Canoas.

Desta forma, nos tópicos e nas imagens apresentadas a seguir, estão ressaltadas algumas das condições existentes, dos aspectos identificados e das situações identificadas ocasionalmente nos percursos da equipe executora ao longo da bacia hidrográfica do rio Canoas.

Tais situações, condições ambientais e aspectos socioambientais identificados, verificados e validados em campo são relevantes para a elaboração, definição e proposição de ações nas próximas etapas do trabalho.

A - Condições de drenagem de águas pluviais e processos erosivos (identificação das condições da drenagem em estradas, vias de acesso, drenagem em loteamentos de chácaras, condições de barraginhas, erosões do solo)

Como pode ser observado nas imagens apresentadas a seguir (Figura 5.1(3)), foram identificadas diversas condições recorrentes (e distribuídas) relacionadas à drenagem em estradas e vias de acesso de loteamentos de chácaras, tais como: a ineficiência do sistema de contenção da drenagem de águas pluviais; a insuficiência de manutenção do sistema de barraginhas; a existência de desvios de canais de drenagem, comprometendo o adequado funcionamento do sistema de drenagem (onde existem), dentre outros.



Figura 5.1(3) - Seleção de registros fotográficos de situações encontradas na bacia hidrográfica do Rio Canoas sobre drenagem, escoamento superficial e erosão.

Os processos erosivos identificados nos ortomosaicos (Figura 5.1(5)) reforçam essas observações, ressaltando a fragilidade dos solos em algumas partes da região analisada. Para a geração destes mosaicos, foi realizado, no dia 24 de março de 2023, o levantamento com drone sobre duas áreas de interesse. Com as imagens adquiridas (554 fotografias), foi realizado o procedimento de aerofotogrametria utilizando o software Agisoft Metashape. Os ortomosaicos e modelos digitais de superfície (DSMs) resultantes possuem resolução espacial GSD inferior a 10 cm. Uma análise através de perfis topográficos (Figura 5.1(4)) sugere que os desníveis da erosão na área do Marco Primeiro, no extremo leste da bacia (imagens na porção inferior da Figura 5.1(5)), chegam a 15 metros.

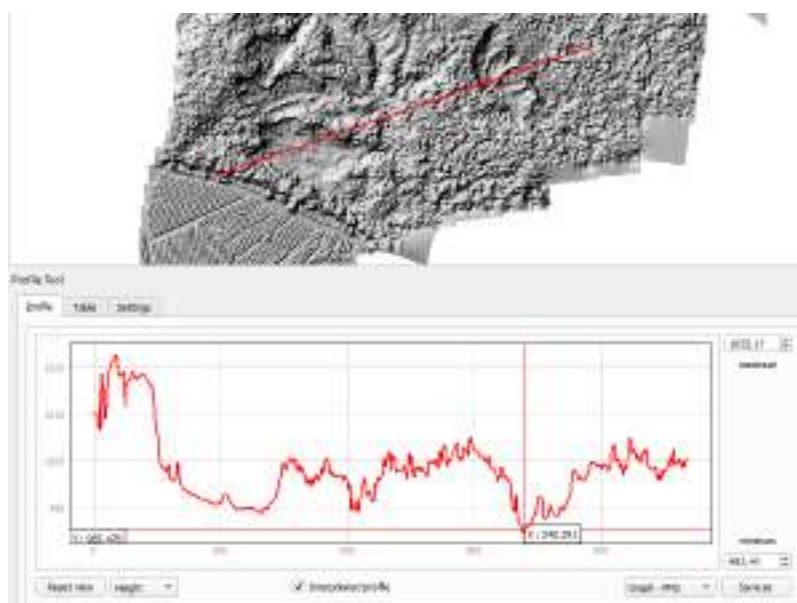


Figura 5.1(4) – Perfil topográfico sobre o Modelo Digital de Superfície (DSM) para a região do Marco Primeiro, extremo leste da bacia.

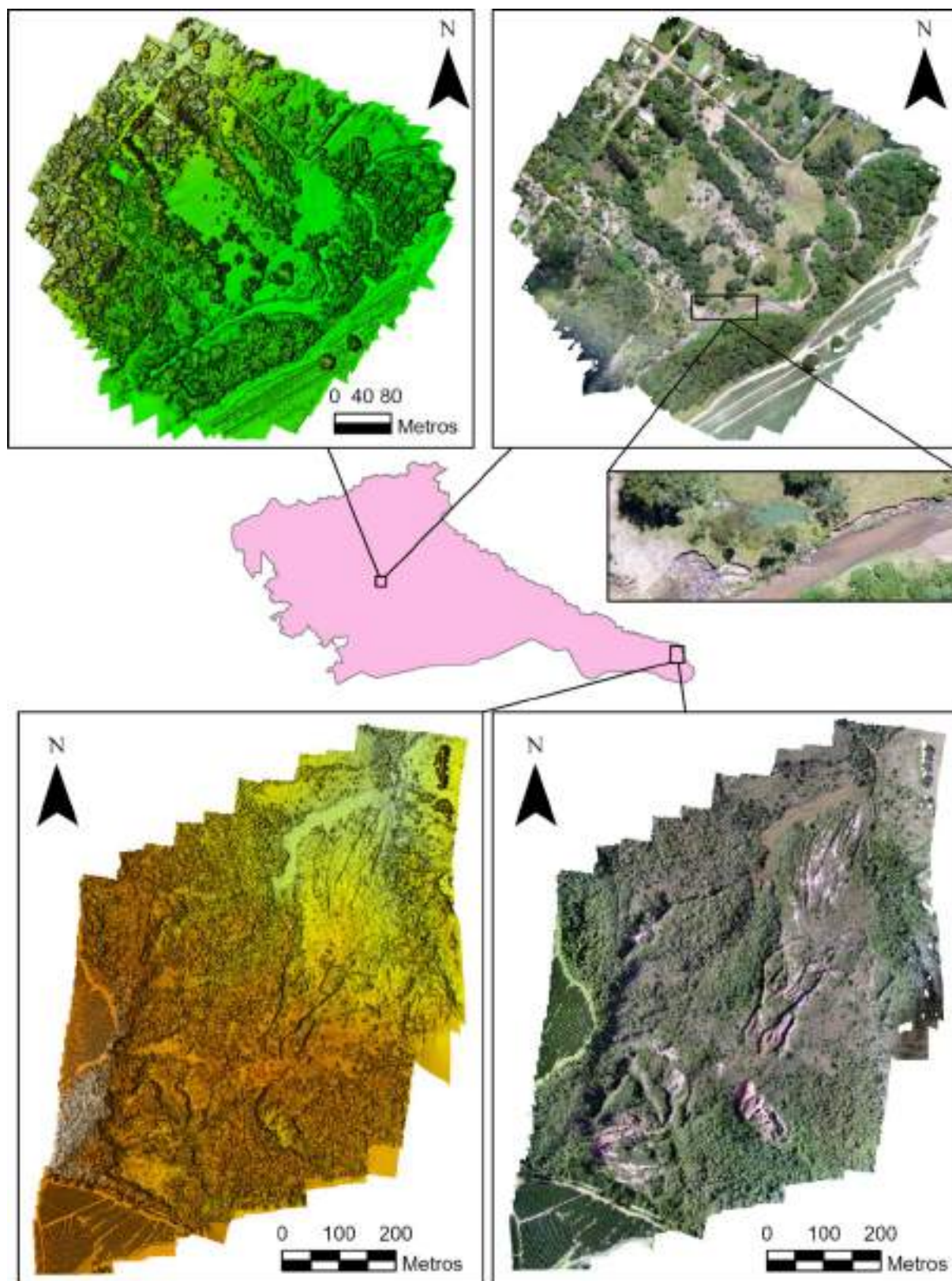


Figura 5.1(5) – Ortomosaicos produzidos por drone em duas áreas da bacia, destacando áreas com erosão e desmonte hidráulico.

A Figura 5.1(6) apresenta a espacialização de ocorrências sobre a questão abordada neste tópico registradas nos percursos da equipe executora ao longo da bacia hidrográfica do rio Canoas.



Figura 5.1(6) - Espacialização dos locais com registros fotográficos de ocorrências relacionadas com drenagem de água pluvial e processos erosivos, realizados nos percursos das vistorias.

B - Situação dos corpos hídricos (verificação da estrutura e condições ambientais em alguns pontos dos corpos hídricos, identificação *in loco* de alguns parâmetros de qualidade da água)

Conforme ilustrado por algumas imagens apresentadas a seguir (Figura 5.1(7)), observaram-se várias situações nos corpos hídricos visitados, destacando-se: o assoreamento e depósitos de sedimentos; o alargamento do leito; a presença de resíduos sólidos nas margens e na própria água; contaminação da água por esgotos lançados *in natura*.

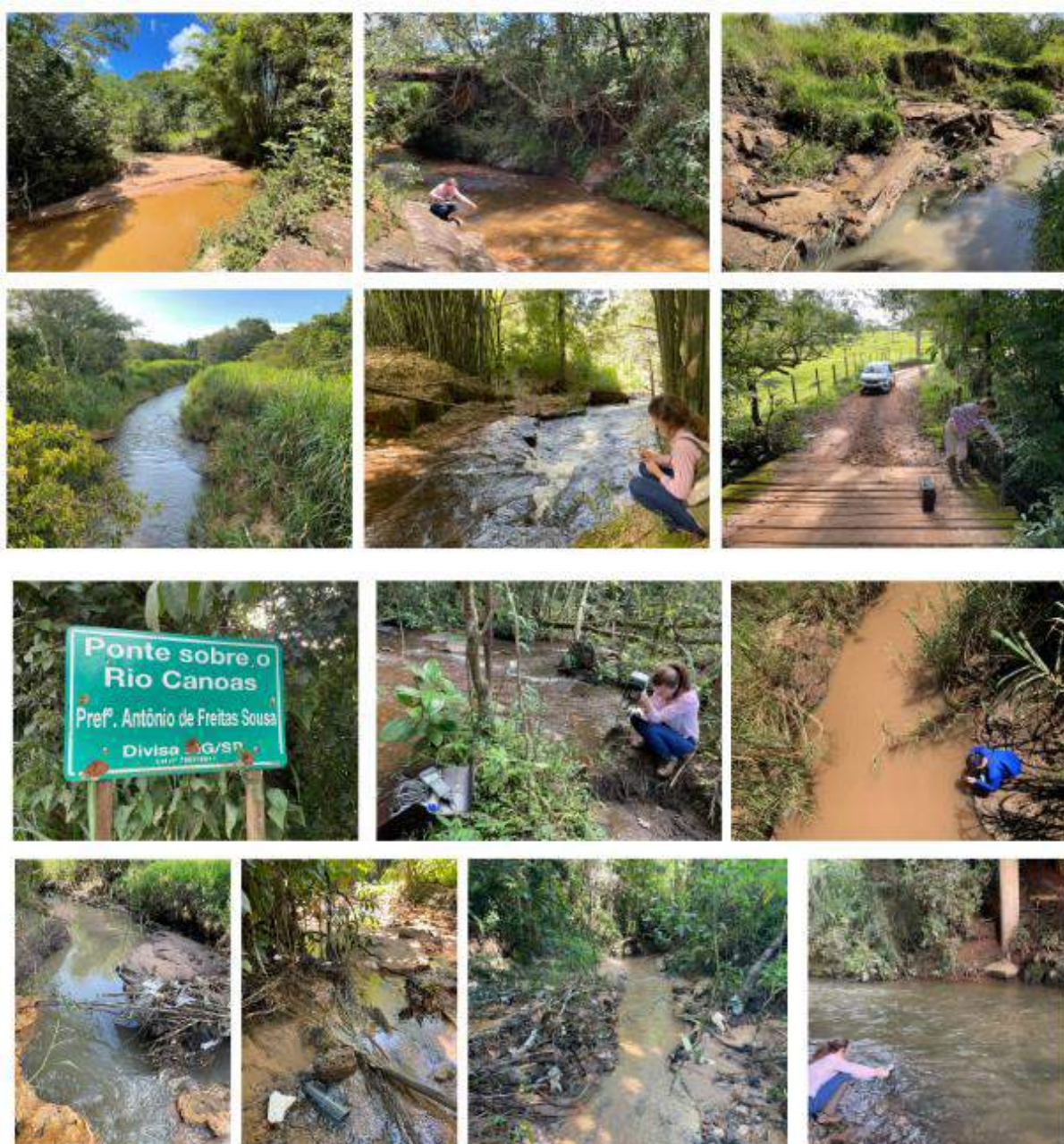


Figura 5.1(7) - Seleção de registros fotográficos sobre as situações dos corpos hídricos que formam a bacia hidrográfica do Rio Canoas encontradas em vistoria.

Na Figura 5.1(8) estão espacializadas as fotos que foram realizadas sobre aspectos de interesse que representam a situação dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Canoas, no município de Franca.



Figura 5.1(8) - Espacialização dos locais com registros fotográficos sobre a situação dos corpos hídricos, realizados nos percursos das vistorias.

A Figura 5.1(9) apresenta a espacialização dos pontos onde houve análise da qualidade da água com sonda multiparâmetros, os quais foram visitados nos percursos da equipe executora ao longo dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Canoas.

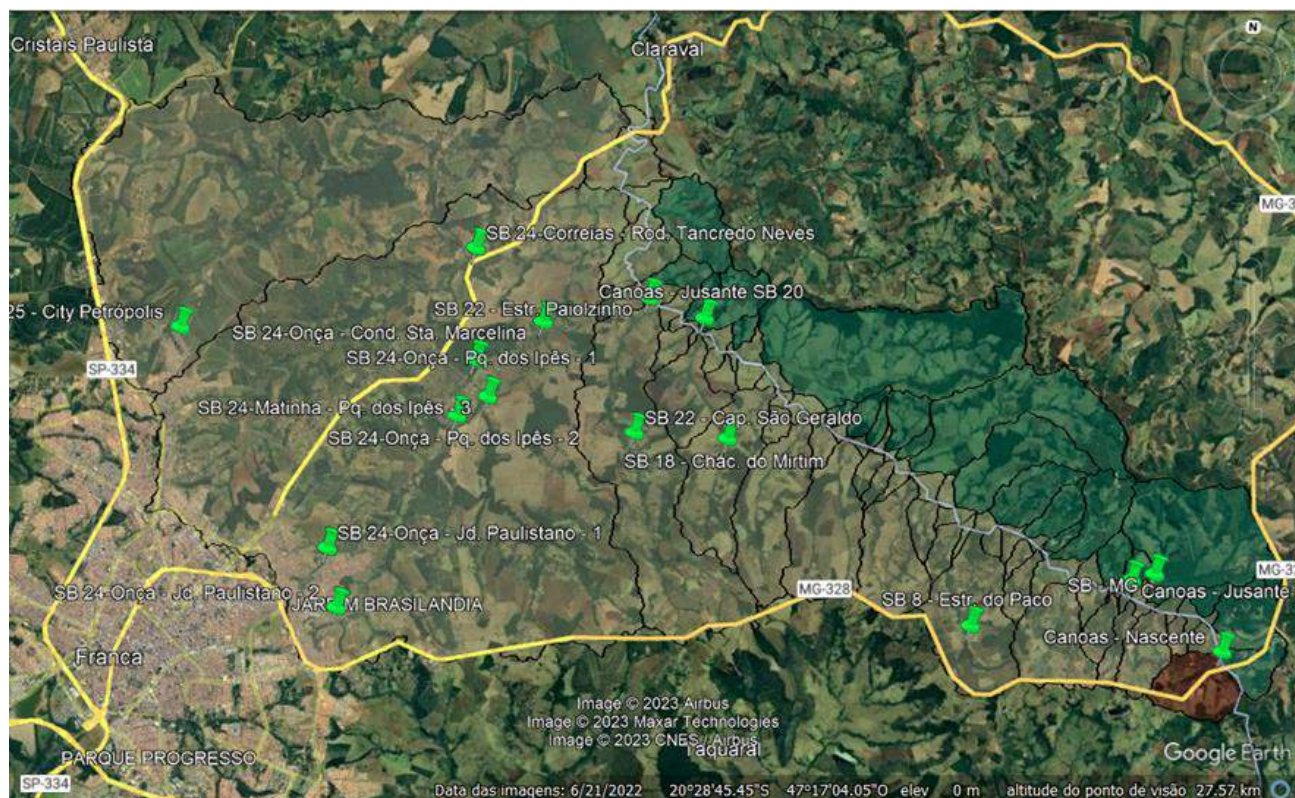


Figura 5.1(9) - Espacialização dos pontos onde foi analisada a qualidade da água dos corpos hídricos da área em análise.

A Tabela 5.1(1) apresenta os dados obtidos por aparelhos de medição *in loco* de alguns parâmetros de qualidade de água. Tais dados foram coletados para observação pontual de alguns locais nas sub-bacias hidrográficas, apenas para identificação das condições gerais dos corpos hídricos visitados.

Tabela 5.1(1) - Resultados das análises realizadas e campo sobre a qualidade da água, nos pontos apresentados na Figura 5.1(6).

Ponto de coleta	Temperatura (°C)	OD (mg/l)	pH	Turbidez (UNT)	Condutividade (µS/cm)	Salinidade (%)
Canoas - Nascente	24,4	5,40	6,78	6	0,009	0,0
SB - MG	21,0	9,00	7,19	10	0,034	0,0
Canoas - Jusante SB 3	21,4	8,78	7,19	9	0,021	0,0
SB 8 - Estr. do Paco	21,3	7,58	6,65	2	0,028	0,0
SB 24-Onça - Pq. dos Ipês - 1	23,3	8,16	6,93	125	0,018	0,0
SB 24-Onça - Pq. dos Ipês - 2	23,4	8,49	7,38	15	0,055	0,0

SB 24-Matinha - Pq. dos Ipês - 3	22,9	8,42	7,17	28	0,031	0,0
SB 22 - Estr. Paiolzinho	23,8	8,14	7,34	9	0,050	0,0
Canoas - Jusante SB 20	24,3	8,74	7,30	12	0,064	0,0
SB 25 - City Petrópolis	21,8	7,00	7,31	6	0,171	0,0
SB 24-Correias - Rod. Tancredo Neves	22,5	7,95	7,33	10	0,090	0,0
SB 24-Onça - Cond. Sta. Marcelina	23,9	8,65	6,97	32	0,070	0,0
SB 24-Onça - Jd. Paulistano - 1	23,7	7,52	7,18	1	0,242	0,0
SB 24-Onça - Jd. Paulistano - 2	25,8	6,41	7,06	83	0,264	0,1
SB 22 - Cap. São Geraldo	25,0	7,50	7,43	32	0,066	0,0
SB 18 - Chác. do Mirtim	25,2	7,90	7,52	10	0,056	0,0

C - Manejo de resíduos sólidos (observação de infraestruturas relacionadas com a disposição de resíduos sólidos, disposição inadequada de resíduos sólidos e de resíduos de construção civil)

De acordo com algumas imagens apresentadas a seguir (Figura 5.1(10)), foi observada (em vários locais da bacia hidrográfica do rio Canoas) a disposição inadequada de resíduos sólidos (assim como de resíduos de construção civil), inclusive com o manejo incorreto dos resíduos onde existem pontos específicos para a sua coleta e disposição.



Figura 5.1(10) - Seleção de registros fotográficos de ocorrências relevantes sobre os resíduos sólidos na bacia hidrográfica do Rio Canoas, encontradas durante as vistorias.

Na Figura 5.1(11) a seguir, é apresentada a localização dos registros fotográficos realizados sobre questões que representam a situação do manejo dos resíduos sólidos, que foram identificados nos percursos da equipe executora ao longo da bacia hidrográfica do rio Canoas.



Figura 5.1(11) - Espacialização dos locais com registros fotográficos sobre o manejo dos resíduos sólidos, realizados nos percursos das vistorias.

D - Baixa densidade de vegetação nativa e/ou inexistência de APPs (Áreas de Preservação Permanente) em locais adjacentes às nascentes de cursos de água

Foram observadas, em áreas adjacentes às nascentes de cursos de água (em regiões de montante das sub-bacias hidrográficas), a baixa densidade de vegetação nativa (e/ou até a inexistência de APPs) em alguns locais visitados nos percursos da equipe executora na bacia hidrográfica do rio Canoas, conforme ilustrado na Figura 5.1(12).



Figura 5.1(12) - Seleção de registros fotográficos que representam a baixa densidade de vegetação existente na bacia hidrográfica, inclusive em Áreas de Preservação permanente, que foram notados durante as vistorias.

E - Uso e ocupação do solo (identificação de cultivos de monoculturas, atividades agropastoris, loteamentos, urbanização)

As atividades, os usos e a ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Canoas puderam ser validadas por meio da visita técnica, identificando-se: cultivos de monoculturas de café, milho, cana de açúcar, frutas cítricas; atividades pastoris de gado e cavalos; loteamento de condomínios de chácaras rurais; urbanização intensa (habitações, indústrias, comércios) nas áreas de maior altitude das sub-bacias hidrográficas. Os reconhecimentos desses usos e ocupação foram registrados por várias imagens, sendo somente algumas elas apresentadas a seguir, na Figura 5.1(13).



Figura 5.1(13) - Seleção de registros fotográficos que representam diferentes usos e ocupação do solo na bacia hidrográfica em análise.

Os registros fotográficos das atividades, usos e ocupação do solo, que foram verificados pela equipe executora, estão especializados na Figura 5.1(14), destacando alguns pontos visitados ao longo da bacia hidrográfica do rio Canoas.



Figura 5.1(14) - Espacialização dos locais com registros fotográficos sobre os diferentes usos e ocupação do solo existentes na área em análise, realizados durante das vistorias.

F - Esgotamento sanitário (reconhecimento de parte do sistema de tratamento de esgotos sanitários)

Nos percursos da visita técnica da equipe executora ao longo da bacia hidrográfica do rio Canoas, alguns elementos componentes do sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários do município de Franca-SP puderam ser identificados, conforme ilustrado na figura a seguir (Figura 5.1(15)). Também foi observado em um dos pontos onde analisou-se a qualidade da água (SB 24-Onça - Pq. dos Ipês - 1) indícios de lançamento de esgoto doméstico *in natura* em afluente do Córrego das Onças (conforme registrado na primeira foto a esquerda).



Figura 5.1(15) - Seleção de registros fotográficos realizados sobre o esgotamento sanitário existente na bacia hidrográfica do rio Canoas, obtidos nos percursos das vistorias.

Outros registros sobre as infraestruturas de esgotamento sanitário foram realizados durante a vistoria, como pode ser observado na espacialização apresentada na Figura 5.1(16).



Figura 5.1(16) - Espacialização dos locais com registros fotográficos sobre a situação e infraestruturas de esgotamento sanitário, realizados durante das vistorias.

G - Abastecimento de água potável (reconhecimento de parte dos sistemas de captação, adutoras, bombeamento)

Alguns dispositivos e equipamentos do sistema de abastecimento de água potável do município de Franca-SP (presentes no território da bacia hidrográfica do rio Canoas, tais como o sistema de adução do rio Pouso Alegre e o do próprio rio Canoas) foram identificados nos percursos da visita técnica da equipe executora e podem ser observados na compilação de fotos apresentadas na Figura 5.1 (17).



Figura 5.1(17) - Seleção de registros fotográficos realizados sobre os sistemas de captação e abastecimento de água potável existente em Franca, obtidos nos percursos das vistorias.

Na Estação Elevatória de Água Bruta (Booster 2 - EEAB) do sistema de abastecimento de Pouso Alegre, foram observados vazamentos contínuos de água durante a vistoria realizada no dia 22 de março de 2023, conforme registrado nas imagens a seguir (Figura 5.1(18)). Notou-se que o escoamento desta água seguia para a sarjeta da rua, passava por um tubo, seguindo para o solo (em um local com presença de resíduos sólidos) e, posteriormente, escoando para um corpo hídrico.



Figura 5.1(18) - Registros fotográficos de vazamento de água na EEAB-2, obtidos durante uma vistoria.

Outros registros sobre o assunto deste tópico foram realizados durante as visitas técnicas realizadas pela equipe de trabalho e os locais onde foram obtidos estão apresentados na Figura 5.1(19).



Figura 5.1(19) - Espacialização dos locais com registros fotográficos sobre a situação e infraestruturas de abastecimento de água potável, realizados durante das vistorias.

6. Diagnóstico Geral

Segundo o SNIS (2022) com dados relativos ao ano de 2021, a cidade de Franca possui 100% de atendimento com redes de água tanto na área urbana quanto na totalidade. Também se encontra universalizado em termos de coleta, afastamento e tratamento de esgotos. Tem uma cobertura urbana de 100% para os resíduos sólidos. Quanto a drenagem urbana, possui 90,5% de taxa de pavimentação e não apresenta domicílios em risco de inundação.

O município de Franca possui três sistemas de produção de água:

- Sistema Produtor Norte
- Sistema Produtor Sapucaí Mirim
- Poços do Sistema Integrado Franca – Restinga

Apesar de apenas o Sistema Produtor Norte se situar na bacia do Rio Canoas todos os sistemas são importantes para efeito comparativo e verificação da importância de cada um para a cidade.

Nos mananciais das captações dos rios Canoas e ribeirão Pouso Alegre nota-se uma quantidade razoável de sedimentos que pode ser comprovada pela formação de bancos de areia. Estes sedimentos se tornam presentes devido ao inadequado uso do solo na bacia. O solo propício a ser transportado, quando exposto encaminha-se para os cursos d'água provocando assoreamento. Isso é prejudicial para a operação e manutenção na captação demandando limpeza dos locais assoreados próximos a captação, sobrecarga em caixas de areia, desgaste no rotor de bombas e demanda mais alta de produtos químicos no tratamento, por exemplo.

Nos anos anteriores foi impossível manter os valores de outorga nas captações dos rios Canoas e ribeirão Pouso Alegre, pois o sistema Sapucaí ainda não estava em funcionamento. Desta forma foi necessária a captação para prover o abastecimento humano. Este será o primeiro ano na tentativa de se manter a outorga.

O que ocorre na captação do rio Canoas é que para valores de vazão do manancial de Q médio em setembro de 2022 de 1.283 l/s e Q mínimo em setembro de 2022 de 862 l/s a

captação opera no limite. Com valores de $Q_{7,10}$ de 734,2 l/s e Q_{95} de 1.269 l/s é impossível manter a outorga, o abastecimento humano e a vazão ecológica do rio além de outros usuários.

Para o ribeirão Pouso Alegre o que acontece é que para valores de vazão do manancial de Q médio em novembro de 2022 de 118 l/s e Q mínimo em setembro e novembro de 2022 de 71 l/s a captação opera no limite. Com valores de $Q_{7,10}$ de 41,7 l/s e Q_{95} de 110 l/s. Nesta bacia existem problemas de erosões e impermeabilização do solo por loteamentos, além de contaminações por passivos ambientais de resíduos sólidos.

As barragens presentes nos rios nos pontos de captação ajudam a regularizar a vazão, mas certos cuidados devem ser tomados no local como a limpeza constante dos sedimentos que assoreiam o local. O transporte de sedimentos é extremamente prejudicial, diminuindo a regularização que contribui para a tomada de vazões necessárias ao abastecimento.

Para a região da captação do Canoas o nível de comprometimento hídrico é alto (entre 30 e 70%) e para a região da captação do Pouso Alegre o nível de comprometimento hídrico é muito alto (entre 70 e 100%).

Considerando que o sistema Canoas capta de 460 a 800 l/s, podendo chegar até 900 l/s; que o Sistema Pouso Alegre capta de 90 a 200 l/s de água podendo chegar até 200 l/s; que o Sistema Sapucaí Mirim pode chegar a captar até 800 l/s e que a produção de água para a população atual é de 1.000 l/s:

Nenhum Sistema sozinho pode fornecer água para a cidade, sendo que se o Sistema Sapucaí Mirim (na atual configuração) não tem capacidade de fornecer água sozinho para a cidade, as Captações do Canoas e Pouso Alegre precisam continuar a existir. E devemos lembrar que a população poderá crescer demandando mais água. Daí conclui-se a importância do Sistema produtor Norte para a cidade.

A adução de água bruta no sistema Canoas é composta por duas elevatórias (EE1 e EE2), dois boosters (Booster 1 e Booster 2) e 14,7km de adutora, diâmetro de 700mm, com trechos em ferro fundido e aço carbono.

A presença de transporte de sedimentos na bacia, seja por erosão, seja por mau uso do solo, é extremamente prejudicial para o funcionamento das bombas reduzindo sua vida útil.

O material do rotor bombas foi modificado, sendo colocado aço duplex que é melhor para evitar o desgaste por abrasão. Mesmo assim a manutenção contra a abrasão é constante: a cada seis meses as bombas vão para manutenção para substituição de peças. As carcaças também têm apresentado muitos problemas.

O percurso por onde passa a adutora é composto por áreas de pasto e também travessias, além do terreno ser sujeito a erosões. Nesse trajeto é realizado serviço preventivo, com inspeções mensais no período chuvoso e trimestrais no período seco, além de geofonamento anualmente. São realizadas correções no terreno, conserto de contenções nas travessias, instalação de drenagem e outros.

O sistema Pouso Alegre possui três elevatórias de água bruta (PA1, PA2 e PA3). A extensão da adutora de água bruta é de 10,370 km, diâmetro com trechos de 450 mm e outro de 400 mm e é toda composta de Ferro Fundido.

O percurso por onde passa a adutora é composto por áreas de preservação e cafezais, sendo muito mais simples a manutenção que no Sistema Canoas.

No sistema Sapucaí Mirim a água bruta é recalçada para a ETA Sul através de três elevatórias (EEAB1, EEAB2 e EEAB3). A adutora possui uma extensão de 20,791 km, diâmetro de 800 mm e trechos em aço e outros em Ferro Fundido. O trajeto da adutora de água bruta se dá em relevo que ajuda muito a manutenção e operação. Trata-se de trecho reto com apenas uma travessia em rio e se localiza ao lado de uma rodovia. Porém é extremamente longa e com grande desnível geométrico a vencer.

Devido à grande distância a ser percorrida, grande quantidade de elevatórias com altura manométrica elevada e consumo de produtos químicos, etc, o sistema Sapucaí Mirim torna-se o com custo operacional mais elevado fazendo com que outras opções sejam sempre preferidas para que os custos de produção possam ser menores.

Existem duas Estações de Tratamento de Água no Município de Franca: a ETA Norte, que recebe água proveniente do Sistema Produtor Norte e a ETA Sul que recebe água do Sistema Sapucaí Mirim.

As duas Estações de Tratamento de Água são do tipo convencional e possuem um ótimo funcionamento, apesar da ETA Norte funcionar no limite.

Atualmente a parte urbana da bacia do Rio Canoas é abastecida a partir da ETA Norte, mas com a interligação das ETAs, parte da área urbana da bacia será abastecida a partir da ETA Sul.

Nos últimos anos há uma tendência à formação de loteamentos na bacia do Canoas principalmente em sua área rural. Esses loteamentos se apresentam preferencialmente ao longo das rodovias João Traficante e Tancredo de Almeida Neves.

A urbanização dispersa dificulta e encarece substancialmente a implantação de redes de distribuição de água. Desta forma existe uma preferência pelos poços artesianos individuais. Algumas das chácaras já estão sendo abastecidas por rede, as quais são regularizadas.

A rede coletora de esgotos de Franca possui mais de 1.300 km de extensão e em sua maior parte é constituída de tubulações de manilha cerâmica de 150 mm que apresentam bom estado de conservação.

O sistema de esgotamento sanitário na área urbana da cidade de Franca, conta com uma rede coletora, coletores tronco, interceptores, estações elevatórias, emissários, estações de tratamento e emissários finais. As bacias que drenam para o rio Canoas tem soluções de afastamento através de elevatórias que revertem o esgoto para as bacias principais da cidade e depois levam o esgoto para as ETEs principais ou tem tratamento específico (lagoas) e posteriormente lançam o efluente em corpos d'água.

A coleta de esgotos sanitários em locais dispersos se torna cara e difícil, visto que além das redes são necessárias muitas outras estruturas, como elevatórias, interceptores e emissários por exemplo. Na bacia do Rio Canoas, mesmo na área urbanizada ainda existem

alguns bairros sem coleta de esgotos e mesmo nas chácaras onde há distribuição de água não existe rede coletora.

A maioria dos loteamentos da bacia do rio Canoas, por não possuir rede de coleta de esgotos sanitários usa um sistema individual alternativo de saneamento. Os exemplos acompanhados pela Secretaria de Infraestrutura de Franca utilizam fossa séptica individual o que pode não ocorrer em outros loteamentos que não são acompanhados. Essas fossas não são de responsabilidade da Sabesp e a manutenção das mesmas é de responsabilidade do proprietário do imóvel onde elas estão contidas.

Atualmente existem algumas ETEs na área da bacia do Rio Canoas que são compostas por lagoas e que lançam os seus efluentes na bacia. São elas: (i) City Petrópolis, (ii) Paulistano 1, (iii) Paulistano 2, (iv) Palestina e (v) São Francisco.

O corpo receptor que atende a ETE City Petrópolis pertence a bacia hidrográfica que drena para a Captação do Ribeirão Pouso Alegre. Os corpos receptores que atendem as ETEs Paulistano 1, Paulistano 2, Palestina e São Francisco pertencem a bacia que drena para a captação do Rio Canoas.

A legislação municipal de Franca, nos termos do parágrafo 2º do artigo 4º da lei nº 4.240, de 11/12/92, alterada pela Lei nº 4.420, de 07/04/94, determina que os esgotos ou efluentes, produzidos por loteamentos já instalados na Bacia do Rio Canoas, devem ser revertidos para outras bacias que não as dos córregos protegidos, sendo canalizados até a Estação de Tratamento de Esgotos que o órgão administrador dos serviços de esgotos sanitários do Município vier a indicar.

A desativação das Lagoas e reversão dos esgotos foram acertados em Termo de Ajustamento de Conduto (TAC) realizado em 25 de abril de 2017 (MPSP, 2017) que estabelece diretrizes e ações a serem desenvolvidas na reversão dos esgotos ou efluentes produzidos na Bacia do Rio Canoas para outras bacias.

De acordo com a Sabesp, após a desativação somente a Lagoa City Petrópolis terá seus esgotos revertidos para a ETE Luíza. Todas as outras Lagoas terão seus esgotos revertidos para a ETE Franca que estão localizadas fora da bacia do Rio Canoas.

A primeira lagoa a ser desativada será a City Petrópolis cujas obras iniciaram em novembro de 2022. As obras de todas as lagoas têm seu término previsto para 2024.

Posteriormente serão realizadas as desativações das ETEs. Segundo a Sabesp serão avaliadas, no mínimo duas alternativas:

- Transformação das áreas da ETEs em áreas de plantio de árvores;
- Aproveitamento das áreas para implantação de usinas fotovoltaicas para geração de energia.

São citadas no plano duas Estações de Tratamento de Esgotos que não estão localizadas na bacia do rio Canoas, mas recebem ou receberão esgotos provenientes dela. São a ETE Franca com um sistema de lodos ativados convencional e a ETE Luíza constituída de lodos ativados por aeração prolongada.

As duas ETEs possuem uma ótima eficiência de remoção de carga orgânica e estão em ótimo estado de funcionamento e não lançam os seus efluentes na bacia do rio Canoas.

Na bacia do Rio Canoas tem-se apenas uma pequena área urbana mais a oeste, constituindo-se o restante de área rural. Desta forma a coleta regular de Resíduos Sólidos Urbanos e Coleta Seletiva são efetuadas apenas na parte urbana. No restante da bacia existe um sistema de coleta através de caçambas, que quase sempre não funciona muito bem devido a falta de comprometimento da população e cujo manejo deverá ser revisto. A coleta regular na área urbana da Bacia do Rio Canoas é feita porta a porta pela empresa Sociedade Empresarial de Coleta e Tratamento de Resíduos Ltda. (Seleta) e encaminhada para o Aterro Sanitário de Franca. A coleta seletiva é realizada pela empresa Sociedade Empresarial de Coleta e Tratamento de Resíduos Ltda. (Seleta) e os resíduos são encaminhados para a Unidade de Triagem da COOPERFRAN para separação e posterior venda. Os rejeitos são encaminhados ao Aterro Sanitário Municipal.

No que se refere a coleta através de caçambas nem todos os pontos fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente como sendo de coleta por caçambas possuem caçambas no local. Um outro item observado é que não existem muitos pontos de coleta por caçambas ao longo das Rodovias João Traficante e Tancredo Neves que são os locais com o maior número de loteamentos. Nota-se que as caçambas não são suficientes para todo o resíduo depositado pela população. Desta forma torna-se necessária uma mudança na gestão desses recipientes a fim de não existir mais resíduo disperso na bacia. O que também é extremamente importante e deve ser levado em conta é a educação relativa ao ambiente da população que não tem respeitado as áreas de depósito dos resíduos.

São depositados todo tipo de resíduos nestas áreas como domiciliar, industrial, restos de podas (que tem aterro próprio e gratuito), móveis, etc. Também é necessário um trabalho de conscientização neste sentido.

São encontrados resíduos ao longo de cursos d'água, ao longo das vias, em propriedades privadas, no meio de loteamentos e outros. O descarte ao longo de cursos d'água provoca poluição e transporte de sedimentos. No caso da Bacia do Rio Canoas isso se torna um grande desafio já que os mananciais estão no limite para aproveitamento e muito assoreados. Um dos inconvenientes encontrados nesses locais são as moradias improvisadas no meio dos resíduos, que abrigam catadores, denotando um problema social grave.

Alguns aterros encerrados e outros em funcionamento se localizam na bacia do Rio Canoas e podem ser considerados passivos ambientais. O Aterro sanitário de Franca recebe os resíduos provenientes da região da bacia do Rio Canoas mas não está localizado nesta área.

Aterro da Codrate: Trata-se de um aterro particular destinado à disposição de inertes e resíduos da construção civil cuja deposição é paga. Licença de Operação 27005117.

Este é um aterro que foi iniciado em uma região de erosão e possui duas áreas distintas: uma já se encontra como passivo ambiental e a outra está em pleno funcionamento. As duas áreas são contíguas.

Observa-se uma área de nascente bem ao lado do aterro, bem como uma erosão ao lado da mata que contém essa nascente. A região possui curso d'água (Córrego Cassimiro) que drena para a bacia do Córrego dos Correias que desagua no Ribeirão da Onça que é afluente do Rio Canoas.

A área que constitui passivo ambiental está sendo acompanhada pela CETESB que contratou o serviço de acompanhamento das águas subterrâneas e superficiais no local. A empresa tem como objetivo compilar, comparar e avaliar os resultados analíticos das amostras de águas subterrâneas e superficial referente ao automonitoramento de aterro de resíduos inertes e da construção civil realizada nos dias 08 de junho e 29 de agosto de 2022.

Após a verificação dos relatórios pode-se concluir que os resultados das análises de três poços de monitoramento atenderam aos padrões estabelecidos pelos Valores Orientadores Cetesb – Águas Subterrâneas (Decisão de Diretoria Nº125/2021/E de 09/12/2021). Em um dos poços de monitoramento as análises de Chumbo Total (Resultado: 43µg/l; Valores Orientadores DD 125/2021/E: 10µg/l) e Nitrogênio Nitrato (Resultado: 13.939µg/l; Valores Orientadores DD 125/2021/E: 10.000µg/l) apresentaram resultados acima dos valores estipulados pelos Valores Orientadores Cetesb - Águas Subterrâneas (Decisão de Diretoria Nº125/2021/E de 09/12/2021).

Referente às análises realizadas na água superficial, pode-se concluir que os resultados dos parâmetros de Manganês total (Resultado: 0,331mg/l; Valor orientador: 0,1mg/l), Materiais flutuantes (Resultado: presente; Valor orientador: virtualmente ausente), Oxigênio dissolvido (Resultado: 4,6mg/l; Valor orientador: min. 5,0mg/l), Resíduos sólidos objetáveis (Resultado: presente; Valor orientador: virtualmente ausente), Substâncias que comuniquem gosto (Resultado: presente; Valor orientador: virtualmente ausente A/P) e Toxicidade Crônica (Resultado: tóxico T/NT; Valor orientador: não tóxico T/NT) encontram-se fora dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA - 357 de 17 de Março de 2005 - Art. 15 - Águas Doces - Classe 2.

Aterro da Fazenda Municipal Pouso Alto: O Aterro da Fazenda Municipal Pouso Alto constitui-se atualmente de um passivo ambiental situado à rua Sidney Romeu de Andrade

próxima à Rodovia Candido Portinari (SP 334), que liga Franca ao Município de Cristais Paulista a norte, local antigamente denominado Fazenda Municipal, de propriedade da Prefeitura de Franca, distante cerca de 6 km da região central da cidade.

No levantamento do uso e ocupação do solo foram identificados usos agrícola, industrial, e locais de lazer “chácaras”, com uma grande quantidade de poços profundos instalados e não outorgados, conforme identificamos in situ no entorno imediato.

Para agravamento da situação, verificou-se tratar de uma área de encostas onde ocorrem nascentes em sua porção intermediária, formando cabeceiras de drenagens e córregos, os quais são utilizados pelas propriedades a jusante para criação e abastecimento domésticos, e que contribuem para a microbacia do Córrego do Pouso Alto, que drena para o Ribeirão Pouso Alegre afluente do Rio das Canoas.

Na base do maciço, mais especificamente a sul encontra-se uma das nascentes do Córrego do Pouso Alto, e a leste identificou-se outra nascente, distante aproximadamente 300 metros da área, a norte é identificado um olho d’água distante aproximadamente 180 metros, com vegetações preservadas nas APP.

De acordo com as normas e os procedimentos estabelecidos pela CETESB foi contratada a empresa Geo-Analítica Estudos e Gerenciamentos de Áreas Contaminadas Ltda-ME para elaboração de Roteiro para Elaboração de Estudo de Investigação de Contaminação em Áreas de Deposição de Resíduos Sólidos Urbanos (Maio/2019).

Após as instalações dos poços de monitoramento estes foram amostrados por laboratório devidamente acreditado na ISOIEC 17025, as amostras foram encaminhadas para análise no mesmo laboratório. Os resultados analíticos indicaram concentrações das SQIs Anilina, TPH Total, Arsênio, Bário, Chumbo, Cromo, Molibdênio, Níquel, Selênio, Arsênio Dissolvido, Bário Dissolvido, Cromo Dissolvido, Molibdênio Dissolvido e Níquel Dissolvido acima dos valores de intervenção preconizados para a área. Portando as plumas de contaminações extrapolam a área do aterro, atingindo receptores externos.

O Chorume proveniente do aterro é coletado e enviado para duas lagoas e posteriormente retirado por caminhões e destinado a Estação de Tratamento de Esgotos de Franca.

Aterro de galhos: Neste aterro podem ser descartados resíduos de podas, capinas e galhos tanto da prefeitura quanto de particulares. Os resíduos devem ser levados até o aterro pelo interessado. Trata-se de um serviço gratuito.

Aterro de Inertes da Presidente Vargas: Trata-se de antigo aterro de inertes que hoje em dia já se encontra desativado. Localiza-se na Av. Presidente Vargas em área próxima ao Hospital do Coração no bairro Jardim do Éden. Este Aterro foi construído em área na qual já existia uma erosão nas proximidades. Neste caso o principal problema encontrado é que a erosão na lateral do aterro destruiu a drenagem que foi projetada juntamente com o Aterro de inertes. Neste ponto formou-se uma imensa cratera que ameaça o aterro e a região do entorno. Na verdade, a erosão já está atingindo a área do aterro.

Em projeto realizado por FCTH, 2012 foram encontradas três situações de macrodrenagem que tem relação com a bacia do Rio Canoas: a bacia do Córrego do Morto, a bacia do Ribeirão dos Correias e o Córrego do Lageado. Foram sugeridas a construção de parques lineares para a bacia do Ribeirão dos Correias e do Córrego do Lageado em regiões próximas e na área urbanizada.

Outros problemas relativos à drenagem podem ser encontrados na bacia do Rio Canoas. Existe uma situação em que o Ribeirão do Onça tem seu fluxo obstruído na região de uma Ponte conhecida como Ponte do Paiolzinho. A obstrução causa a deposição de sedimentos e enchente na época das chuvas como pode ser verificado na marcação de cheia na parede de um imóvel abandonado.

Segundo CASARIN (2008) “A erosão provocada pela água no leito e nas margens das estradas rurais de terra está intimamente relacionada à má drenagem, sendo um dos principais fatores para sua degradação. Para que o sistema de drenagem seja feito de forma adequada é necessário o conhecimento da erodibilidade, capacidade de infiltração de água no solo e adoção de práticas mecânicas de elevação do greide e interceptação de águas

através de dispositivos de captação. No leito de estradas rurais de terra verifica-se concentração de volume de água nas sarjetas onde provocam desagregação de solo e carreamento deste para pontos mais baixos a jusante com aberturas de leiras, formando sangrias por onde os desagregados de solo e água escoam e se depositam nas áreas a jusante causando impacto ambiental nos recursos hídricos.”

Um caso a ser observado é a má conservação da estrada do Bananalzinho com fortes erosões em todas as barraginhas ao longo do percurso e erosões tanto laminares como lineares. As marcas no solo mostram que os sedimentos estão sendo levados para as áreas mais baixas do terreno e que culminarão nos cursos d’água. É necessária manutenção mais frequente no local para evitar que mais danos aconteçam.

Cabe destacar que na bacia em questão, a do Rio Canoas, existem duas das captações mais importantes do município de Franca: a do Ribeirão do Pouso Alegre e do Rio Canoas. Como já foi destacado no abastecimento de água, as captações encontram-se bastante assoreadas necessitando-se de limpezas periódicas nos locais para continuidade no aporte de água. A bacia apresenta o problema da erosão em arruamentos e vias e posterior transporte desses sedimentos para os cursos d’água.

Existe assim, a necessidade de planejamento prévio em possível urbanização a ser implantada na bacia, e definição da melhor maneira de se executar a drenagem local a fim de evitar o agravamento de problemas de erosão.

No caso do Aterro da Presidente Vargas a erosão se tornou tão intensa que ao longo dos anos destruiu a drenagem que havia sido construída ao redor de todo o aterro (em formato de meia cana de concreto). E atualmente já compromete a área do aterro de inertes desativado carreando parte dos materiais ali depositados. O grande problema é que com as chuvas esse material vai sendo transportado para partes mais baixas podendo atingir os rios com resíduos sólidos.

Nos loteamentos acompanhados pela Secretaria de Infraestrutura de Franca (em sua maioria) não existem galerias de águas pluviais, tampouco guias, sarjetas e pavimentação

asfáltica. Os projetos de drenagem também não foram apresentados a Secretaria até a data destes documentos.

Do ponto de vista da qualidade da água nos mananciais, considerando o uso e ocupação do solo atual (i.e., em 2023) da bacia hidrográfica do Rio Canoas, a água bruta atende a todos os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888 (Brasil, 2021) para fins de abastecimento.

O monitoramento contínuo da qualidade do Córrego Pouso Alegre é recomendável para a vigilância adequada de sua qualidade. Com base nas médias das variáveis limnológicas, de direto interesse para a potabilidade, que tiveram determinações contínuas no período de 2017 a 2022, as águas do Córrego Pouso Alegre apresentaram pH neutro ($7,1 \pm 0,3$), $92,1 \pm 82,6$ uH de cor aparente, temperatura média de $21,8 \pm 8,3$ °C e turbidez $71,3 \pm 117,7$ UNT. Ressalta-se que mudanças em relação à ocupação da bacia, pode comprometer a qualidade da água desse manancial de abastecimento para o município de Franca.

A qualidade da água do Rio Canoas encontra-se adequada para o abastecimento, entretanto deve-se considerar com muita precaução, o aumento de atividades que impactam a qualidade da água bruta, como, por exemplo, processos erosivos que contribuem com o aumento da turbidez da água. No cenário atual de conservação da bacia hidrográfica, os valores de TURB foram quase sempre adequados no Rio Canoas (87% das vezes), entretanto episódios de TURB elevados foram registrados em épocas de elevadas precipitações. Nas águas do Rio Canoas, os STD corresponderam a 51% das concentrações de ST. As concentrações de SDT também permaneceram variando abaixo do valor de referência para os rios Classe 1, 2 e 3 (500 mg L^{-1}).

As concentrações de SO_4 -total, Cl-total, N- NH_4 , N- NO_3 , N- NO_2 e Fluo-total total ficaram sempre dentro do previsto para Rios de Classe 1. O Rio Canoas apresentou apenas dois episódios de concentração de P-total fora da conformidade prevista na legislação (CONAMA nº 357; Brasil 2005), considerando as 15 determinações realizadas. Os valores das concentrações de CLO-a estiveram sempre dentro da conformidade no Rio Canoas. Os

valores de UFC/100 ml de *E. coli* quase sempre ficaram acima dos valores previstos para águas de Classe 1, 2 e 3 (P3: 8 vezes em 14 determinações = 57%; a criação de gado a montante do ponto de amostragem é uma fonte provável da presença de *E. coli* nas águas do Rio Canoas. Os valores de DBO e OD foram sempre adequados, indicando uma baixa entrada de carga orgânica no Rio Canoas. As águas sempre apresentaram concentrações de OD superiores a $6,0 \text{ mg L}^{-1}$, indicando boas condições de oxigenação. A variação temporal da temperatura da água do Rio Canoas segue um padrão sazonal, sendo mais elevada em épocas de cheia e menor, na estiagem. Valores de CE acima de $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ sugerem recursos hídricos impactados, entretanto, nenhuma campanha amostral indicou valores de CE elevados. A variação sazonal da Alc-total foi $20,25 \text{ mg L}^{-1}$ na cheia e $19,67 \text{ mg L}^{-1}$ na seca; esses valores representam indicativos de baixa alcalinidade.

Os valores de pH variaram sempre dentro dos limites preconizados no CONAMA nº 357 (Brasil, 2005), i.e., valores entre 6 e 9. A média da COR na seca ($20,60 \text{ mg Pt L}^{-1}$) foi menor 2,4 vezes menor que na cheia ($49,50 \text{ mg Pt L}^{-1}$). Vários elementos metálicos não foram detectados ou não apresentaram concentrações fora da conformidade (CONAMA nº 357; Brasil 2005): As-total, Ba-total, Cd-total, Cr-total, Hg-total, Na, Ni-total, Pb-total, Mg-total. O Zn-total foi detectado em concentrações acima do previsto em apenas um episódio no (1/11). Os episódios de concentrações elevadas de Fe-dis e Al-dis foram observados; em relação à presença de Cu-dis apenas 1 ocorrência foi observada.

As águas do Rio Canoas sempre apresentaram concentrações de TENS de $< 0,1 \text{ mg L}^{-1}$. Tampouco foram observadas concentrações de OG no período desse estudo. As maiores concentrações de THM foram encontradas na cheia (2,6 vezes maior) que na seca (média = $94,90 \text{ mg L}^{-1}$). Na média, os estados tróficos se enquadraram em mesotrófico e oligotrófico. Em relação ao IQA, todos os pontos foram enquadrados como qualidade boa, apenas 1 evento indicou a qualidade do Rio Canoas como regular. Em adição as condições atuais, a potencial expansão urbana na bacia hidrográfica do Rio Canoas colocará pressões adicionais sobre o manancial de abastecimento, e poderá causar maior deterioração na qualidade da água, como a adução de nitrogênio e fósforo, elementos causadores da eutrofização.

A avaliação do meio físico da Área de Interesse Especial para efeitos de proteção de mananciais hídricos na Bacia do Rio Canoas em Franca (AIE Canoas) realizada neste relatório demonstrou que ela possui, em geral, elevada fragilidade natural, ocasionada por um conjunto de características naturais interligadas. Muitos pontos da bacia possuem solos bastante erodíveis em função das características geológicas presentes (principalmente nas áreas com arenitos da Formação Pirambóia), os quais, associados a relevo declivoso, favorecem processos erosivos e o carreamento de sedimentos para os cursos d'água. A ausência de vegetação nativa, como ocorre em muitas Áreas de Preservação Permanente, acentua esse problema (conforme pode-se observar em registros fotográficos de voçorocas anexos a esse relatório), além de impactar negativamente a biodiversidade local e a oferta de serviços ecossistêmicos, dentre eles os de produção e conservação da água.

Dentre esses serviços ecossistêmicos, destacam-se aqueles ligados ao fornecimento de água em quantidade e qualidade adequadas para a população, motivação principal da legislação que tornou as bacias hidrográficas dos rios Canoas e do Pouso Alegre em áreas de interesse especial para fins de proteção desses mananciais. Pelos dados apresentados neste relatório, verificou-se que tal legislação vem garantindo até recentemente de modo efetivo o objetivo de garantir a segurança hídrica. Entretanto, a ocupação urbana mais intensa nos últimos anos, especialmente nas sub-bacias 24 e 25 (Figura 3.2.3(1)), apresenta uma tendência de aumento de risco às áreas de captação de água no rio Canoas e do Pouso Alegre e ao seu tratamento para abastecimento, inclusive também elevando os seus custos de produção. Mananciais que são importantes não só no presente, mas também para o fornecimento de águas ao município no futuro.

A importância desse processo de conservação da AIE Canoas também é demonstrada pelas suas características geológicas, a qual apresenta áreas de recarga do Aquífero Guarani com algum grau de vulnerabilidade associada. Assim, o processo ocorrido entre as décadas de 1980 e 1990 de declínio das áreas florestais em função do aumento das atividades agropecuárias (ver item 3.1.5 - Cobertura vegetal do presente relatório), exemplifica como mudanças no uso e ocupação da terra podem eventualmente comprometer a qualidade e a quantidade não só da água superficial, mas também da subterrânea. De forma análoga pode se depreender em relação à recente intensificação da

ocupação urbana anteriormente mencionada na bacia hidrográfica do rio Canoas, já que a impermeabilização do solo decorrente dessa mudança, associada ao uso de água subterrânea para abastecimento de loteamentos e a destinação não adequada do esgoto e dos resíduos sólidos, acabam colocando em risco tais recursos hídricos.

Mudanças no uso e ocupação das terras ao longo do tempo, também, evidenciam os impactos na biodiversidade local. Assim, as ações de revegetação de áreas degradadas ocorridas a partir dos anos 2000 permitiram a reversão de um processo marcante de declínio da cobertura vegetal na bacia e, conseqüentemente, favorecendo a conservação da fauna e da flora na mesma. Destaca-se que, conforme mapeamento realizado e corroborado por outros estudos recentes, cerca de 70% das áreas previstas como APP ainda são ocupadas por vegetação.

Entretanto, pelas avaliações feitas para este relatório por meio de pesquisas documentais, análises de imagens de sensores remotos e trabalhos de campo, diagnosticou-se a intensificação da urbanização da AIE Canoas. Com base no mapeamento de uso e ocupação da terra realizado no presente estudo em comparação com estudos anteriores, foi observado um avanço de mais de 30% da urbanização nos últimos 5 anos.

De acordo com a descrição feita no item 3.6 “Ordenamento Territorial”, o padrão de criação de loteamentos tem sido estabelecido com o desdobro de lotes e a implantação da infraestrutura, a qual se inicia com a demarcação de quadras e lotes, a abertura de vias, o alinhamento e nivelamento das unidades parceladas e os serviços de terraplanagem. Apesar de contarem muitas vezes com o acesso à energia elétrica, esses loteamentos costumam carecer de infraestrutura de saneamento ambiental e de sistema viários. Cabe ressaltar que muitos desses loteamentos, além de infringirem as leis municipais nº 4240/92 e nº 4420/94, não se enquadram ao Decreto Municipal nº11.433 (Reurb-E), já que a regularização fundiária se aplica tão somente aos núcleos urbanos residenciais e de recreio informais ocupados por população não qualificada como de baixa renda e comprovadamente existentes até 22 de dezembro de 2016.

Ainda que do ponto de vista da qualidade os mananciais da Bacia do Rio Canoas apresentem-se satisfatórios, em termos de quantidade eles não conseguem garantir o

abastecimento em todo o tempo, tampouco as outorgas de uso são respeitadas em períodos de estiagem. O acréscimo do sistema produtor Sapucaí Mirim tende a minimizar a dependência sobre estes mananciais nos próximos anos de acordo com a interligação dos sistemas, contudo não diminui a sua importância devido a diversos fatores, dentre eles os custos envolvidos na adução e tratamento, dado as características dos sistemas.

A criação da AIE Canoas, por meio de legislação municipal, com dispositivos de proteção à área de manancial foi preponderante, nas últimas três décadas, para minimizar os problemas decorrentes de uma ocupação mais acentuada como se constata da análise do gráfico da figura 3.7(8) e dos percentuais de APPs preservadas, da ordem de 70%. Entretanto, o que já se vislumbra, pelo que se pode evidenciar das imagens de sensores remotos analisadas a partir de 2018, é uma pressão ainda maior do ponto de vista das ocupações irregulares. Neste aspecto vê-se uma diminuição da efetividade dessa legislação de forma independente. Corroboram para esta circunstância a precariedade do arcabouço institucional onde se deixou de atualizar instrumentos importantes da gestão e ordenamento territorial como o plano diretor municipal, os cadastros técnicos multifinalitários e mesmo a regulamentação da APA Canoas como previa o Código de Meio Ambiente Municipal em seu artigo 55.

As referências bibliográficas citadas neste relatório e complementares às referências já elencadas no relatório 1 estão listadas no anexo 6(1).

São Carlos, 28 de abril de 2023

Cláudio Bielenki Jr
Coordenador do Projeto

10/05/2023 15:20:53 (BRT/UTC-3)

Documento**15072_Relatorio-2-deServicosPreliminares_PrefeituradeFranca_Claudio_Bielenki_Jr****Arquivo:**

Volume_000006\c51d49c18ba54dcb825107998676da01.pdf

Data de envio para o processo de assinatura digital:

10/05/2023 14:56:41 (BRT/UTC-3)

Código de verificação:

4301-EE2C-0805

Validação e status atual do documento:<https://assina.fai.ufscar.br/app/Documento/Protocolo/4301-EE2C-0805>**Status**Processo de assinatura do documento finalizado em **10/05/2023****14:58:28 (BRT/UTC-3)**Sincronizado com a Horal Legal Brasileira - Projeto NTP.br
Observatório Nacional e NIC.br**Assinaturas**[687.736.170-91] Cláudio Bielenki Jr
bielenki@ufscar.br**Assinou (Eletrônico AC AssinaWeb)** em: 10/05/2023 14:58:28 (BRT/UTC-3)**Eventos****10/05/2023 14:56:41** [360.063.238-85] Luan Ariel de Oliveira **publicou**.**10/05/2023 14:58:28** [687.736.170-91] Cláudio Bielenki Jr (IP: 200.136.220.170) **assinou**. Visualizou em 10/05/2023 14:57:41.