UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

QUALIDADE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO JOSÉ JOAQUIM, SAPUCAIA DO SUL (RS)

ANNE KRUMMENAUER

ORIENTADOR: PROF. DR. LUÍS ALBERTO BASSO

PORTO ALEGRE
SETEMBRO DE 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

QUALIDADE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO JOSÉ JOAQUIM, SAPUCAIA DO SUL (RS)

Anne Krummenauer

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Basso

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Kátia Kellem da Rosa
Prof. Dra. Nina Simone Vilaverde Moura
Prof. Dra. Teresinha Guerra

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

PORTO ALEGRE
SETEMBRO DE 2020

CIP - Catalogação na Publicação

Krummenauer, Anne
QUALIDADE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO JOSÉ JOAQUIM, SAPUCAIA DO SUL (RS) / Anne Krummenauer. -- 2020.
194 f.
Orientador: Luís Alberto Basso.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Integridade física. 2. Percepção ambiental. 3. Protocolos de Avaliação Rápida. 4. Qualidade da água. 5. Rios Urbanos. I. Basso, Luís Alberto, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RESUMO

Com o intuito de contribuir para o avanço no tratamento das águas urbanas no Brasil, e, em especial, do Rio dos Sinos, a presente pesquisa teve o objetivo de avaliar aspectos da qualidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim, em Sapucaia do Sul (RS): a integridade física, a qualidade da água e a percepção ambiental. A área de estudo foi dividida em seis pontos de avaliação, nomeados, de montante para jusante, de PR, P1, P2, P3, P4 e P5. A qualidade da água foi obtida em duas campanhas de monitoramento (1, em agosto de 2019, e 2, em março de 2020), através da avaliação de 16 parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água. A integridade física foi obtida através da adaptação e aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Física para Córregos Antropizados (PAR-CA), em março de 2020. De maneira complementar, foi avaliada qualitativamente a percepção ambiental de 19 moradores do entorno do córrego e de dez funcionários da Prefeitura Municipal de Sapucaia do Sul através de entrevistas. Conforme a Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005, na campanha 1, as águas dos pontos amostrais foram compatíveis com a Classe 1 (PR e P2), Classe 2 (P5), Classe 3 (P1 e P4) e Classe 4 (P3), já na campanha de 2, as águas de todos os pontos foram enquadradas na Classe 4. Os piores resultados relacionaram-se com os parâmetros coliformes termotolerantes, fosfato total e condutividade elétrica, o que indica poluição por esgotos domésticos e, possivelmente, por efluentes industriais. Os resultados do PAR-CA classificaram o ambiente como: “bom”, no PR (170 pontos) e no P1 (130 pontos); “ruim”, no P2 (15 pontos), no P3 (30 pontos) e no P4 (20 pontos); e “regular” no P5 (85 pontos). Os resultados da avaliação da qualidade das águas e da integridade física da sub-bacia do córrego José Joaquim apontam para um declínio da qualidade ambiental de montante para jusante, embora o declínio não seja constante devido a uma melhora registrada no último ponto de avaliação (P5). A menor qualidade ambiental associa-se às áreas em que a urbanização é mais expressiva e onde o córrego está canalizado. O estudo da percepção ambiental foi elucidativo para apontar, de maneira qualitativa, uma predominância de pensamento antropocêntrico junto aos moradores (89% dos entrevistados): o córrego é visto apenas como um prestador de serviços à população. Evidenciou-se que a melhora de aspectos da qualidade ambiental da sub-bacia do córrego José Joaquim depende de medidas como coleta e tratamento eficiente dos esgotos domésticos, reversão da descaracterização física do canal fluvial, incentivo à participação social na gestão dos recursos hídricos e educação ambiental.

Palavras-chaves: integridade física, percepção ambiental, Protocolos de Avaliação Rápida, qualidade da água, rios urbanos.

ABSTRACT

In order to contribute to the improvement in urban water treatment in Brazil, and especially in Sinos River, the present research aimed to asses aspects of environmental quality of the hydrographic sub-basin of the José Joaquim stream, in Sapucaia do Sul (RS): physical integrity, water quality and environmental perception. The area under study was divided into six assessment points, named, from upstream to downstream, from PR, P1, P2, P3, P4 and P5. The water quality was obtained in two monitoring campaigns (August, 1st 2019 and March, 2nd 2020), through the evaluation of 16 physico-chemical and bacteriological parameters of the water. The physical integrity was obtained through the adaptation and application of the Rapid Assessment Protocol for Physical Integrity for Anthropized Streams (PAR-CA), in March 2020. In a complementary manner, the environmental perception of 19 residents around the stream and ten employees of the Sapucaia do Sul City Hall was qualitatively assessed via interviews. According to CONAMA Resolution no. 357, of 17 of March of 2005, in the campaign 1, the waters of the sampling points were compatible with Class 1 (PR and P2), Class 2 (P5), Class 3 (P1 and P4) and Class 4 (P3) , in the campaign 2, the waters of all points were classified on Class 4. The worst results were related to the parameters thermotolerant coliform, total phosphate, and electrical conductivity, which indicates pollution by domestic sewage and possibly by industrial effluents. PAR-CA results classified the environment as: “good”, at PR (170 points) and at P1 (130 points); “bad”, at P2 (15 points), at P3 (30 points) and at P4 (20 points); and “regular” at P5 (85 points). The results of the assessment of water quality and physical integrity of the José Joaquim stream sub-basin point to a decline in environmental quality from upstream to downstream, although the decline is not constant due to an improvement recorded at the last assessment point (P5). The lower environmental quality is associated with the areas in which urbanization is most significant and where the stream is channeled. The study of environmental perception was instructive to point out, in a qualitative way, a predominance of anthropocentric thinking among residents (89% of respondents): the stream is seen only as a service provider to the population. It was evidenced that the improvement of aspects of the environmental quality of the sub-basin of the José Joaquim stream depends on actions as the efficient collection and treatment of domestic sewage, the reversion of the physical mischaracterization of the river channel, on the incentive to social participation in the management of water resources, and environmental education.

Keywords: physical integrity, environmental perception, Rapid Assessment Protocols, water quality, urban rivers.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS 8

LISTA DE FIGURAS 10

LISTA DE QUADROS 13

1 INTRODUÇÃO 14

2 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO 18
2.1 EVOLUÇÃO NO TRATAMENTO DAS ÁGUAS URBANAS 18
2.2 CARACTERÍSTICAS DE UM CANAL FLUVIAL 23
2.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA 33
2.4 AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE FÍSICA: PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA (PAR) 40
2.4.1 Histórico 40
2.4.2 Importância da avaliação de integridade física 40
2.4.3 Características do método 42
2.4.4 Aplicações de PAR no Brasil 44
2.5 AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL 47

3 ÁREA DE ESTUDO: SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO JOSÉ JOAQUIM 51
3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS 51
3.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS 56

4 METODOLOGIA 60
4.1 ETAPAS DA AVALIAÇÃO DA ASPECTOS DA QUALIDADE AMBIENTAL . 60
4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA 67
4.3 AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE FÍSICA: PAR 70
4.4 AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL 78

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 82
5.1 QUALIDADE DA ÁGUA 82
5.2 INTEGRIDADE FÍSICA: PAR 98
5.3 PERCEPÇÃO AMBIENTAL 115
5.3.1 Moradores circunvizinhos ao córrego José Joaquim 116
5.3.2 Percepção dos funcionários da Prefeitura de Sapucaia do Sul 126

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 132

REFERÊNCIAS 136

APÊNDICE A – Comparação entre os principais protocolos adaptados no Brasil (PAR-DH, PAR-RR e PAR-CR), o protocolo-base (PAR-RU) e o protocolo-resultante (PAR-CA) - aspectos e parâmetros. 151

APÊNDICE B – Entrevista com moradores do entorno do córrego José Joaquim. 158

APÊNDICE C – Entrevista com funcionários da Prefeitura de Sapucaia do Sul. 160

APÊNDICE D - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) 162

APÊNDICE E - Respostas dos moradores circunvizinhos ao córrego José Joaquim à entrevista de percepção ambiental. 163

APÊNDICE F - Respostas dos funcionários das Secretarias de Meio Ambiente e de Planejamento Urbano à entrevista de percepção ambiental. 171

ANEXO A – Resultados de análise de parâmetros do líquido efluente e afluente a ETE Novo Esteio, no período de agosto de 2019 a março de 2020. 175

ANEXO B – Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas. 180

ANEXO C – Protocolo de Avaliação Rápida para Rios Urbano (PAR-RU) 181

ANEXO D – Relatórios de ensaios da qualidade da água superficial 183

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT:	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ANA:	Agência Nacional de Águas.
APP:	Área de Preservação Permanente.
BR:	Rodovia Federal.
Cemaden:	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais.
CEP:	Comitê de Ética em Pesquisa, UFRGS.
CETESB:	Companhia Ambiental de São Paulo.
CNS:	Conselho Nacional de Saúde.
Comitesinos:	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.
CONAMA:	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CONDEMA:	Conselho Municipal de Meio Ambiente.
CORSAN:	Companhia Riograndense de Saneamento.
$DBO_{5,20}$:	Demanda bioquímica de oxigênio determinada a uma temperatura média de 20°C durante cinco dias.
Dmae:	Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Porto Alegre, RS.
DQO:	Demanda química de oxigênio.
DRENURBS:	Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural de Belo Horizonte.
EPA:	*Environmental Protection Agency*.
ERS:	Rodovia Estadual do Rio Grande do Sul.
ETA:	Estação de Tratamento de Água.
ETE:	Estação de Tratamento de Esgotos.
EUA:	Estados Unidos da América, país.
Fepam:	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, RS.
IBAMA:	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente.
IBGE:	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IDS:	Indicadores do Desenvolvimento Sustentável.
IGAM:	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IQA:	Índice da Qualidade da Água.
IT:	Índice de Toxidez.
Labgeo:	Laboratório de Geoprocessamento, UFRGS.
LQ:	Limite de quantificação.
MDE:	Modelo Digital de Elevação.
MDR:	Ministério de Desenvolvimento Regional.
MG:	Estado de Minas Gerais.
MSI:	*MultiSpectral Instrument.*
NASA:	*National Aeronautics and Space Administration*, EUA.
NBR:	Norma Brasileira.
NMP:	Número mais provável.
NSF:	*National Sanitation Foundation,* EUA.
PAC 2:	Programa de Aceleração do Crescimento - segunda fase.

PAR:	Protocolo de Avaliação Rápida.
PAR-CA:	"PAR da Integridade Física para Córregos Antropizados".
PAR-CR:	"PAR para o Monitoramento e Avaliação Ambiental de cursos d'água inseridos em Campos Rupestres", de autoria de Rodrigues (2008).
PAR-DH:	"PAR de Diversidade de Habitats", de autoria de Callisto *et al.* (2002).
PAR-RR:	"PAR de Integridade Ambiental para Ecossistemas de Rios e Riachos: Aspectos Físicos", de autoria de Minatti-Ferreira e Beaumord (2006).
PAR-RU:	"PAR para Rios Urbanos", de autoria de Campos e Nucci (2019).
PAR-SB:	"PAR de Impacto Ambiental em Sistemas Lóticos Sul Brasileiros", de autoria de Lobo, Voos e Abreu Júnior (2011).
pH:	Potencial hidrogeniônico.
PIB:	Produto Interno Bruto
PMSS:	Prefeitura Municipal de Sapucaia do Sul.
RBP:	*Rapid Bioassessment Protocols*, traduzido para Protocolo de Bioavaliação Rápida.
RJ:	Estado do Rio de Janeiro.
RMPA:	Região Metropolitana de Porto Alegre.
RNQA:	Rede Nacional de Qualidade Ambiental.
RPPN:	Reserva Particular do Patrimônio Natural
RR:	Estado de Roraima.
RS:	Estado do Rio Grande do Sul.
SC:	Estado de Santa Catarina.
SEBRAE/RS:	Serviço de Apoio a Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul.
SNIS:	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.
SP:	Estado de São Paulo.
SRTM:	*Shuttle Radar Topography Mission.*
TCLE:	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
UFRGS:	Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
UNISINOS:	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
UNT:	Unidades Nefelométricas de Turbidez.
USGS:	*United States Geological Survey*, EUA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efeitos da alteração no uso e ocupação do solo sobre o leito fluvial..... 25
Figura 2. Mudanças no canal associadas à urbanização..... 26
Figura 3. Estágios da transferência de enchentes por canalização, mostrando o hidrograma em um trecho A e as áreas sujeitas à inundação..... 29
Figura 4. Relação entre a qualidade física de habitats e a condição biológica de um ecossistema aquático..... 41
Figura 5. Mapa de localização e situação geográfica da área de estudo: a sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim..... 52
Figura 6. Mapa hipsométrico da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim..... 54
Figura 7. Mapa de declividades da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim..... 55
Figura 8. Mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim..... 57
Figura 9. Fotografia do PR, onde observa-se o córrego da Palmeira, que atravessa fazenda lindeira à RPPN Morro Sapucaia e apresenta situação ambiental próxima à original, não degradada..... 62
Figura 10. Fotografia do P1, na qual observa-se o córrego da Palmeira, em leito original, atravessando áreas rurais, com vegetação natural e ocupação urbana recente. O córrego apresenta poucos indícios de alteração de origem antrópica no leito e nas margens..... 62
Figura 11. Fotografia do P2, onde o córrego José Joaquim apresenta-se em leito canalizado e áreas urbanizadas..... 63
Figura 12. Fotografia do P3, onde observa-se o córrego José Joaquim em processo final de canalização..... 63
Figura 13. Fotografia do P4, onde observa-se o córrego José Joaquim, em leito canalizado, atravessando áreas urbanizadas..... 64
Figura 14. Fotografia do P5, na qual observa-se o córrego José Joaquim, em leito não canalizado..... 65
Figura 15. Mapa de localização dos trechos e pontos de avaliação da integridade física e da qualidade da água superficial..... 66
Figura 16. Resultados obtidos para o parâmetro coliformes termotolerantes..... 84
Figura 17. Resultados obtidos para o parâmetro condutividade elétrica..... 85
Figura 18. Resultados obtidos para o parâmetro demanda bioquímica de oxigênio **(**$DBO_{5,20}$)..... 86
Figura 19. Resultados obtidos para parâmetro oxigênio dissolvido (OD)..... 87
Figura 20. Resultados obtidos para o parâmetro fosfato total..... 88
Figura 21. Resultados obtidos para o parâmetro de nitrogênio amoniacal..... 90
Figura 22. Resultados obtidos para o parâmetro pH..... 91
Figura 23. Resultados obtidos para o parâmetro sólidos totais..... 91
Figura 24. Resultados obtidos para o parâmetro turbidez..... 93

Figura 25. Mapa da qualidade da água do córrego José Joaquim e afluentes (campanhas 1 e 2)..... 95
Figura 26. Alterações pontuais no canal fluvial nas margens e no leito do córrego, observadas no P1, destroem habitats e prejudicam a renovação natural das estruturas necessárias para a biota. Apesar disso, o ambiente é classificado como "bom" no P1, já que essas modificações estão restritas a poucos locais no T1..... 99
Figura 27. A identificação de canalização para despejo de esgotos domésticos no P3, bem como ao longo do T3, mostra que, mesmo com as obras de revitalização, a qualidade da água do córrego continuará prejudicada. Em relação ao parâmetro 2, o ambiente é classificado como "ruim" no P3, representando a situação do trecho..... 100
Figura 28. A identificação de resíduos sólidos ao longo do T2 concorre para a contaminação e para a redução da capacidade de escoamento do córrego José Joaquim. O ambiente é classificado como "ruim" no P2, quanto ao parâmetro 3, representando a situação do trecho..... 101
Figura 29. A deposição de sedimentos, em ponto no início do T4, altera a capacidade de escoamento do canal fluvial em eventos pluviométricos intensos. O parâmetro 5 confere a classificação de ambiente "ruim" ao P4, representando a situação encontrada em todo o trecho..... 102
Figura 30. O solapamento das margens, em um ponto do T4, altera o fluxo normal das águas. Tanto a instabilidade das margens quanto a canalização conferem, para o parâmetro, a classificação de ambiente "ruim" no P4, representando a situação de todo o trecho..... 103
Figura 31. A diversidade de habitats, a presença de vegetação ripária e o sombreamento observados no PR fornecem condições favoráveis para a sobrevivência da biota. Os parâmetros 10, 15 e 16 receberam a classificação de ambiente "bom" no PR, representando a situação do TR. 105
Figura 32. Os habitats monótonos e a ausência de vegetação ripária e de sombreamento no P3 caracterizam uma situação muito diferente da ideal, indicando ambiente degradado. Os parâmetros 10, 15 e 16 receberam a classificação de ambiente "ruim" no P3, representando a situação do T3.... 105
Figura 33. As marcas nas margens do córrego da Palmeira, no PR, permitem identificar uma variação sazonal no fluxo de água. Considerando que se trata do período mais seco, o ambiente recebe a classificação de "bom" para o parâmetro 10 no PR, representando a situação em todo TR..... 106
Figura 34. A presença de espumas, associada a degraus do leito canalizado, é evidente em um ponto do T4, o que indica a poluição por esgotos domésticos. O ambiente no P4, em relação ao parâmetro 10, é classificado como "ruim", representando a situação do trecho..... 108
Figura 35. A presença de líquido escuro nas águas do córrego José Joaquim, identificada em um ponto localizado no T5, indica o lançamento de esgotos domésticos. Em relação ao parâmetro 13, o ambiente no ponto P5 é classificado como "regular", representando a situação do trecho..... 109
Figura 36. Mapa da integridade física da sub-bacia do córrego José Joaquim, avaliada através do PAR-CA..... 113
Figura 37. Proporção relativa de cada aspecto de utilidade ou de importância do córrego José Joaquim, conforme indicado pelos moradores entrevistados..... 117

Figura 38. O círculo vermelho indica a mesma área do Horto Florestal de Sapucaia do Sul em dois momentos diferentes: na imagem à esquerda, de 20 de março de 2017, a área está coberta por vegetação; já na imagem à direita, de 13 de janeiro de 2020, quase três anos depois, observa-se a ocupação por moradias. As setas indicam a direção do fluxo do córrego José Joaquim..... 120
Figura 39. Proporção relativa de cada medida para manter ou melhorar a qualidade ambiental do córrego José Joaquim, conforme sugestões dos moradores entrevistados..... 123
Figura 40. O córrego Araçá, em Canoas (RS), canalizado e recoberto por calçada, como mostra a fotografia, foi citado por uma entrevistada como exemplo positivo de tratamento das águas urbanas..... 124
Figura 41. Os atores responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, segundo os entrevistados (número de citações)..... 125
Figura 42. Proporção relativa de cada aspecto de utilidade ou de importância de córregos urbanos, conforme indicado pelos funcionários entrevistados..... 128
Figura 43. Proporção relativa de cada medida sugerida pelos funcionários entrevistados para gerenciar córregos urbanos, como o córrego José Joaquim..... 128
Figura 44. Proporção relativa de cada dificuldade para a gestão do córrego José Joaquim, conforme citado pelos funcionários entrevistados..... 130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Estágios do tratamento das águas urbanas em países desenvolvidos..... 19
Quadro 2. Descrição das obras de revitalização do córrego José Joaquim, em Sapucaia do Sul (RS)..... 21
Quadro 3. Principais agentes poluidores da água..... 28
Quadro 4. Características ambientais de córregos não-urbanizados e urbanizados.... 31
Quadro 5. Usos permitidos para as águas doces conforme a Resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005)..... 34
Quadro 6. Componentes priorizados para análise de PAR..... 46
Quadro 7. Categorias representativas de concepções do meio ambiente..... 48
Quadro 8. Limites de quantificação e norma ou procedimento para avaliação laboratorial dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicosda água..... 68
Quadro 9. Limites de concentração de substâncias nas águas doces..... 69
Quadro 10. Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Física para Córregos Antropizados (PAR-CA)..... 71
Quadro 11. Representação cartográfica dos parâmetros do PAR-CA e da classificação ambiental..... 77
Quadro 12. Objetivos das seções das entrevistas de percepção ambiental conforme o grupo de entrevistados..... 79
Quadro 13. Resultados do monitoramento da qualidade da água da sub-bacia do córrego José Joaquim..... 83
Quadro 14. Classificação da qualidade da água de acordo com o resultado do IQA-Comitesinos, com dados da segunda campanha de amostragem (04 de março de 2020)..... 96
Quadro 15. Resultados de aplicação do PAR-CA em cada ponto de avaliação..... 98
Quadro 16. Exemplos de frases relacionadas às concepções dos recursos hídricos obtidas nas entrevistas..... 121

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem imprescindível para a vida no planeta. As sociedades estabeleceram-se, desde os primórdios, próximas a mananciais para obter benefícios múltiplos, como alimentos, abastecimento doméstico e agropecuário, via de transporte, meio para afastar e diluir despejos, proteção contra inimigos, geração de energia, recreação, paisagem e ambiente sagrado. Com o passar do tempo, a relação do ser humano com as fontes de água foi sendo transformada e tensionada até os limites do (in)sustentável, com o objetivo de ampliar o conforto e a qualidade de vida da população.

Mundialmente, por volta dos anos 1970 e 1980, os efeitos cumulativos e sinérgicos da degradação evidenciaram a finitude da água e a necessidade de mudanças no tratamento das águas urbanas (TUCCI, 2006). Esse movimento promoveu profundas alterações nos estudos das ciências ambientais, que passaram a buscar metodologias holísticas para compreensão dos impactos da degradação na complexidade dos ecossistemas e o desenvolvimento de estudos sobre a relação entre o ser humano e a natureza (RODRIGUES, 2008). Infelizmente, esses avanços ainda estão restritos, muitas vezes, aos países desenvolvidos.

No âmbito nacional, nesse mesmo período, ocorria o rápido e intenso processo de urbanização brasileiro (a partir dos anos 1960), ainda sob o pensamento de que a água seria um bem renovável e inesgotável à disposição da população. Desde então, ocorreram avanços nas discussões acadêmicas e nas legislações, que preveem a descentralização da gestão das águas, a participação da população nas decisões e a preferência por medidas mais sustentáveis no tratamento das águas urbanas (BRASIL, 1997, VARGAS, 1999). Entretanto, essa nova perspectiva ainda não foi suficientemente incorporada pela população, técnicos e gestores para ser capaz de produzir mudanças efetivas nas cidades (SOUZA, 2013). Não se deve estranhar que a situação de deterioração ambiental enfrentada pelos rios e córregos urbanos brasileiros seja um reflexo das condições degradantes que ainda são encontradas ao longo de suas respectivas bacias hidrográficas e da concepção social dos recursos hídricos, constituindo um passivo ambiental às futuras gerações (TUCCI, 2006).

Um curso fluvial é considerado urbano quando 10% ou mais da área de sua bacia hidrográfica esteja impermeabilizada por telhados, concreto e asfalto, pois, a partir desse percentual, os efeitos decorrentes da urbanização passam a ser evidentes (FINDLAY; TAYLOR, 2006, CENTER FOR WATERSHED PROTECTION, 2003 apud FINKLER, 2012). As diferenças entre um curso fluvial não urbanizado e um urbanizado envolvem aspectos como:

morfologia do canal fluvial, interação com o lençol freático, interação com a planície de inundação, fluxo de água, estabilidade das margens, habitats disponíveis para a biota, vegetação ripária e qualidade da água, com consequências para a diversidade biológica e para a saúde do ambiente. Como uma das medidas mais extremas na degradação de um curso fluvial, ele pode chegar a ser canalizado e recoberto, levando à repreensível exclusão das águas da paisagem urbana (BONTEMPO *et al.*, 2012).

No Rio Grande do Sul (RS) ainda são poucos os trabalhos que tratam da conservação e recuperação dos recursos hídricos em áreas urbanas, seguindo as abordagens mais modernas de gestão dos recursos hídricos. Entretanto, esse não deveria ser um assunto irrelevante em um Estado que detém dois rios entre os dez mais poluídos do Brasil, o rio Gravataí, quarto mais poluído, e o Rio dos Sinos, quinto mais poluído, de acordo com levantamento de Índices da Qualidade da Água (IQA) médios anuais de 22 corpos d'água, no período de 1992 a 2015, para os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2017).

No Rio dos Sinos ocorreu, em outubro de 2006, uma das maiores tragédias ambientais do RS: cerca de 200 toneladas de peixes mortos foram encontradas pelo efeito de uma estiagem prolongada, que reduziu a vazão do rio, aumentando a concentração de poluentes oriundos, especialmente, dos esgotos domésticos, e diminuindo as concentrações de oxigênio dissolvido na água. Desde então, apesar de um aumento na fiscalização das indústrias, houve poucas mudanças em relação à qualidade das águas da bacia (GONZATTO, 2017). Esse mesmo rio é manancial para mais de um milhão de habitantes da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) e é receptor da contribuição de diversos cursos fluviais poluídos vindos de áreas urbanizadas, como os córregos Luiz Rau, Pampa, Portão, José Joaquim e Sapucaia. Dentre esses, o córrego José Joaquim, objeto de estudo de caso na presente pesquisa, está sendo transformado pela ampliação da canalização do seu leito fluvial, e não por medidas que visem reduzir ou compensar os efeitos da urbanização.

O manejo sustentável das águas urbanas, especialmente em sub-bacias hidrográficas, é considerado fundamental para que se possa vislumbrar, futuramente, a recuperação de grandes cursos fluviais, como o Rio dos Sinos (MORETTI, 2005, MACEDO; CALLISTO; MAGALHÃES JÚNIOR, 2011). Nesse contexto, a ausência de informações de monitoramento dos pequenos cursos fluviais tem sido apontada como um dos principais empecilhos para que possa ocorrer a corresponsabilização e a tomada de decisões integradas de gestão ambiental, o que permite a perpetuação de obras com eficiência controversa (RODRIGUES; CASTRO, 2008b, SANTOS; KOPP; OLIVEIRA, 2015). Se nada for feito, o tratamento das águas do Rio

dos Sinos pode tornar-se cada vez mais complexo e oneroso, colocando em risco o abastecimento da população.

Para contribuir com o avanço no tratamento das águas urbanas no Brasil, em especial, do Rio dos Sinos, o presente trabalho propôs-se a realizar a avaliação de três aspectos da qualidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim, em Sapucaia do Sul (RS). Para o alcance do objetivo central, foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- Determinar a qualidade das águas da sub-bacia do córrego José Joaquim através da avaliação de suas características físico-químicas e bacteriológicas;
- Examinar a integridade física da sub-bacia do córrego José Joaquim através da adaptação e aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR);
- Compreender, qualitativamente, as percepções dos moradores circunvizinhos e de funcionários da Prefeitura Municipal de Sapucaia do Sul (PMSS) sobre os cuidados necessários para a gestão do córrego José Joaquim.

O termo qualidade ambiental é abrangente. Neste trabalho ele está sendo utilizado como sinônimo de integridade ambiental (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006), referindo-se, especificamente, às propriedades e características ambientais do ecossistema de uma bacia hidrográfica, que podem afetar positiva ou negativamente tanto o ser humano quanto outros organismos. A avaliação da qualidade ambiental pode englobar aspectos naturais, como fauna, flora, recursos hídricos, solos etc., e, dentro do cenário urbano, não deve ignorar as necessidades da sociedade e as transformações que elas levam ao ambiente (DIAS; GOMES; ALKMIM, 2011).

A escolha da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim como objeto do estudo levou em consideração os seguintes fatores: a inexistência de monitoramento ambiental do curso fluvial, possibilitando que sejam obtidas informações inéditas e úteis para o gerenciamento desse recurso hídrico; a representatividade do córrego, principal curso fluvial de Sapucaia do Sul, permitindo conhecer a situação ambiental predominante no município; e as características variadas de ocupação da sub-bacia – áreas de preservação permanente, residenciais e industriais – e de intervenções no canal fluvial – trechos canalizados e em leito original –, o que permite a observação de diversos graus de degradação ambiental.

O trabalho foi organizado em “referencial teórico e metodológico”; “metodologia”; “resultados e discussões”; e “considerações finais”. Primeiramente, uma revisão teórica e metodológica resume a evolução do pensamento em relação ao tratamento das águas urbanas, de modo que as visões higienista e sustentável possam ser reconhecidas e diferenciadas. Após,

o texto aborda os impactos da urbanização no canal fluvial, tratando especialmente de obras de canalização. Em seguida, são apresentados referenciais teóricos e metodológicos de avaliação de alguns aspectos da qualidade ambiental, a saber: avaliação de características da qualidade da água, fundamental e amplamente difundida para monitoramento dos recursos hídricos; da integridade física, acrescentando um fator determinante para a qualidade do ambiente e que não é incorporado tradicionalmente no monitoramento; e da percepção ambiental de moradores circunvizinhos ao córrego e de funcionários da PMSS, acrescentando o componente humano, com suas percepções e expectativas, como um fator importante para a gestão dos recursos hídricos (OLIVEIRA, 1983).

A metodologia utilizada para alcançar os objetivos da pesquisa é apresentada para cada aspecto da avaliação ambiental proposto. Os resultados e, por fim, as considerações finais da pesquisa formam um conjunto de informações que são colocados à disposição da sociedade em geral, no caso, os técnicos, gestores, políticos e população civil associados à sub-bacia hidrográfica do José Joaquim, ampliando a compreensão sobre a "saúde" desse recurso hídrico e sobre as oportunidades para uma gestão sustentável e participativa. Segundo Dalla Costa (2008), quando a sociedade conhece e reconhece a importância dos cursos fluviais e dos ecossistemas associados em área urbana, abre-se espaço para uma nova relação mais positiva entre o ser humano e o ambiente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

2.1 EVOLUÇÃO NO TRATAMENTO DAS ÁGUAS URBANAS

Historicamente, a criação e expansão das cidades envolveu ações consideradas pré-higienistas até o início do século XX. Isto é, em relação ao tratamento das águas, o abastecimento ocorria através da fonte de água mais próxima, e os esgotos não recebiam qualquer coleta ou tratamento (TUCCI, 2008b).

As primeiras preocupações com o tratamento das águas urbanas, após a revolução industrial, foram uma reação ao quadro caótico de insalubridade em cidades inglesas (século XIX), dando início à chamada fase higienista. Com a indicação de conexão entre as más condições sanitárias e a proliferação de doenças, aprendeu-se que era necessário afastar os esgotos das cidades e captar água em pontos a montante do lançamento de esgotos. Esse pensamento se espalhou para além do continente europeu, alcançando diversos países de outros continentes (BONTEMPO *et al.*, 2012).

Sob o pensamento higienista, foram e ainda são realizadas grandes obras de engenharia com o objetivo de afastar as águas rapidamente dos centros urbanos, como retificação e canalização dos cursos fluviais e drenagem através de galerias enterradas (TUCCI, 2008b), mas, muitas vezes, continuaram ocorrendo inundações (POMPÊO, 2000). Tais medidas têm sido criticadas porque causam prejuízos nocivos aos ambientes urbanos e à qualidade de vida da população e demandam crescentes investimentos financeiros para manutenção e ampliação, apesar de estarem associadas à uma visibilidade política positiva (POMPÊO, 2000, SOUZA, 2013, MAGALHÃES JÚNIOR; MARQUES, 2014).

Os países desenvolvidos passaram, posteriormente, para a chamada fase corretiva, tratando os esgotos domésticos recolhidos e controlando as inundações urbanas através de sistemas de detenção (amortecimento do escoamento). Com essas medidas, o ambiente urbano melhorou, mas ainda estava muito distante da condição “original”, anterior à urbanização. Outras e novas formas de poluição foram explicitadas, originadas pela drenagem urbana, pela destinação incorreta de resíduos e rejeitos, pela drenagem de áreas rurais e pela sintetização e manipulação de novas substâncias (TUCCI, 2008a e 2008b).

Logo ficou claro que não seria economicamente possível continuar a agir apenas sobre as consequências do crescimento urbano desordenado, quando o impacto já foi gerado, sendo necessário conciliar a ocupação do espaço urbano com a preservação das funções naturais do sistema das bacias hidrográficas, evitando, assim, a produção de impactos ambientais negativos

(TUCCI, 2008b, SOUZA, 2013). Iniciou-se, então, nos países desenvolvidos, a chamada fase de desenvolvimento sustentável, constituída por abordagens consideradas mais descentralizadas, participativas e ambientalmente mais coerentes (MAGALHÃES JÚNIOR; MARGUES, 2014). O quadro 1 resume o desenvolvimento do pensamento sobre as águas urbanas nos países desenvolvidos.

Quadro 1. Estágios do tratamento das águas urbanas em países desenvolvidos.

Anos	Período	Características	Consequências
Até início do século XX	Pré-Higienista	Esgotos em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento; abastecimento através da fonte de água mais próxima.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
Até 1970	Higienista	Tratamento e distribuição de água potável; afastamento do esgoto *in natura* (sem tratamento); transferência do escoamento pluvial para jusante através de canalização.	Redução das doenças, mas rios permaneceram contaminados; impactos nas fontes de água e inundações.
De 1970 a 1990	Corretivo	Tratamento de esgoto doméstico e industrial; amortecimento quantitativo da drenagem; controle do impacto existente da qualidade da água pluvial. Envolve, principalmente, a atuação sobre os impactos gerados.	Alguma recuperação dos rios, permanência da poluição difusa, obras hidráulicas e outros impactos ambientais.
1990 - até o momento	Sustentável	Planejamento da ocupação do espaço urbano, obedecendo aos mecanismos naturais de escoamento; tratamento terciário do esgoto doméstico e tratamento da água pluvial; desenvolvimento sustentável do escoamento pluvial através da recuperação da infiltração.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria na qualidade de vida da população.

Fonte: adaptado de Tucci (2008a, p. 101, 2008b, p. 73).

Exemplos da abordagem sustentável são as ações de recuperação dos cursos fluviais. As alternativas de recuperação são múltiplas, considerando tanto as possibilidades quanto as limitações concernentes à cada caso (BINDER, 2001), e recebem denominações diferentes

conforme a literatura. Na presente pesquisa, o termo recuperação[1] será utilizado de maneira ampla, correspondendo às intervenções humanas que visam melhorias de variados graus em relação aos ecossistemas. Este termo diferencia-se do termo revitalização, que corresponde às ações de melhoria nas condições ambientais e urbanas (na qualidade da água, paisagísticas etc.), mas que não se referem, necessariamente, a maior diversidade biológica ou a qualquer tipo de restabelecimento a um ecossistema, seja ele original ou não (GARCIAS; AFONSO, 2013). As ações de revitalização estão mais relacionadas às fases higienista e corretiva do tratamento das águas urbanas do que à fase sustentável.

Para Macedo, Callisto e Magalhães Júnior (2011), obras de recuperação ambiental em cursos fluviais urbanizados poderiam contemplar a implantação de um sistema de drenagem adaptado à cada bacia hidrográfica urbana, em que se propicie a permeabilidade da planície e do leito, condições de diversidade de habitats fluviais e de oxigenação das comunidades aquáticas, além do gerenciamento de efluentes e resíduos da bacia.

O modelo higienista foi trazido ao Brasil por Oswaldo Cruz, no início do século XX, e se mostrou importante para o controle de epidemias e de doenças infecciosas, e para a redução dos índices de mortalidade infantil (BONTEMPO *et al*., 2012). A maior parte das cidades brasileiras ainda encontra-se, predominantemente, na fase higienista (TUCCI, 2008b). Este é o caso de Sapucaia do Sul (RS), pois o município tem submetido seu principal córrego a obras de revitalização – ampliação da canalização a céu aberto, contenção e pavimentação das laterais, e remoção e reassentamento de famílias que moravam às margens – , com o objetivo de acabar com inundações, dar mais segurança à população e embelezar a cidade (COMUNICAÇÃO SOCIAL DA PMSS, 2017). As obras em Sapucaia do Sul foram contempladas com mais de 22 milhões de reais pelo Programa de Aceleração do Crescimento - segunda fase (PAC 2), do Governo Federal, e foram previstas em três fases descritas no quadro 2 (BASSÔA, 2017).

Um exemplo recente das consequências do pensamento higienista no tratamento das águas urbanas foi dado por Belo Horizonte, em Minas Gerais (MG), entre 23 e 24 de janeiro de 2020, quando uma precipitação em proporção histórica (171,8 milímetros em 24 horas) originou alagamentos, inundações e enxurradas que causaram treze mortes e inúmeros danos materiais,

[1] No Brasil, os termos relacionados à recuperação de cursos fluviais muitas vezes se confundem e são usados como sinônimos (MACEDO, 2009). Com frequência, "restauração", "reabilitação", e "renaturalização" referem-se ao restabelecimento, em parte ou total, de elementos naturais do ecossistema. A chamada "remediação" também corresponde ao desenvolvimento de melhorias nas funções ecossistêmicas, mas que não vão, necessariamente, em direção às condições originais (RUTHERFURD; JERIE; MARSH, 2000, BINDER, 2001, FINDLAY; TAYLOR, 2006).

com prejuízos estimados em 41 milhões de reais apenas no setor de comércio (PAVANELLI, 2020). Mas esse não é um problema isolado, entre os anos 1928 e 2012, estima-se que a cidade de Belo Horizonte tenha passado por cem inundações (WERNEK, 2012). As áreas afetadas fazem parte das antigas planícies de inundação dos rios e córregos urbanos, muitos escondidos sob ruas, avenidas e construções, caso de 208 km dos 654 km da malha fluvial do município (AGÊNCIA O GLOBO), demonstrando que essas áreas nunca deveriam ter sido ocupadas. Agora, para diminuir a frequência das inundações em médio e longo prazo, são necessários massivos investimentos em medidas estruturais, como os reservatórios de concreto e piscinões, e em medidas não-estruturais, com implantação de áreas verdes e permeáveis (PADIN, 2020).

Quadro 2. Descrição das obras de revitalização do córrego José Joaquim, em Sapucaia do Sul (RS).

Fase 1 - trecho da Avenida Rubem Berta até BR 116 **Obras:** expansão e pavimentação da avenida José Joaquim, ligando os bairros Cohab Casas, Piratini, Freitas e São José, tornando possível ir do bairro Jardim até a BR 116 através de uma única via; muro de contenção no bairro Freitas e canalização daquela parte do córrego; colocação de canos de drenagem; pavimentação na Rua São Leopoldo, no bairro Piratini; plantio de 203 palmeiras Jerivá às margens do córrego. **Status:** Finalizada em 2017.
Fase 2 - Bairro Vargas até o bairro Sete Obras: canalização do córrego José Joaquim, da curva da Rua Américo Vespúcio, no bairro Sete, em direção à nascente, mantendo uma distância de seis metros entre os muros de contenção; reassentamento de, no mínimo, 42 famílias, que passaram a receber aluguel social. A fase foi dividida em três trechos: Trecho 1: canalização entre a Avenida Assis Brasil e Rua Rosinha, no bairro Jardim, totalizando 1.157 metros; regularização o leito de 459 metros do arroio; substituição da ponte da Rua Maurício Cardoso. **Status:** obras 88% concluídas até junho de 2019. Trecho 2: canalização entre as ruas Rosinha e da Paz. **Status:** concluída. Trecho 3: canalização entre a Rua da Paz e Rua Gonçalino Lucas. **Status:** concluída.
Fase 3 - Bairro Fortuna (outro lado da BR-116 em direção à foz). **Status:** aguardando liberação de recursos e início das obras.

Fonte: Comunicação Social PMSS (2014, 2019) e Bassôa (2017).

Por outro lado, há exemplos de esforços para recuperação de cursos fluviais no Brasil, como o Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural de Belo Horizonte (DRENURBS) e o Projeto Manuelzão, ambos realizados em MG. É plausível que o Estado encontre pioneirismo nessa área justamente pelas consequências das ações higienistas empregadas largamente no passado (MACEDO, 2009).

Cabe dizer que a gestão dos recursos hídricos no Brasil tem avançado, especialmente a partir da Política Nacional de Recursos Hídricos, promulgada em 1997. Esta lei criou instrumentos relevantes como outorga, cobrança e enquadramento dos rios, estabelecendo

condições mínimas para as cidades quanto à poluição dos rios e metas de qualidade, além de incentivar a descentralização da gestão, instituindo as agências e os comitês de bacias hidrográficas (BRASIL, 1997). Ganharam relevância os comitês de bacia hidrográfica e agências de água, que devem, com a participação dos usuários da água, gerenciar os recursos hídricos em quantidade e qualidade, evitando a transferência de impactos entre bacias. Já aos municípios, que representam os espaços geopolíticos mais próximos da população, concerne minimizar os impactos nas pequenas bacias urbanas, sem transferi-los para o sistema hidrográfico (TUCCI, 2008b).

O Programa Nacional de Capacitação para Gestores Ambientais, publicado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), prevê que a gestão ambiental municipal faça uso de diversos instrumentos para ser efetiva, como participação social, execução de projetos, educação ambiental, monitoramento da qualidade ambiental, fiscalização e sistema de informações (IBAMA, 2006). Segundo Rodrigues *et al.* (2012), a gestão através destes instrumentos teria a capacidade de alterar a maneira como cada indivíduo percebe o ambiente, contribuindo para a construção de uma relação mais positiva entre a sociedade e o ambiente.

Ressalta-se que a participação social já havia sido valorizada, em âmbito estadual, na Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, que instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 1994, CECATO, 2017). Entretanto, a previsão legal não é suficiente para promover a participação social, especialmente após anos de vigência de uma tradição autoritária (período de Ditadura militar entre 1964 e 1985) (GUEDES; MAIA, 2011), o que traz a necessidade de investimentos financeiros e institucionais contínuos para se tornar uma realidade.

De acordo com Tucci (2004) e Bontempo *et al*. (2012), há pelo menos dois grandes desafios para que o país possa alcançar a sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos em nível municipal: a setorização do sistema gerencial, que ainda não é capaz de integrar políticas e projetos como drenagem urbana, abastecimento de água, recolhimento de esgotos etc.; e a falta de capacidade do sistema gerencial em incorporar propostas inovadoras, seja pelo privilégio de decisões políticas equivocadas, ou ainda, pela falta de diálogo com determinados setores da comunidade, o que dificulta a implementação de uma gestão verdadeiramente participativa.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE UM CANAL FLUVIAL

Antes de discorrer sobre os impactos da urbanização sobre um ambiente fluvial, é preciso compreender o significado de um rio saudável e como ele se relaciona com a sua bacia hidrográfica. Schwarzbold (2000) considera o rio como um sistema extremamente aberto, cujo limite espacial é a sua bacia hidrográfica; contínuo, em permanente busca de equilíbrio dinâmico (sem nunca o alcançar), e um agente modelador da paisagem. Geologia, clima, vegetação natural e uso e ocupação do solo são condicionantes naturais e ambientais da bacia hidrográfica que, junto com os processos de transporte (vazão e substâncias sólidas), determinam as características dos cursos fluviais, como o traçado, o leito e a forma do canal (largura, profundidade e talvegue). A dinâmica natural de modificações de um curso fluvial, em especial, a variação da vazão e a renovação da morfologia típica do rio e das baixadas inundáveis, permite a formação de núcleos biológicos, estruturas e condições específicas essenciais para os ecossistemas lóticos (BINDER, 2001).

Segundo Von Sperling (1997, p.97), um rio "saudável", íntegro, é:

> [...] aquele que apresenta determinadas características ecológicas bem desenvolvidas, como, por exemplo, uma comunidade diversificada com forte interação entre os organismos, cadeia alimentar extensa, ciclagem completa dos elementos (o que é eliminado é imediatamente assimilado) e um equilíbrio nas atividades de produção e respiração. A degradação, ou poluição, de um ambiente aquático se manifesta através de um prejuízo ou limitação das características ecológicas.

O termo poluição indica a ocorrência de alterações prejudiciais ao meio, como a adição de substâncias ou formas de energia, que direta ou indiretamente alteram as características de um corpo d'água de forma a prejudicar seu uso, referindo-se ao uso feito pelo ser humano, como atividades sociais e econômicas em geral, acervos históricos, culturais ou paisagísticos (visão antropocêntrica), mas também aos usos da biota e interações ecológicas (visão ecossistêmica) (VON SPERLING, 1997).

A "saúde" do ambiente não é uma definição que exclui a ação humana sobre o curso fluvial, mas pressupõe que seja mantida a capacidade de autodepuração do rio, ou seja, a capacidade de ele receber, transformar e transferir elementos sem perder suas características originais essenciais (SCHWARZBOLD, 2000). Complementando a definição de Von Sperling (1997), Binder (2001) considera que um rio saudável, além de não estar poluído, também deve manter a capacidade de modificar o seu leito e curso sem interferências antrópicas, destacando a importância da capacidade na renovação natural do corpo d'água para o ecossistema fluvial. Ao ocorrerem alterações nas condições ambientais, sejam elas fenômenos naturais ou provocadas pelo ser humano, o curso fluvial busca se ajustar à nova realidade através de

processos que podem durar anos ou milênios.

Quando uma cidade é construída, alterações no fator uso e ocupação do solo - substituição da vegetação por concreto, telhados e asfalto - causam drásticos efeitos no ecossistema fluvial: na hidrologia (balanço hídrico e velocidade de escoamento da água), na estrutura física (geometria do canal), na qualidade da água (elementos poluidores), e perda de biodiversidade (vegetação ripária e habitats aquáticos), que podem ser acentuados ou agravados por alterações antrópicas diretas no canal do rio. Cada um desses tópicos será abordado a seguir.

- **Hidrologia**

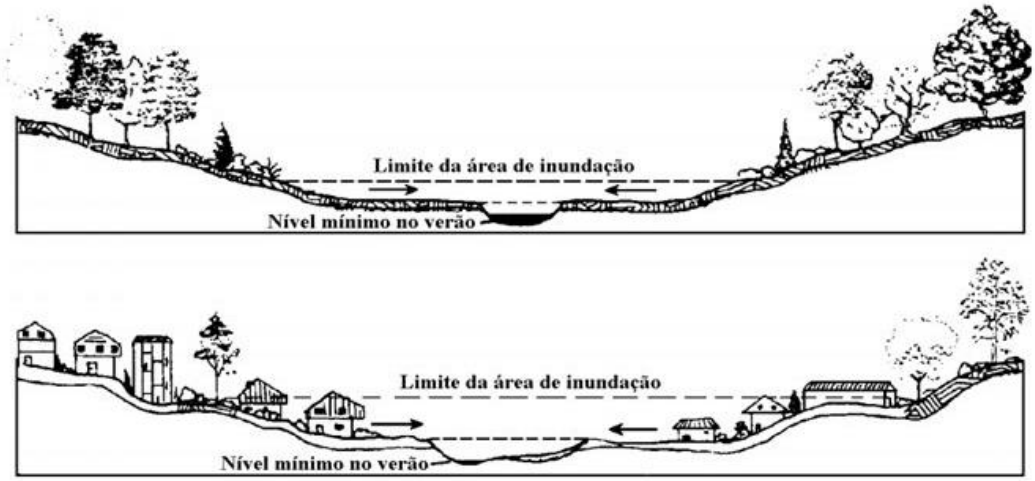
Em condições originais, a precipitação, ao atingir a superfície do terreno, escoa lentamente em direção às áreas mais baixas, com retenção pela vegetação e perdas por infiltração no solo e evaporação, até alcançar os córregos, rios, lagos, mares ou oceanos. Na situação de urbanização, com o solo impermeabilizado, há uma redução na capacidade de retenção da precipitação, com consequente diminuição da infiltração e evaporação, e acréscimo do escoamento superficial (PAUL; MEYER, 2001). Devido à existência de condutos de drenagem subterrâneos e pavimentos, o escoamento superficial escoa mais rapidamente até o curso fluvial. Com isso, as vazões máximas de um evento de precipitação aumentam e têm o pico no tempo antecipado, e as inundações podem tornar-se mais frequentes. Ao mesmo tempo, com a infiltração reduzida, diminui o escoamento subterrâneo e o nível do lençol freático por falta de alimentação, e decresce a evapotranspiração que seria realizada por plantas e pelo solo, pois a superfície urbana não retém água como a superfície vegetal (TUCCI, 1995).

Com o rebaixamento do lençol freático, o escoamento de base diminui e a perenidade de nascentes pode ser modificada, com consequência para a densidade de drenagem da bacia hidrográfica, isto é, a razão entre o comprimento de todos os cursos d'água da bacia e a área de drenagem (DAVIS *et al.*, 2003). A alteração na densidade da drenagem é um dos maiores impactos da urbanização na morfometria da bacia hidrográfica (PAUL; MEYER, 2001).

As inundações, de maneira geral, são processos que fazem parte da dinâmica natural dos rios, que ocorrem com certa periodicidade, quando o leito maior do rio, também chamado de planície de inundação, é ocupado pela água em função da variabilidade temporal e espacial da precipitação. São causadas, normalmente, por eventos pluviométricos intensos de curta duração ou por períodos de chuvas contínuas (MAGALHÃES JÚNIOR; MARQUES, 2014, POMPÊO, 2000). Apesar de serem eventos naturais, o ser humano pode provocar ou ampliar os efeitos das inundações naturais, chamadas de "ribeirinhas", e produzir as inundações ditas "em razão da urbanização" (TUCCI, 2008a), como exemplifica a figura 1. Os impactos pela

inundação ribeirinha decorrem do fato de que, muitas vezes, a ocupação urbana avança sobre o leito maior do rio durante o período em que ele está seco e a população fica vulnerável ao próximo evento hidrológico de enchente. As inundações também ocorrem em razão da urbanização, pois as vazões máximas nos rios e córregos aumentam em até sete vezes devido a impermeabilização do solo (LEOPOLD, 1968, apud TUCCI, 2006), podendo levar ao extravasamento do canal fluvial.

Figura 1. Efeitos da alteração no uso e ocupação do solo sobre o leito fluvial.



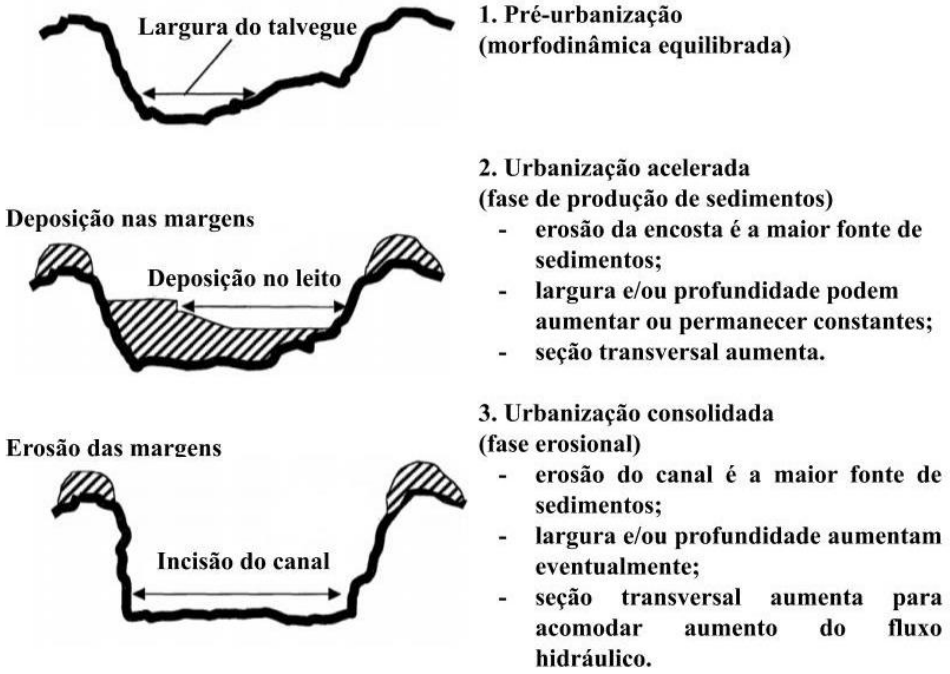
Fonte: Adaptado de Schueller (1987, apud TUCCI, 2006).

A substituição da vegetação pelo concreto e asfalto leva à maior absorção de radiação solar e emissão de radiação térmica para o ambiente, formando "ilhas de calor" nos centros urbanos (TUCCI, 2006). Além do desconforto térmico para a população, o aumento da temperatura na superfície cria condições para movimentos de ar ascendente que contribuem para o aumento da precipitação, gerando a chamada chuva convectiva. Esse tipo de precipitação apresenta elevada intensidade e curta duração, ou seja, um grande volume de precipitação chega ao sistema de drenagem em pouco tempo, gerando, muitas vezes, enxurradas e inundações (PEREIRA; ITO, 2017).

- **Estrutura física**

Os cursos fluviais ajustam as dimensões dos canais em resposta a alterações de longo prazo no aporte de sedimentos e no fluxo hidráulico (PAUL; MEYER, 2001). Pode-se identificar três fases de ocupação da bacia hidrográfica, que encaminham a diferentes respostas nas características hidrológicas e sedimentares do curso d'água (MACEDO, 2009), figura 2.

Figura 2. Mudanças no canal associadas à urbanização.



Fonte: adaptado de Macedo (2009, p. 13) e Paul e Meyer (2001, p. 339).

Na fase pré-urbanização, ou morfodinâmica equilibrada, o curso fluvial está em equilíbrio dinâmico, com a largura, a profundidade, o talvegue, as margens e a planície fluvial bem definidos. Durante o período de urbanização, ou de produção de sedimentos, o solo é exposto para a construção da cidade, ficando disponível para a degradação pela água da chuva e carreamento para o curso fluvial. O aumento no aporte de sedimentos das encostas conduz ao assoreamento (fenômeno que consiste no aporte de material mineral a um corpo d'água, diminuindo sua profundidade e volume útil e prejudicando diversos usos da água) (VON SPERLING, 1997). Com a urbanização consolidada, o carreamento de sedimentos diminui, mas aumenta o fluxo hidráulico pela impermeabilização do solo. Para reajuste geomorfológico, inicia-se uma nova fase erosional, com incisão do talvegue e ampliação do canal fluvial (PAUL; MEYER, 2001, MACEDO, 2009).

Na fase de consolidação da urbanização, apesar da redução no aporte de sedimentos oriundos das atividades antropogênicas, aumenta a deposição de resíduos sólidos urbanos destinados incorretamente (TUCCI, 2006). As principais consequências da deposição de sedimentos são o assoreamento e o transporte de poluentes particulados ou agregados. O sedimento, por si só, pode ser considerado um poluente por aumentar a turbidez e diminuir a transparência da água, deteriorando seus aspectos estéticos e prejudicando a fotossíntese de organismos e a busca de alimentos pela biota aquática (VON SPERLING, 1997).

- **Perda de biodiversidade (habitats aquáticos e vegetação ripária)**

A manutenção de estruturas e comunidades de organismos de ambientes lóticos dependem de alguns fatores como fonte de energia, qualidade da água, regime de cheias e interações bióticas, e a alteração de um único fator pode refletir em outros, limitando a integridade biótica dos ecossistemas (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006, RODRIGUES, 2008).

Alterações na hidrologia e na geomorfologia do canal afetam o ecossistema aquático através da modificação, entre outros aspectos, do perfil de velocidade do canal e degradação de habitats físicos dos sistemas lóticos (PAUL; MEYER, 2001, DAVIS *et al.*, 2003). Os distúrbios provocados pela urbanização induzem ao desaparecimento de espécies mais sensíveis e raras, restando as espécies mais resistentes, com redução da diversidade.

A vegetação ripária nas áreas urbanas é frequentemente removida e substituída por asfalto, construções ou plantas exóticas. A vegetação ripária tem importante interação funcional com os processos geomórficos e hidráulicos do canal e com a biota. Primeiramente, o emaranhado radicular da vegetação contribui para a estabilidade das margens, evitando a erosão, além de favorecer a infiltração da água no solo, recarregando o lençol freático e o escoamento subterrâneo. Um segundo aspecto é o fornecimento de microhabitats importantes para a biota, seja pelas rugosidades produzidas pelas raízes, seja pela deposição de troncos e galhos no leito e margens, que criam obstruções no curso fluvial e que também servem como fonte de nutrientes. A vegetação ripária contribui, ainda, com a manutenção da biodiversidade por possibilitar o fluxo de animais, pólen e sementes ao longo de sua extensão e interligação com outras áreas verdes. E, por fim, outro aspecto é a redução dos impactos da poluição através de mecanismos de filtragem, de barreira física ou de processos químicos que reduzem a chegada de poluentes ao corpo d'água (DALLA COSTA, 2008, LIMA, 2008).

Outro impacto relacionado à urbanização é o aumento na variação da temperatura do curso fluvial, decorrente da remoção da vegetação ripária, que fornece sombreamento diversificado, da "ilhas de calor" urbana e da redução do escoamento de base (PAUL; MEYER, 2001). A temperatura da água é uma variável que afeta os processos biológicos, como a degradação biológica da matéria orgânica e a dissolução de oxigênio na água.

- **Qualidade da água**

Os elementos poluentes associados à expansão urbana constituem uma das maiores ameaças à qualidade da água nos mananciais, com sérias consequências tanto para o equilíbrio ambiental das bacias hidrográficas, quanto para o abastecimento de água potável da população

(GARCIAS; AFONSO, 2013). A poluição relaciona-se às atividades e processos localizados na bacia hidrográfica, tendo como fontes primordiais (quadro 3): os esgotos sanitários (esgoto doméstico e industrial) e a drenagem rural e urbana.

Quadro 3. Principais agentes poluidores da água.

Poluente	**Fonte**				**Possível efeito poluidor**
	Esgotos sanitários		Drenagem		
	Doméstico	Industrial	Urbana	Rural	
Matéria orgânica biodegradável	XXX	↔	XX	X	Consumo de oxigênio e mortandade de organismos aeróbios; más condições sépticas.
Nutrientes (nitrogênio e fósforo)	XXX	↔	X	XX	Eutrofização; toxicidade aos peixes (amônia); metemoglobinemia em bebês (nitrato); prejudiciais ao tratamento da água.
Patógenos	XXX	↔	XX	X	Doenças de veiculação hídrica.
Matéria orgânica não-biodegradável	XX	↔	-	XXX	Toxicidade (vários); espumas (detergentes); redução da troca de oxigênio entre água e atmosfera (detergentes); maus odores (fenóis).
Metais pesados	-	↔	X	X	Toxicidade para o ecossistema aquático e o homem; inibição do tratamento biológico de esgotos e problemas para disposição do lodo; contaminação das águas subterrâneas.
Sólidos em suspensão	XXX	↔	XX	X	Problemas estéticos; depósito de lama; adsorção de poluentes; proteção de patógenos.
Sólidos inorgânicos dissolvidos	-	↔	-	X	Salinidade excessiva - prejuízo às plantações (irrigação); toxicidade a plantas (alguns íons); problemas de permeabilidade do solo (sódio).
Calor	-	↔	-	-	Redução da solubilidade de gases (oxigênio); afeta biota.
Álcalis e Ácidos	X	↔	XX	-	Biota exige pH entre 6,5 e 8,5 para não sofrer danos.
Óleos e graxas	X	↔	XX	-	Redução da transferência de oxigênio entre água e atmosfera.

Legenda: grau de importância: pouca (x), média (xx), muita (xxx), variável conforme a atividade industrial (↔) e usualmente não importante (-). Fonte: Adaptado de Hinata (2014, p. 50) e Von Sperling (1997).

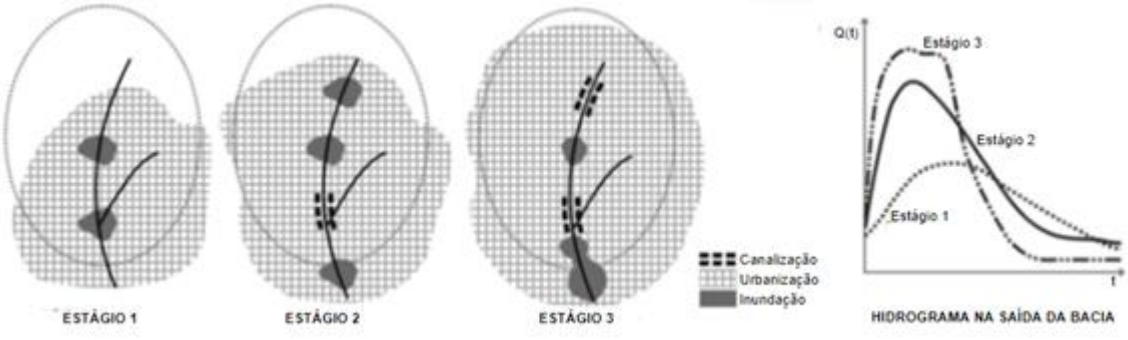
Os poluentes podem ser introduzidos no ambiente aquático de forma pontual, de maneira individualizada e concentrada no espaço, ou difusa, distribuída ao longo da extensão do canal fluvial. Por possuírem um ponto específico de lançamento, as fontes pontuais — como lançamentos de esgotos sanitários — são controladas de maneira mais rápida e eficiente do que as difusas — como a drenagem urbana e resíduos de produtos usados na lavoura (BRAGA *et al.*, 2005). Entretanto, a presença massiva de fontes de poluição pontual pode adquirir características de poluição difusa, especialmente nos países em desenvolvimento, como é o caso da presença de tanques de combustível nas cidades (JORDÃO; PESSOA, 2017).

- **Alterações antrópicas: canalização**

A canalização é uma ação direta do homem sobre os cursos fluviais e envolve o alargamento e o aprofundamento da calha fluvial, a retificação do canal, a construção de canais artificiais e de diques, a proteção de margens e a remoção de obstáculos de canal (BROOKES, 1988). Especialmente nas áreas urbanas, a canalização dos cursos fluviais tem sido implementada de maneira irrestrita, motivada pela necessidade de regularizar água, aumentar a área habitável e/ou de conter inundações, sem qualquer debate acerca de responsabilidades de se manter essas águas em condições de uso e contemplação (BONTEMPO *et al.*, 2012, BRENNER, 2016).

Tucci (2004, p. 64) exemplifica como ocorre a transferência das inundações por canalização através de três estágios (figura 3).

Figura 3. Estágios da transferência de enchentes por canalização, mostrando o hidrograma em um trecho A e as áreas sujeitas à inundação.



Fonte: adaptado de Tucci (2004, p.64).

No primeiro estágio, a bacia começa a ser urbanizada de forma distribuída, com maior densificação nas áreas mais baixas e planas, próximas à foz. Aparecem os primeiros locais de inundação devido a estrangulamentos naturais ao longo do curso fluvial. No próximo estágio, as primeiras canalizações são executadas com base na urbanização atual, assim, o hidrograma

a jusante aumenta, mas é contido por áreas inundáveis a montante, que ainda não foram densamente ocupadas. Com a densificação da urbanização, no terceiro estágio, o leito do curso fluvial a montante também passa a ser canalizado. Quando a canalização se completa, o problema das inundações volta a afetar a jusante devido ao aumento na vazão máxima (aceleração do escoamento a montante e inexistência de áreas inundáveis). Nesse estágio, já não existem espaços laterais para ampliar os canais, e a solução que resta é aprofundar o canal, com custos elevados (TUCCI, 2004).

Se, por um lado, a canalização atende às necessidades imediatas da população, ao eliminar as inundações mais frequentes, por outro lado representa mais uma dramática alteração na hidromorfologia do canal, e, consequentemente, nas relações ecológicas. As cheias menores e médias (mais frequentes) que ocorriam no curso d'água são eliminadas, porém, permanecem as grandes enchentes (menos frequentes). Há o risco de que a área que antes era inundada com regularidade passe a ser vista como "segura" pela população ou mesmo pelo poder público, ampliando os prejuízos sociais e econômicos no próximo evento de inundação de maior magnitude (TUCCI, 2004).

O curso fluvial, em seu leito original, possui uma sequência natural de poços (depressões) e corredeiras (soleiras) que diversificam o fluxo de água. A retificação do leito leva à extinção das irregularidades do leito (rugosidades), destruindo os poços e as corredeiras, o que remove essas áreas que serviam para dar condições satisfatórias para reprodução de organismos e para dar abrigo a peixes contra o aumento da velocidade de escoamento (BINDER, 2001, SANDER *et al.*, 2012). Em áreas urbanizadas, as canalizações também podem ser associadas a interferências na temperatura da água, no geral, elevando-a (PORTO *et al.*, 2000).

As possibilidades de renovação natural em um curso fluvial retificado ou mantido por obras hidráulicas são fortemente limitadas e impedem a interação entre o rio e as baixadas inundáveis e a renovação de núcleos biológicos, das estruturas e das condições específicas para a sobrevivência da biota. A renovação de seixos rolados, por exemplo, é vital para a fauna bentônica (BINDER, 2001), e a presença de galhos e de troncos caídos, que acumulam-se em diversos pontos do curso fluvial, dificultando o fluxo da água e formando represamentos parciais, como poças, remansos e lagoas marginais, oferecem ambientes ideais para o abrigo de diversas espécies de peixes (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006).

A alternância de estruturas naturais que servem como habitats ao longo do curso fluvial aumenta a heterogeneidade ambiental e, consequentemente, tem influência positiva para a diversidade biológica (BARRELLA *et al.*, 2001). Em oposição, à medida que a variedade e a

quantidade de estruturas diminuem, com a urbanização e com a canalização dos cursos fluviais, os habitats disponíveis tornam-se monótonos, diminuindo a diversidade biológica e o potencial de recuperação após alguma perturbação (BARBOUR *et al.*, 1999*)*.

Com a falta de interação entre o leito canalizado, o solo e o lençol freático, a vazão natural do curso fluvial é diminuída. Tonello *et al.* (2008) observaram que a canalização poderia ser responsável pela intermitência do Igarapé Mirandinha, em Boa Vista, Roraima (RR), pois, nos trechos do igarapé onde a canalização não existe ou só reveste pequenos trechos verifica-se um fluxo natural de água constante todo ano, ainda que esse fluxo seja pouco volumoso, enquanto que, no trecho canalizado, o fluxo natural se extingue no período de estiagem.

Com um fluxo natural de água menor, é reduzida a capacidade do curso fluvial diluir poluentes. Muitas vezes, o que é drenado passa a ser composto, majoritariamente, por esgotos domésticos e industriais e pela drenagem pluvial (TUCCI, 1995). A elevada carga orgânica pode levar o curso fluvial a uma condição de anaerobiose, ou seja, à ausência de oxigênio, com decomposição por organismos anaeróbios que produzirão gases com odores desagradáveis, como o metano e o gás sulfídrico.

Deve-se notar que os efeitos para os sistemas fluviais atribuídos à canalização são complexos e confundem-se com aqueles relacionados à urbanização (como alteração dos regimes hidrológicos, poluição, remoção da vegetação ripária etc.), causando impactos que podem culminar na completa artificialização do leito fluvial. As características de um curso fluvial não urbanizado e um urbanizado foram compiladas e comparadas no quadro 4.

Quadro 4. Características ambientais de córregos não-urbanizados e urbanizados.

Aspecto	**Não urbanizado (original, íntegro)**	**Urbanizado**	
		Não canalizado	**Canalizado**
Morfologia do canal (largura, profundidade e geometria).	Definida pelas condições ambientais da bacia de drenagem (equilíbrio dinâmico). Renovação natural.	Morfologia precisa se adequar às modificações no escoamento. Busca de um novo equilíbrio dinâmico, processo que pode durar anos ou milênios. Possibilidade de renovação natural.	Dimensões artificiais. Renovação natural limitada ou impossibilitada.

Quadro 4. (Continuação)

Aspecto	Não-urbanizado (original, íntegro)	Urbanizado	
		Não canalizado	Canalizado
Estabilidade das margens.	Instabilidade não relevante.	Erosão das margens e incisão do canal fluvial.	Erosão das margens e incisão do canal a jusante da canalização.
Habitats (meandros, poços, corredeiras sinuosidades, galhos etc.).	Diversos (tamanhos e formas variadas). Renovação natural.	Deposição e remoção de sedimentos concorrem para destruição de habitats.	Reduzidos ou destruídos pela canalização (extinção de sinuosidades, sequência de poços e corredeiras). Renovação natural impossibilitada.
Diversidade biológica	Presença de espécies sensíveis e raras.	Devido à poluição, às mudanças no fluxo de água e à redução de habitats, entre outros, a diversidade é limitada às espécies tolerantes e/ou oportunistas.	Semelhante ou agravamento em relação à situação de urbanização.
Interação com o lençol freático	Ocorre na nascente e ao longo do trajeto até a foz.	Reduzida. Impermeabilização da bacia reduz recarga do lençol freático, rebaixando o nível da água subterrânea.	Reduzida a Inexistente. A concretação do leito impede trocas com o solo e lençol freático ao longo do trajeto até a foz.
Fluxo de água	Determinado pelo escoamento de base (originado pelo lençol freático), pluviometria e interações com o solo e lençol freático.	Redução do escoamento de base e das interações com solo e lençol freático levam à diminuição do escoamento. Em eventos de chuva, o escoamento pode aumentar até sete vezes. Em período de seca, o fluxo pode ser insuficiente para a sobrevivência da biota.	Semelhante à situação de urbanização. Sem interação com o lençol freático e o solo, o escoamento pode se tornar intermitente ou ser extinto.

Quadro 4. (Continuação)

Aspecto	Não-urbanizado (original, íntegro)	Urbanizado	
		Não canalizado	Canalizado
Interação com as planícies de inundação	Ocorre através de inundações de diversas magnitudes e frequências.	Ocorre. Inundações podem ser ampliadas pelo aumento do escoamento, estrangulamento do fluxo, assoreamento etc., podendo provocar prejuízos sociais e econômicos. Planície de inundação degradada.	Reduzida ou inexistente. Apresenta apenas inundações de maior magnitude (menos frequentes).
Qualidade da água	O curso fluvial apresenta capacidade de autodepuração (capacidade do rio de retornar, sozinho, à condição natural).	Lançamento de poluentes de origem antrópica que podem ultrapassar a capacidade de autodepuração do rio. Presença de resíduos antropogênicos e sedimentos.	Semelhante à situação de urbanização. Fontes de poluição podem ser ampliadas pela intensificação da ocupação na planície de inundação, inundada com menor frequência.
Vegetação ripária	Vegetação ripária nativa e em diferentes estágios de desenvolvimento, proporcionando habitats, sombreamento diversificado e troca de nutrientes (folhas, galhos etc.). Variação mínima de temperatura na água ao longo do dia.	Degradada e/ou substituída por espécies mais tolerantes e oportunistas. Aumenta variação da temperatura da água.	Semelhante à situação de urbanização. Vegetação ripária é substituída por calçamento, avenida, edifícios públicos ou privados etc. Sombreamento no canal é total ou inexistente (sem diversificação).

Fonte: Tucci (1995), Binder (2001) e Sander *et al.* (2012).

2.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Em geral, o conceito de qualidade da água designa as características químicas, físicas e bacteriológicas da água para determinados usos, como abastecimento público e industrial, irrigação, navegação, lazer ou preservação da vida aquática. Trata-se de um conceito atrelado diretamente aos usos da água, ou seja, não há uma qualidade única, para cada uso tem-se um padrão de qualidade apropriado especificado pela legislação (VON SPERLING, 1997, SOUZA *et al.*, 2014).

Os padrões de qualidade não refletem, necessariamente, a saúde de um curso d'água,

pois há mananciais que possuem naturalmente concentrações de algumas substâncias acima do estabelecido pela legislação, devido às inerentes características do solo e das fontes de água da área por eles drenada. Os usos antrópicos dos recursos hídricos, ao mesmo tempo, não exigem que o ambiente esteja saudável (VON SPERLING, 1997). Entretanto, é possível inferir que, em geral, as medidas necessárias para tornar um rio apto para o uso humano, em especial, o abastecimento, serão mais simples e mais baratas se o ambiente estiver mais saudável.

No Brasil, a Resolução n. 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 17 de março de 2005, define limites para a concentração de substâncias e estabelece o enquadramento das águas em função dos usos preponderantes atuais e futuros, o que visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes (SOUZA *et al.*, 2014, BRASIL, 2005). De acordo com a legislação, as águas doces são enquadradas, em ordem decrescente de qualidade, em Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, com os usos permitidos para cada classe expostos no quadro 5.

Quadro 5. Usos permitidos para as águas doces conforme a Resolução CONAMA nº357 (BRASIL, 2005).

Classe	**Usos permitidos**
Classe Especial	Abastecimento para consumo humano (após desinfecção); preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	Abastecimento para consumo humano (após tratamento simplificado); irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; proteção de comunidades aquáticas (classe mandatória em Terras Indígenas).
Classe 2	Abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional); aquicultura e atividade de pesca; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho).
Classe 3	Abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional ou avançado); dessedentação animal; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora e recreação de contato secundário (pesca esportiva, iatismo etc.).
Classe 4	Harmonia paisagística e navegação.

Obs.: as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente.
Fonte: adaptado de Brasil (2005).

As águas que ainda não foram classificadas segundo os usos preponderantes, representando a situação atual ou a almejada, são enquadradas como Classe 2. Esse é o caso do córrego José Joaquim. Já o Rio dos Sinos, no trecho do Baixo Sinos, é classificado como Classe 4 (PROFILL).

O crescimento e a diversificação das fontes de poluição de origem antrópica tornam imprescindível o monitoramento das águas superficiais e subterrâneas. Esse monitoramento consiste no acompanhamento da condição e o controle da qualidade da água, de maneira contínua ou periódica, visando garantir esse recurso para os usos antrópicos e ecossistêmicos da presente e das próximas gerações (FIA *et al.*, 2015). No monitoramento da qualidade da água, busca-se selecionar os parâmetros que sejam mais sensíveis à poluição que pode ter origem na ocupação e nas atividades econômicas realizadas na bacia hidrográfica em estudo.

O significado ambiental de algumas variáveis utilizadas para avaliação da qualidade da água superficial são apresentados a seguir, a saber: coliformes termotolerantes, condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio amoniacal, potencial hidrogeniônico, sólidos totais, temperatura, turbidez e seis metais pesados (cádmio, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco).

As bactérias do grupo coliforme constituem o principal indicador da presença de organismos patogênicos associados à contaminação fecal, que podem ser transmissores de enfermidades como esquistossomose, cólera, febre tifoide, giardíase e hepatite infecciosa. As análises de coliformes podem utilizar os seguintes parâmetros: os coliformes totais, que englobam os coliformes termotolerantes e os de vida livre (capazes de habitar o solo); os coliformes termotolerantes (ou fecais), detectando apenas os coliformes resistentes à temperatura, que são, na maioria, fecais; ou a *Escherichia coli* (*E. coli*), principal coliforme intestinal de animais de sangue quente, indicando contaminação fecal, mas não exclusivamente humana (VON SPERLING, 2014). Na legislação brasileira, os coliformes termotolerantes são utilizados como padrão de qualidade de águas superficiais destinadas ao consumo humano, à recreação, à irrigação e à piscicultura (CETESB, 2019b).

A condutividade elétrica (CE) indica a presença de substâncias dissolvidas na água (que se dissociam em cátions e ânions). Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é sua capacidade em conduzir corrente elétrica. Apesar do parâmetro não determinar, especificamente, a quantidade e nem os componentes que estão presentes na água, seu monitoramento constante fornece indícios sobre alterações na concentração de sais e zonas de poluição, que podem ter origem em lançamentos irregulares de resíduos industriais, mineração, esgotos domésticos, drenagem superficial urbana etc. (MARQUES, 1993). De acordo com Von

Sperling (2007), as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 µS cm^{-1}, e em ambientes poluídos por esgotos sanitários os valores podem chegar 1.000 µS cm^{-1}. Valores superiores a 100 µS cm^{-1} já são indicativos de ambientes impactados CETESB (2019b).

O parâmetro demanda bioquímica de oxigênio refere-se ao potencial poluidor da matéria orgânica, ao determinar a quantidade de oxigênio dissolvido que seria necessária na água para oxidar a matéria por decomposição microbiana aeróbia. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida (CETESB, 2019b). Como tempo e temperatura influem na decomposição, convencionou-se que os ensaios para medição deveriam durar 5 dias e serem realizados a temperatura de 20°C, adotando-se o símbolo $DBO_{5,20}$. Uma das principais fontes de matéria orgânica nas águas superficiais são os esgotos domésticos, cuja $DBO_{5,20}$ situa-se em 300 mg L^{-1} O_2 (BRAGA *et al.*, 2005).

A medição de concentração de oxigênio dissolvido (OD) permite avaliar os efeitos da matéria orgânica sobre o corpo d'água e indica a capacidade de ele manter a vida aquática. Como visto, durante a redução da matéria orgânica, a concentração de OD pode diminuir, o que prejudica as formas de vida aquática (peixes e outras formas de vida perecem com concentrações abaixo de 4 e 2 mg L^{-1} O_2, respectivamente) e permite a solubilização de compostos químicos indesejáveis (como o fósforo precipitado). Na ausência de oxigênio, a decomposição passa a ser realizada por bactérias anaeróbias, gerando subprodutos com odores desagradáveis. Além da decomposição aeróbia, a depleção da concentração de oxigênio está relacionada com elevadas temperaturas das águas, baixas vazões, ausência de corredeiras etc. Normalmente a concentração de saturação de oxigênio na água está em torno de 8 mg L^{-1} O_2 a 25 °C (BRAGA *et al.*, 2005).

O fósforo, presente nos mananciais na forma de fosfatos, é um parâmetro importante para avaliação da qualidade da água por ser um dos principais macronutrientes para os processos biológicos. A descarga excessiva de nutrientes permite o enriquecimento acelerado do meio, tornando-o eutrofizado, e leva, consequentemente, à depleção do OD para decomposição da biomassa. As fontes de fósforo podem ser naturais ou antrópicas, devido aos esgotos domésticos (matéria orgânica fecal e detergentes), aos efluentes industriais (efluentes de indústrias químicas, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios), à drenagem rural (rica em fertilizantes e em pesticidas) e à drenagem urbana (devido a deficiências do sistema público de limpeza) (CETESB, 2019b). Estima-se que metade do fosfato dissolvido na água seja de origem antrópica, o que o torna um importante indicador de

poluição (MEYBECK, 1982, apud SARAIVA, 2018). Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 a 0,06 mg L^{-1} PO_4 (BRASIL, 2014).

O nitrogênio é um macronutriente abundante nas águas superficiais. As formas como o nitrogênio apresenta-se no manancial podem ser associadas às etapas da degradação físico-química da matéria orgânica, o que o torna um bom indicador de quando a poluição ocorreu. Se a poluição é recente, o nitrogênio estará na forma reduzida, como nitrogênio orgânico ou amônia, e, se antiga, basicamente na forma oxidada, como nitrato e nitrito. A drenagem agrícola, rica em fertilizantes nitrogenados, é a principal fonte antrópica de nitrogênio na água, mas também podem ser citados os esgotos domésticos, os efluentes industriais e a drenagem urbana (CETESB, 2019b). Na forma de amônia livre, o nitrogênio é diretamente tóxico aos peixes (várias espécies não suportam concentrações acima de 5 mg L^{-1}), e na forma de nitrato está associado a doenças como a metemoglobinemia em crianças (CETESB, 2019b).

Destaca-se que os processos de tratamentos de esgotos empregados no Brasil, em geral, não contemplam a remoção de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, e mesmo os efluentes tratados lançam elevadas concentrações destes elementos nos corpos d'água (CETESB, 2019b).

Por influir em processos que ocorrem naturalmente nos corpos d'água, o potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro importante para ser avaliado na qualidade da água (CETESB, 2019b). Alterações de pH podem ter origem natural ou antrópica, como efluentes industriais, chuva ácida, dissolução do gás carbônico na água e decomposição de grandes quantidades de matéria orgânica. Sistemas biológicos são bastante sensíveis ao pH: para não sofrer danos, necessitam que os valores de pH estejam entre 6,5 e 8,5 (BRAGA *et al.*, 2005). Vale dizer que o pH é um parâmetro difícil de interpretar, devido ao grande número de fatores que podem afetá-lo (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003).

Os sólidos correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo determinado (CETESB, 2019b). Constituem um parâmetro importante para avaliação da qualidade da água porque podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Os sólidos são separados em relação ao tamanho em: sólidos em suspensão (SS) e dissolvidos (SD). Os SS são apontados como responsáveis pela turbidez da água e pelo transporte de poluentes adsorvidos aos sedimentos, como metais, pesticidas e agrotóxicos. Parte deles pode sedimentar no leito dos rios e destruir organismos que forneciam alimentos para a biota, danificar os leitos de desova de peixes e reter bactérias e resíduos no fundo dos rios, promovendo a decomposição anaeróbia (CETESB, 2019b). Já os SD fazem parte das substâncias dissolvidas responsáveis por conferir coloração à água, principalmente devido à presença de material em estado coloidal orgânico

(matéria orgânica e corantes industriais) e inorgânicas (óxidos de ferro e manganês do solo e metais presentes em efluentes industriais. Os sólidos entram no corpo d'água de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (resíduos e esgotos sanitários) (BRAGA *et al.*, 2005).

A temperatura é um parâmetro crucial no meio aquático, pois influencia uma série de variáveis físico-químicas, como viscosidade, toxicidade de elementos e solubilidade de gases e sais minerais, e processos biológicos (LIBÂNIO, 2016). Os organismos aquáticos têm limites de tolerância térmica superior e inferior, limitações de temperatura para migração, desova e incubação de ovos etc. Naturalmente, os corpos d'água apresentam variações de temperatura sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A elevação da temperatura pode ser causada, também, por despejos industriais e de usinas termelétricas (CETESB, 2019b).

O parâmetro turbidez refere-se ao grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água. Ela deve-se, principalmente, às partículas sólidas em suspensão, tais como plâncton, algas, detritos orgânicos, areia, silte e argila, provenientes do processo natural de erosão ou de esgotos sanitários. A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e de algas e prejudica a busca por alimentos, o que pode influenciar adversamente as comunidades biológicas aquáticas e os usos da água (CETESB, 2019b). A turbidez natural das águas está, geralmente, compreendida na faixa de 3 a 500 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) (BRASIL, 2006).

Os metais pesados, como cádmio, chumbo, cromo, níquel e zinco, em geral, estão presentes em quantidades diminutas no meio aquático, mas podem ser despejados em grandes quantidades pela drenagem agrícola, mineração e efluentes industriais. A importância desses parâmetros deve-se aos seus efeitos sobre a biota aquática e os seres humanos, que varia em função do tipo do metal e de sua concentração. Um organismo aquático pode ser sensível à ação tóxica do metal, ou não ser sensível, mas o bioacumular, potencializando seu efeito nocivo ao longo da cadeia alimentar (VON SPERLING, 1997, BRAGA *et al.*, 2005,)

O cádmio é um metal tóxico porque não existe em nenhum organismo tampouco desempenha funções nutricionais ou bioquímicas, sendo que sua presença é prejudicial em qualquer concentração (BRAGA *et al.*, 2005). Normalmente, em águas não poluídas, a concentração de cádmio é inferior a 1 $\mu g\ L^{-1}$. O chumbo também é um metal tóxico e a ingestão de alimentos ou água contaminados afeta quase todos os órgãos do corpo humano, em especial o sistema nervoso. O cobre ocorre naturalmente em todas as plantas e animais e é um nutriente essencial em baixas doses (micronutriente). O cromo está presente nas águas superficiais, normalmente, em concentrações entre 1 e 10 $\mu g\ L^{-1}$. Na forma trivalente, o cromo é essencial

ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Já na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno. O níquel e o zinco são micronutrientes e só se tornam prejudiciais à saúde quando ingeridos em concentrações muito elevadas. Concentrações desses dois metais em águas superficiais naturais podem chegar a 0,1 mg L^{-1} e 1 µg L^{-1}, respectivamente (CETESB, 2019b).

Como o monitoramento de diversas variáveis da água superficial pode tornar a interpretação e divulgação dos resultados mais complexa, foram desenvolvidos Índices de Qualidade de Água (IQA) para converter os resultados de alguns parâmetros selecionados em um único valor numérico, variando de zero a 100 e associado a um grau de qualidade da água. As vantagens do uso de um IQA são a fácil compreensão para o público em geral, a uniformização de critérios para apresentação e a possibilidade da comparação relativa entre variados sistemas hídricos (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003, LIBÂNIO, 2016).

O IQA mais difundido, o IQA-NSF, foi proposto, originalmente, pela *National Sanitation Foundation* (NSF), agência dos Estados Unidos da América (EUA), em 1970, abrangendo nove parâmetros: coliformes termotolerantes, $DBO_{5,20}$, fosfato, nitrato, OD, pH, temperatura, turbidez e sólidos totais. Como os parâmetros do IQA-NSF são sensíveis, especialmente, à poluição por esgotos domésticos, o índice é considerado adequado para avaliação de cursos fluviais em áreas urbanas. O índice foi adaptado para o Brasil, com pequenas variações, por instituições como a Companhia Ambiental de São Paulo (CETESB), de São Paulo (SP), e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), de MG. No RS, foi adaptado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (Fepam), pelo Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Porto Alegre (Dmae) e pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), através do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (Comitesinos), dando origem ao IQA-Comitesinos (FEPAM).

A Fepam realiza o monitoramento das águas no RS, com previsão de passar de 157 para 215 estações de monitoramento das águas, de 2016 a 2020, a partir de contrato firmado pela entidade com a Agência Nacional de Águas (ANA) para ampliação da Rede Nacional de Qualidade Ambiental (RNQA) no Estado. Na bacia do Rio dos Sinos, o rio homônimo continua sendo monitorado em 10 pontos, com frequência bimestral (a partir de 2005) (FEPAM, 2019). Compreende-se que os recursos humanos e financeiros, que são limitados para a expansão da rede de monitoramento dos recursos hídricos, são direcionados aos grandes rios ainda com pouco ou nenhum tipo monitoramento.

Assim, apesar da legislação vigente prever o monitoramento das águas superficiais, são poucos os cursos fluviais de pequenas e médias bacias hidrográficas que recebem algum tipo de monitoramento (NAIME; NASCIMENTO, 2009b). Esse é o caso de vários dos cursos

fluviais que cruzam áreas urbanas na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, onde a maior parte da poluição tem origem. Como exceção, e de maneira esporádica e em âmbito acadêmico, alguns estudos foram realizados e apontaram para a contaminação por esgotos domésticos e efluentes industriais nos córregos Pampa (Naime e Nascimento, 2009a e 2009b, e Zeni *et al.*, 2016) e Luiz Rau (Heck *et al.*, 2017), ambos em Novo Hamburgo (RS), no córrego Portão (Naime e Fagundes, 2005), em Portão (RS), no córrego Kruze (Penteado e Fujimoto, 2006), em São Leopoldo (RS), e no córrego Schmidt (Costa *et al.*, 2014, e Pol *et al.*, 2019), em Campo Bom (RS). O córrego José Joaquim não tem seus parâmetros físico-químicos monitorados, ou, se foram avaliados, esses dados não foram ainda divulgados.

2.4 AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE FÍSICA: PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA (PAR)

2.4.1 Histórico

Até a década de 1970, o monitoramento das águas superficiais dos EUA era majoritariamente realizado através de avaliações quantitativas, como análises físico-químicas e bacteriológicas da água. Porém, a partir de meados das décadas de 1970 e 1980, ficou claro que essa metodologia era insuficiente para avaliar os impactos ambientais emergentes, como os originados pela poluição difusa, por novas substâncias sintetizadas artificialmente e pelos efeitos cumulativos dos impactos ambientais. Foi neste contexto que se consolidaram os primeiros Protocolos de Bioavaliação Rápida (RBP, do inglês *Rapid Bioassessment Protocols*), dentro de um esforço para desenvolvimento de novas formas de análise da qualidade da água, qualitativas, com custos mais baixos, maior rapidez de análise e que permitissem uma avaliação global do ambiente (RODRIGUES; CASTRO, 2008b). Os protocolos aprimorados ao longo dos anos, são, essencialmente, uma síntese das ferramentas que foram empregadas e adaptadas por várias agências estaduais de recursos hídricos americanas desde a década de 1970.

Os protocolos são adequados conforme o objetivo do monitoramento, podendo avaliar assembleias aquáticas distintas (perifíton, macroinvertebrados bentônicos ou peixes) ou a qualidade de habitats aquáticos (BARBOUR *et al.*, 1999). O protocolo de avaliação rápida de integridade física de que trata o presente trabalho faz parte dessa última categoria.

2.4.2 Importância da avaliação de integridade física

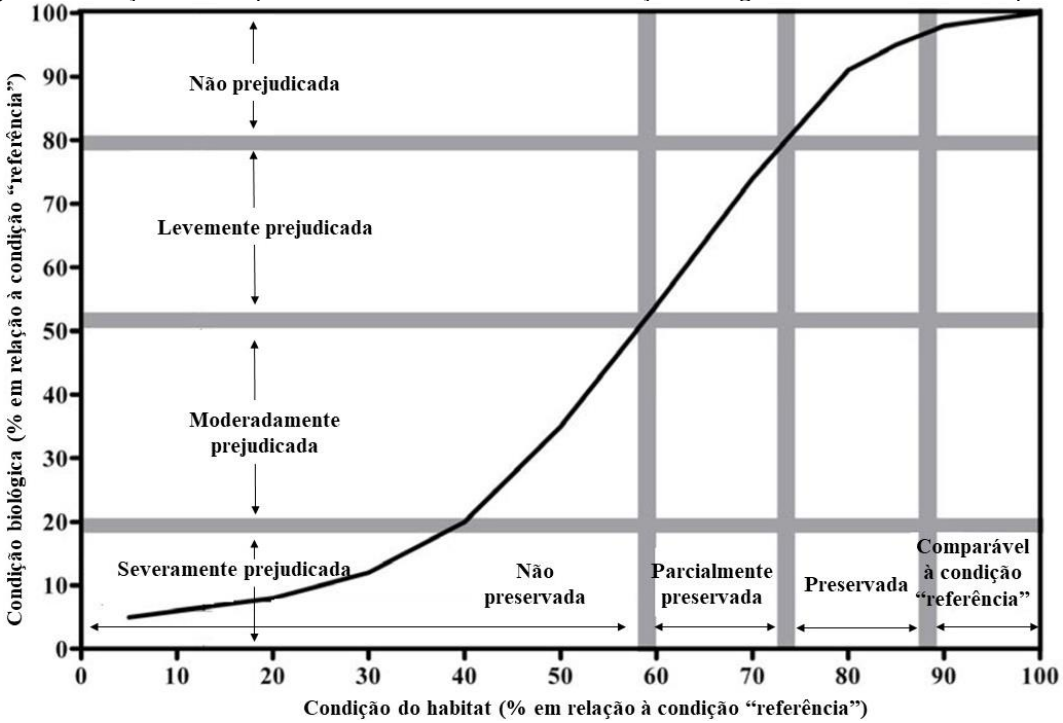
Para gestão dos recursos hídricos de maneira integrada, é necessário conhecer a sua "saúde", sendo insuficiente limitar-se aos dados da qualidade da água (RODRIGUES;

CASTRO, 2008b). Apesar de importantes para os usos da água, os parâmetros de qualidade e de potabilidade não abrangem aspectos importantes dos funcionamento dos ecossistemas associados a um curso fluvial.

Segundo Herrick (1996), um ambiente com boa qualidade da água poderá ter medidas de diversidade biológica pobres, enquanto um ambiente com uma baixa qualidade da água poderá apresentar, surpreendentemente, boa diversidade. Isso só é compreensível quando se avaliam outros aspectos do ambiente, como a integridade física do ambiente fluvial, também chamada de integridade de habitats: em locais com boa qualidade da água, mas pobres em habitats, as comunidades aquáticas não irão prosperar; já em ambientes com diversidade de habitats, mesmo com uma baixa qualidade da água, as comunidades aquáticas podem não prosperar, mas os habitats certamente oferecerão vantagens para a sobrevivência biológica.

Barbour e Stribling (1991, apud RODRIGUES, 2008) propuseram uma relação entre a integridade física do ambiente, através da qualidade dos habitats disponíveis, e as condições biológicas em um ambiente lótico, considerando uma situação em que a qualidade da água se mantenha constante, como mostra a representação gráfica a seguir (figura 4).

Figura 4. Relação entre a qualidade física de habitats e a condição biológica de um ecossistema aquático.



Fonte: adaptado de Barbour e Stribling (1991) por Rodrigues (2008, p.39).

Para os autores, a curva pode ser dividida em três partes. A primeira, referente à parte superior direita da curva, em que a qualidade de habitats é "comparável à situação de referência" e a diversidade biológica está "não prejudicada", indica que o ambiente suporta pequenas

variações nos habitats sem que haja redução significativa na condição biológica. Na parte central da curva, indica-se que a diminuição na qualidade de habitats provoca uma diminuição proporcional na condição biológica. Já na parte inferior esquerda da curva, em que a qualidade de habitats está "não preservada" e a condição biológica "severamente prejudicada", observa-se que a perda de qualidade de habitats leva à drástica redução da condição biológica. Segundo Rodrigues (2008), as espécies biológicas encontradas nessas situações são consideradas tolerantes, oportunistas e apresentam capacidade de sobreviver em condições variáveis.

Logo, se a avaliação da qualidade ambiental se mantém restrita à qualidade da água e ignora a integridade de habitats, podem ser subestimados os danos que estão sendo causados pelas ações antrópicas nos ambientes aquáticos (KARR; CHU, 1999, apud RODRIGUES; CASTRO, 2008b). Argumenta-se, assim, que a avaliação de habitats disponíveis em um ambiente lótico é tão importante quanto a avaliação da qualidade da água, pois esses dois fatores afetam a capacidade do ambiente de sustentar vida e cumprir suas funções ecossistêmicas, fornecendo indícios da qualidade ambiental de maneira mais abrangente, global.

2.4.3 Características do método

Os Protocolos de Avaliação Rápida (PAR) que avaliam a integridade física de cursos fluviais são utilizados para caracterizar um ecossistema aquático de maneira global, através do estabelecimento de um nível de qualidade ambiental. Esse nível de qualidade pode ser traduzido de forma qualitativa, através de uma característica de qualidade, como "bom", "ruim" ou "regular", ou de forma semiquantitativa, com a atribuição de pontuações às características de qualidade do curso fluvial (RODRIGUES; CASTRO, 2008b).

Os PAR não são documentos rígidos e estanques, estando sujeitos à complementações, aprimoramentos e adequações para que possam ser utilizados em uma ampla gama de ambientes fluviais, respeitando as características locais do clima, relevo, geologia, flora, fauna, uso e ocupação do solo etc. Realizadas as devidas adaptações locais, os protocolos podem ser utilizados em qualquer ecossistema fluvial (RODRIGUES; CASTRO, 2008b).

A elaboração ou adaptação de um PAR inicia com a escolha de um ponto ou local de referência que represente as melhores condições ambientais possíveis, as mais "originais", dada a premissa de que os rios e córregos que foram pouco afetados pela ação antrópica apresentam as melhores situações ecológicas. A partir da observação do local de referência e de lugares que podem apresentar variados graus de degradação, é estabelecido um gradiente de estresse ambiental, que guiará a atribuição de pontuação do protocolo e a classificação do ambiente (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006).

A avaliação das condições do corpo fluvial é feita, então, através de um exame visual, in situ, para verificação de uma lista (ou matriz) de parâmetros pré-definidos (com as respectivas pontuações). A pontuação de cada parâmetro, em si, já é um indicativo do estado de saúde do sistema. Ao término da atribuição da pontuação de cada parâmetro, em cada trecho do ambiente analisado, a pontuação é totalizada e pode ser comparada com a situação de referência (RODRIGUES, 2008). O aumento da pontuação total do PAR acompanha a melhora na qualidade do ambiente, e varia de acordo com o local as observações (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006). Com a aplicação de um mesmo protocolo em diversos cursos fluviais que compartilhem características de ecossistema relativamente homogêneas, e em diferentes épocas, obtêm-se um panorama da qualidade ambiental, que permite comparar a integridade ambiental de diversos cursos fluviais e apontar a evolução e os trechos críticos de degradação ambiental (RODRIGUES; CASTRO, 2008b).

Em geral, conforme a literatura, os protocolos de avaliação rápida podem ser empregados como ferramentas úteis: no diagnóstico ambiental (BARBOUR *et al.*, 1999, FIRMINO; MALAFAIA; RODRIGUES, 2011); na identificação dos trechos críticos de degradação (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006, DALLA COSTA, 2008, POMPÊO; RIGOTTI; FREITAS FILHO, 2011); na avaliação da eficácia das atividades de recuperação ambiental (BARBOUR *et al.*, 1999, MACEDO; CALLISTO; MAGALHÃES JÚNIOR, 2011); na educação ambiental, pela sensibilização dos estudantes e da comunidade (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006, GUIMARÃES, RODRIGUES, MALAFAIA, 2012); na formação de profissionais, a partir de atividades práticas (CALLISTO *et al.*, 2002); além de serem proveitosos para a inserção da sociedade no monitoramento da qualidade do ambiente de um curso fluvial, pela simplicidade da sua aplicação (RODRIGUES, 2008).

O tempo médio registrado de aplicação do protocolo, em um mesmo trecho de avaliação, é de 20 a 40 minutos para protocolos com 12 a 22 parâmetros, conforme exemplos da literatura consultada (Callisto *et al.*, 2002, Rodrigues, 2008 e Radtke, 2015), demonstrando a rapidez de aplicação da ferramenta. Considerando-se isso e, ainda, que a aplicação de um PAR ocorre, essencialmente, de maneira visual e olfativa, sem o uso de quaisquer tipos de equipamentos e análises laboratoriais e sem demandar conhecimentos técnicos especializados, a ferramenta apresenta custo mais baixo em relação às análises quantitativas tradicionais (VARGAS; FERREIRA JÚNIOR, 2012).

Callisto *et al*. (2002) promoveram a aplicação de um PAR por cem estudantes de graduação em ciências biológicas e de pós-graduação em ecologia, no córrego Indaiá (Serra do Cipó-MG) e no rio do Cunha (Parque Nacional da Bocaina, no Rio de Janeiro-RJ), e concluíram

que não houve diferença significativa entre os resultados de estudantes com e sem treinamento prévio em ecologia de rios. Os autores destacaram que, ao chegar no rio, foi dada orientação sobre como aplicar o protocolo, consistindo na descrição técnica de como cada parâmetro deveria ser avaliado, o que pode ter sido o suficiente para que todos os estudantes estivessem igualmente aptos para utilizá-lo. Para Rodrigues, Malafaia e Castro (2008), a desnecessidade de conhecimentos específicos torna a ferramenta passível de ser utilizada não só por estudantes e técnicos, mas também por representantes da população em geral, após orientações prévias ou instruções mínimas.

A interface da ferramenta com a população a credencia como um instrumento de educação ambiental e de promoção da participação social no monitoramento ambiental. A inclusão da população no monitoramento dos recursos hídricos, de maneira voluntária, é desejável por permitir o alerta imediato em situações de desastres ambientais, como, por exemplo, a verificação de mortandade de peixes, contribuindo para uma resposta ágil dos órgãos competentes (HANNAFORD; BARBOUR; RESH, 1997). A gestão compartilhada do meio ambiente traz, ainda, vantagens como a ampliação da sensação de pertencimento dos indivíduos e a reaproximação do ambiente, promovendo a cooperação e a corresponsabilização (RODRIGUES *et al.*, 2012).

A principal desvantagem do método é a subjetividade inerente, justamente por ser uma avaliação que depende da capacidade de observação do avaliador (através dos órgãos do sentido), e sem o uso de qualquer tipo de instrumentos (RODRIGUES, 2008). Todavia, como visto anteriormente, a realização de treinamento básico, anterior à utilização de um protocolo, é capaz de reduzir a variabilidade dos resultados (HANNAFORD; BARBOUR; RESH, 1997).

2.4.4 Aplicações de PAR no Brasil

A utilização dos protocolos ainda é pouco disseminada no Brasil, restringindo-se às esferas acadêmicas, apesar do seu potencial como ferramenta de planejamento e gestão para agências ambientais, especialmente devido ao baixo custo, à facilidade de aplicação e ao caráter holístico da avaliação (RODRIGUES; CASTRO, 2008b, VARGAS; FERREIRA JÚNIOR, 2012). Não obstante, três protocolos destacam-se como referências difundidas no país para aplicações e novas adaptações, a saber:

- o "PAR de Diversidade de Habitats" (PAR-DH), com 22 parâmetros, adaptado de Hannaford, Barbour e Resh (1997) e da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987) por Callisto *et al.* (2002) para as condições de sistemas lóticos, em MG e RJ. Este é um protocolo extenso e amplo, agregando a avaliação de características

organolépticas da água e de impactos antrópicos, além da avaliação da estrutura física do canal fluvial. Sua adaptação para outras áreas envolve, muitas vezes, a remoção de parâmetros não-aplicáveis e complexos, ou agregação de parâmetros semelhantes, para evitar dubiedades (LOBO; VOOS; ABREU JÚNIOR, 2011).

- o "PAR de Integridade Ambiental para Ecossistemas de Rios e Riachos: Aspectos Físicos" (PAR-RR), com seis parâmetros, adaptado de Barbour e Stribling (1991 e 1994) por Minatti-Ferreira e Beaumord (2006) para a Mata Atlântica, em Santa Catarina (SC). Uma característica deste protocolo é a concisão, voltando-se, especificamente, para a estrutura física do curso fluvial.
- o "PAR para o Monitoramento e Avaliação Ambiental de cursos d'água inseridos em Campos Rupestres" (PAR-CR), com 13 parâmetros, também adaptado de Barbour e Stribling (1991 e 1994) por Rodrigues (2008, também apresentado no artigo de Rodrigues e Castro, 2008a) para o cerrado, em MG. Este protocolo volta-se para características da estrutura física de um curso fluvial e prevê parâmetros específicos para setores de rios de baixo e de alto curso. A utilização de percentuais para caracterização da qualidade do ambiente pode tornar a aplicação mais complexa para o avaliador (RADTKE, 2015).

Juntos, os três protocolos apresentam 28 parâmetros distintos para avaliação da integridade física, abrangendo fatores que interagem no domínio da bacia hidrográfica e cobrem uma ampla gama de características do curso fluvial analisado (RODRIGUES, 2008). O quadro 6 apresenta os componentes avaliados em alguns protocolos utilizados no Brasil.

Quando se trata da aplicação de um PAR para paisagens predominantemente urbanas, podem-se citar como exemplos os trabalhos de Campos e Nucci (2019) e de Radtke (2015). Os primeiros autores, com base no PAR-DH (CALLISTO *et al.*, 2002) e no PAR-CR (RODRIGUES, 2008), propuseram o *"*PAR para Rios Urbanos*"* (PAR-RU), com 12 parâmetros, e o aplicaram ao rio Palmital, na região metropolitana de Curitiba, Paraná (PR). Os resultados foram apresentados na forma de representação cartográfica e demonstraram um declínio da qualidade geral do rio, de montante para jusante, ainda que não seja constante. Este PAR, apesar de não diferenciar o alto e o baixo curso fluvial, apresenta parâmetros importantes para avaliação de um curso fluvial em área urbana, sem negligenciar aspectos de um curso fluvial "original".

Quadro 6. Componentes priorizados para análise de PAR.

Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)	**Quantidade de parâmetros por componente de integridade física**						
	Alterações de origem antrópica	Estrutura física	Habitats aquáticos	Hidrologia	Qualidade da água	Vegetação ripária	Total
PAR de Diversidade de Habitats[1]	3	6	2	3	6	2	22
PAR de Integridade Ambiental para Ecossistemas de Rios e Riachos[2]	0	2	2	1	0	1	6
PAR para o Monitoramento e Avaliação Ambiental de cursos d'água inseridos em Campos Rupestres[3]	1	2	5	3	0	2	13
PAR de Impacto Ambiental em Sistemas Lóticos Sul Brasileiros[4]	3	3	2	0	2	1	12
PAR para Rios Urbanos[5]	3	3	1	1	3	1	12

Fonte: [1]Callisto *et al.* (2002), [2]Minatti-Ferreira e Beaumord (2006), [3]Rodrigues (2008), [4] Lobo, Voos e Abreu Júnior (2011) e [5]Campos e Nucci (2019).

Outro exemplo é apresentado por Radtke (2015), que tomou o "PAR de Impacto Ambiental em Sistemas Lóticos Sul Brasileiros" (PAR-SB), proposto por Lobo, Voos e Abreu Júnior (2011), outra adaptação do PAR-DH, com 12 parâmetros, à sub-bacia do Rio Pardinho (RS), e o aplicou para avaliação da qualidade ambiental de uma zona urbana nessa mesma sub-bacia, no córrego Laranjeiras, em Candelária (RS). Radtke (2015) observou o aumento gradual da degradação ambiental, à medida que a avaliação avançou em áreas urbanas. Os resultados mostraram que o PAR-SB forneceu informações importantes sobre as características físicas do córrego, e levou os aplicadores a refletirem e a apresentarem um olhar diferenciado sobre os cursos fluviais da região, provocando a deliberação, pelo Conselho Municipal de Meio Ambiente de Candelária, do qual alguns voluntários faziam parte, pela não canalização dos cursos d'água nos limites do município (RADTKE, 2015). O PAR-SB e o PAR-RU são bastante semelhantes, com o mesmo número de parâmetros, apesar de que o primeiro possa ser considerado um pouco menos completo em comparação com o segundo, provavelmente pelo PAR-SB tratar-se de adaptação baseada em apenas um protocolo.

Nos dois casos apresentados, encontrou-se justificada a importância da adaptação e

aplicação de protocolos de avaliação rápida às áreas urbanas, onde é notória a perda de qualidade ambiental, devido ao potencial demonstrado pela ferramenta como um instrumento de avaliação da integridade física do ambiente, de participação social e de educação ambiental.

2.5 AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL

Cada indivíduo percebe, reage e responde diferentemente às ações sobre o meio em que vive (FERNANDES *et al.*, 2004). A percepção ou a não percepção que cada um apresenta, e as ações e manifestações daí decorrentes, são resultado de fatores individuais, como processos cognitivos, julgamentos e expectativas, e coletivos, como cultura e ideologia (FERNANDES *et al.* 2004, MALAFAIA; RODRIGUES, 2009).

Quando se trata da percepção ambiental, ou seja, a percepção de uma parte do território que cerca o indivíduo (paisagem), pode-se descrevê-la como a tomada ampla de consciência do ambiente pelo homem (MELAZO, 2005). Ela está associada ao processo de valoração do ambiente, ao seu reconhecimento, cuidado e proteção (SUESS; BEZERRA; CARVALHO SOBRINHO, 2013).

Coimbra (2014) explica que o processo de percepção ocorre em cada indivíduo através de duas etapas subsequentes: a sensorial e a racional. Os sentidos permitem detectar sinais específicos da qualidade ambiental que podem ser considerados bons ou maus, positivos ou negativos. A percepção sensorial alimenta a racional, com a qual o ser humano formulará juízos, atribuindo ou negando uma qualidade a um sujeito, objeto ou fenômeno observado, e, com estes, desencadeará raciocínios. Cada indivíduo atribuirá valores e significados únicos para o ambiente que o rodeia, relacionando-o a um determinado grau de importância em sua vida, seja este ambiente natural ou seja construído pelo homem (MELAZO, 2005).

As percepções de indivíduos que compartilham características sociais podem convergir para refletir o pensamento de um mesmo grupo social, traduzindo o modo de ver ou a opinião corrente sobre a realidade ambiental (COIMBRA, 2014). Rodrigues *et al.* (2012) acrescentam que a percepção ambiental de indivíduos sobre o ambiente, os problemas e as questões ambientais, além de ser formada por representações sociais, pode ser construída através da tomada de conhecimento pelo contato com outros indivíduos, pela educação ambiental e também pela mídia. Esses transmitem informações carregadas de julgamento de valor, de posicionamentos ideológicos e de conhecimento científico.

Todas as descrições do ambiente e de como o ser humano se insere nele são baseadas no que pode-se chamar de teorias políticas, que definem, junto com os conhecimentos técnicos e científicos dos quais a sociedade dispõe, o que é significativo e importante (valores) em um

determinado espaço geográfico (CORONA, 2006). Para Reigota (2007), essas concepções de meio ambiente podem ser divididas em três categorias representativas: naturalista, antropocêntrica e globalizante (quadro 7).

Quadro 7. Categorias representativas de concepções do meio ambiente.

Categorias	Características da concepção
Naturalista	Meio ambiente como sinônimo de natureza intocada, evidenciam-se somente os aspectos naturais.
Antropocêntrica	Enfoca a utilidade dos recursos naturais para a sobrevivência do ser humano.
Globalizante	Relações recíprocas entre natureza e sociedade.

Fonte: Reigota (2007).

A concepção naturalista associa o meio ambiente a um conjunto de elementos naturais, podendo ou não romantizá-lo com a proclamação do enaltecimento da natureza. A visão antropocêntrica, por sua vez, define o meio ambiente como um conjunto de elementos necessários à vida, consistindo em uma fonte de recursos à disposição do ser humano. Já a visão globalizante define o meio ambiente de forma mais ampla e complexa, como sendo o resultado da interação de fatores biológicos, físicos, econômicos, culturais e históricos, ou seja, incluindo os aspectos naturais e os resultantes das atividades humanas. Diferentemente das anteriores, a concepção globalizante não apresenta uma visão dualista, de ser humano versus natureza (MALAFAIA; RODRIGUES, 2009). Essas categorias são pertinentes para sistematizar as concepções de natureza apresentadas por indivíduos e grupos sociais e serão retomadas mais adiante, neste trabalho, para enriquecer a análise da percepção ambiental apresentada nas falas dos moradores da sub-bacia do córrego José Joaquim.

Assim como as concepções de meio ambiente são diferentes, a compreensão dos problemas ambientais também não é homogênea. Dessa maneira, ações de gestão ambiental podem ser propostas com base em estruturas conceituais distintas, dificultando a proteção dos ambientes naturais (WHITE, 1978, FERNANDES *et al*., 2004, HOEFFEL; SORRENTINO; MACHADO, 2004). Neste contexto, o estudo da percepção ambiental torna possível uma melhor compreensão das relações locais entre o ser humano e o ambiente, suas expectativas, satisfações, insatisfações, motivações, valores e condutas que influenciam as ações sobre o meio ambiente.

A análise das semelhanças e diferenças entre percepções ambientais pode auxiliar na compreensão do porquê de certas políticas de intervenção não resolverem adequadamente os

problemas ambientais, como elas haviam se proposto, em diferentes contextos socioambientais (HOEFFEL; SORRENTINO; MACHADO, 2004). Assim, a investigação de percepções ambientais insere-se como ferramenta de apoio à gestão ambiental, com o objetivo de aproximar as ações propostas pelo poder público daquilo que é considerado prioridade pela comunidade local e permitindo subsidiar ações, da formulação à avaliação, para buscar a melhor solução para um contexto específico (RODRIGUES *et al.*, 2012).

Para clarificar como a investigação da percepção da natureza e dos problemas ambientais pode contribuir para a gestão ambiental e, especialmente, para promover uma relação mais positiva entre o ser humano e o ambiente, serão apresentados alguns exemplos.

A percepção de políticas públicas pode ser comprometida por deficiências na comunicação, através da limitação de informações, influenciando diretamente na relação entre o poder público e a população. O estudo da percepção ambiental, nesse caso, pode indicar ao gestor como suas ações estão sendo recebidas pela comunidade local e apresentar caminhos para melhoria dessa relação. Ainda, a motivação da população em participar das ações de gestão resulta, em geral, da tomada de conhecimento sobre assunto de interesse. Logo, a sistematização e disponibilização das informações pertinentes às ações empreendidas pela administração pública é fundamental para promoção da participação social (RODRIGUES *et al.*, 2012).

A percepção ambiental também se mostra útil para o monitoramento ambiental de uma região, ao possibilitar o reconhecimento de indicativos de degradação e de fatores que contribuam para alteração da qualidade ambiental (ANTUNES *et al.*, 2014). Ferreira (2001, apud FERNANDES *et al.*, 2004), por exemplo, utilizou o estudo de percepção para avaliar a degradação ambiental no Alto da Bacia do Limoeiro, em Presidente Prudente, São Paulo (SP), uma área sujeita à especulação imobiliária. Os dados perceptivos permitiram realçar e interpretar o processo de degradação, evidenciando, de acordo com o autor, a omissão dos órgãos públicos encarregados do licenciamento e monitoramento da urbanização.

Macedo (2009), por sua vez, incorporou a avaliação da percepção ambiental como um dos métodos para avaliar o sucesso da restauração de um corpo fluvial canalizado, no caso, visando conhecer a opinião dos moradores da bacia hidrográfica do córrego Baleares, em Belo Horizonte, Minas Gerais (MG). Os resultados da investigação mostraram que as intervenções foram bem aceitas pela população, o que trouxe boas perspectivas em relação à implantação de projetos nestes moldes em outras bacias urbanas. Entretanto, destacou-se que 47% dos entrevistados prefeririam a canalização do córrego e a construção de uma avenida às intervenções realizadas, resultados que suscitaram a necessidade de atividades de educação e conscientização ambiental (MACEDO, 2009).

O estudo da percepção ambiental permite, em relação ao conhecimento ambiental, um pré-diagnóstico, a identificação de "lacunas de informação" e "informações distorcidas", debilidades nos programas de educação ambiental já implantados e o acompanhamento e ajustes dos programas a serem realizados (FERNANDES *et al*., 2004, RODRIGUES *et al.*, 2012). A educação ambiental deve considerar os valores e ações dos sujeitos, ou seja, deve considerar suas percepções pré-existentes, para ser capaz de elaborar propostas que possam atingir a maior parte da sociedade (OLIVEIRA; CORONA, 2008).

Um exemplo de como atividades de educação ambiental podem ser propostas utilizando estudos de percepção pode ser encontrado na pesquisa de Cecato (2017), que teve como objetivo inicial avaliar a percepção das associações de moradores de Porto Alegre, RS, sobre o Lago Guaíba e a gestão participativa dos recursos hídricos. Ao observar, a partir da análise de entrevistas, carência de informações relacionadas à gestão participativa do Lago, a autora produziu material informativo para divulgação junto aos associados, como uma primeira e imediata ação de educação ambiental.

No caso de uma bacia hidrográfica, a educação ambiental orientada pelo poder público poderia partir da problematização das formas de relacionamento da comunidade com o recurso hídrico e os conflitos existentes, contribuindo para estimular a busca de soluções pelo conjunto da sociedade. Dessa forma, as decisões deixam de ser tomadas de maneira unilateral, "de cima para baixo", dando lugar à uma gestão descentralizada e participativa, de forma a induzir os indivíduos a cooperar de maneira consciente para o bem coletivo, com uma efetiva alteração da percepção ambiental e com consequente transformação da realidade pela própria comunidade (BERLINCK *et al.*, 2003).

3 ÁREA DE ESTUDO: SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO JOSÉ JOAQUIM

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

A sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim possui, aproximadamente, 29,16 km² e localiza-se entre as latitudes 29°47'20,98" e 29º50'14,55" Sul e as longitudes 51º11'47,06" e 51°5'0,76" Oeste, pertencendo à bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, um dos rios mais importantes do RS (figura 5). A sub-bacia é composta pelo córrego homônimo e pelos córregos afluentes São Jorge, da Palmeira e dos Prass.

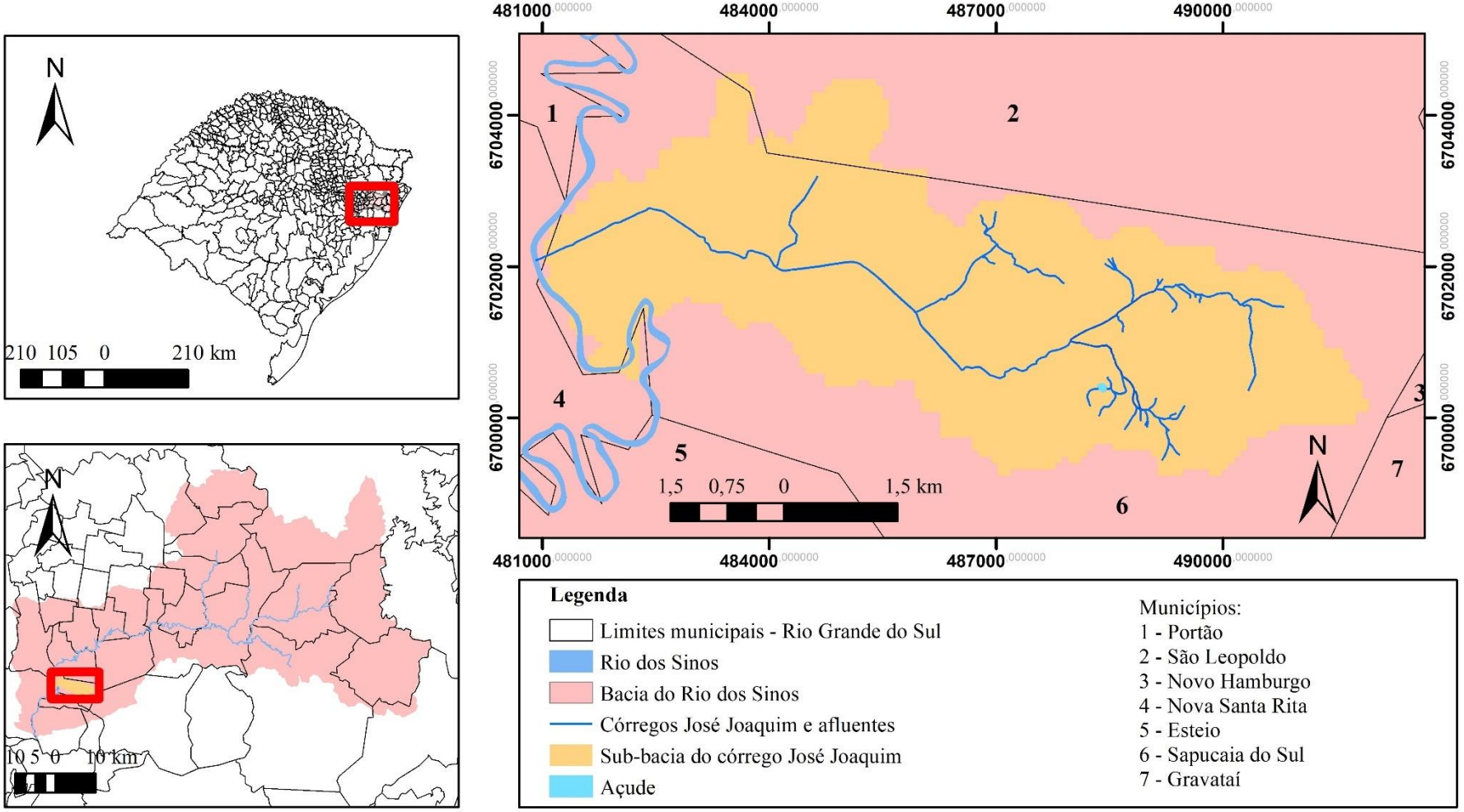
O clima em Sapucaia do Sul é classificado como subtropical III, ou seja, úmido e com variação longitudinal das temperaturas médias, conforme as tipologias climáticas propostas por Rossato (2011) para o RS. A precipitação média anual é de 1.497,9 mm e a temperatura média anual está entre 18,1 e 19,0ºC, com as temperaturas médias variando em torno de 10ºC entre o verão (23,1 a 24°C) e o inverno (13,1° a 14°C) (WREGE *et al.*, 2012).

A partir da rede de drenagem apresentada no mapa-base com informações topográficas disponível no software ArcGIS Map 10.5, e utilizando a hierarquização dos canais fluviais de Strahler (1952 apud CHRISTOFOLETTI, 1980), constatou-se que a sub-bacia do córrego José Joaquim possui uma hierarquia fluvial de 4ª ordem, com 26,73 km de drenagem. A densidade de drenagem na sub-bacia é, portanto, de 0,91 km/km².

O relevo do município de Sapucaia do Sul está inserido na Depressão Periférica do RS. A sub-bacia hidrográfica atravessa o município, quase totalmente, de Leste a Oeste, passando por: elevações dos morros testemunhos de arenito Botucatu a Leste, onde localiza-se a maioria das nascentes; colinas onduladas na porção central; e planícies aluviais associadas aos córregos no médio e baixo curso em direção a Oeste, até a confluência com o Rio dos Sinos.

Com relação à ocupação urbana do município, as formas mais urbanizadas são as colinas, com urbanização em relação à área disponível de 81,20%, enquanto as planícies e morros apresentam urbanização de 33,88% e 31,25%, respectivamente. A menor expansão urbana sobre as planícies e morros deve-se a fatores como inundações recorrentes (nas planícies) e dificuldade de acesso e uso agrícola (nos morros) (GONÇALVES, 2013).

Figura 5. Mapa de localização e situação geográfica da área de estudo: a sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim.



Sistema de Projeção Transversal de Mercator - UTM
Fuso: 22 Sul
Datum: SIRGAS 2000

Fontes: bacia hidrográfica delimitada a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE) fornecido por Weber, Hasenack e Ferreira (2004), e Fepam (2005a, 2005b e 2005c).
Elaboração: Anne Krummenauer, 2020.

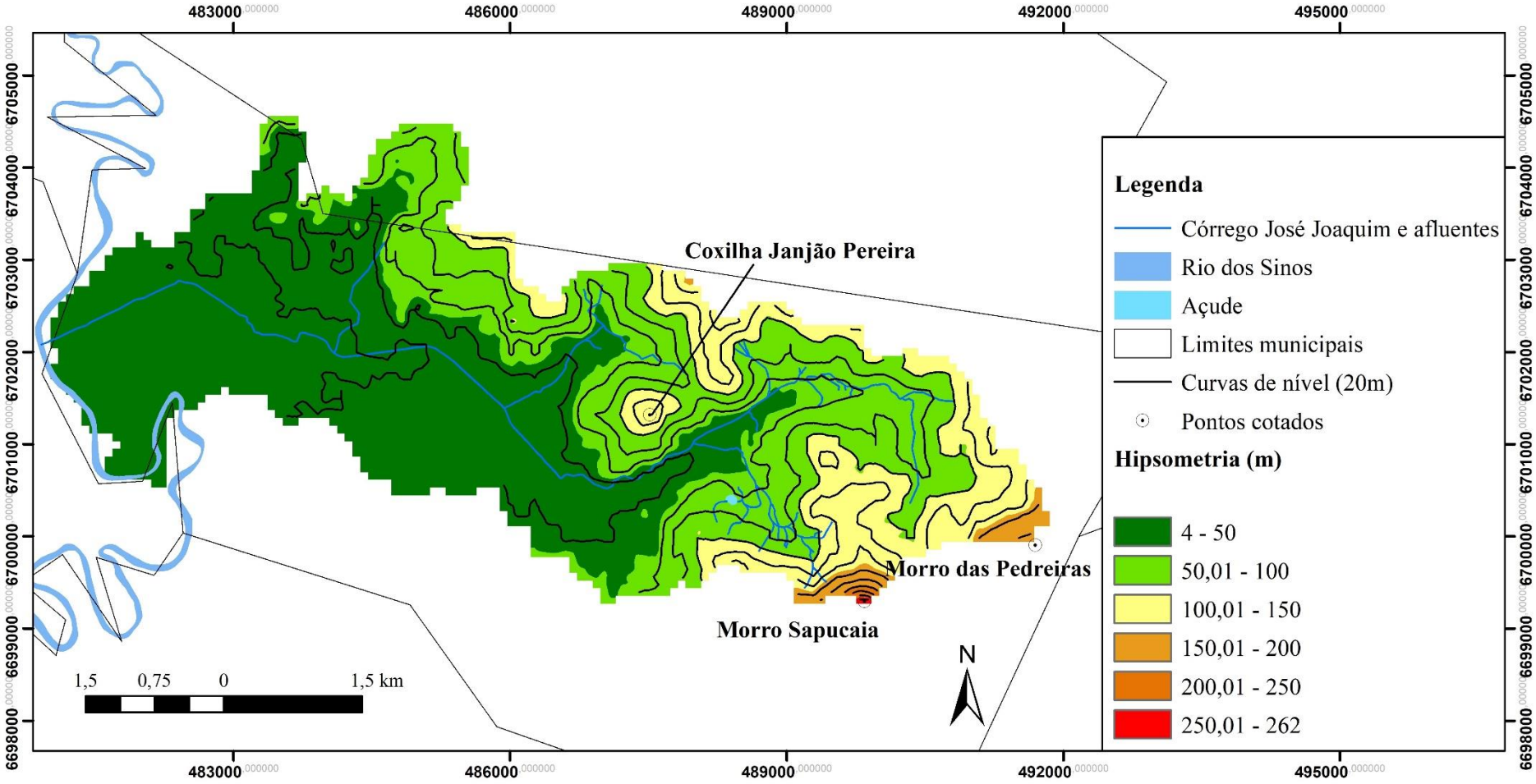
Como observa-se no mapa hipsométrico (figura 6), cerca de 50% da área da sub-bacia do córrego José Joaquim possui até 50 metros de altitude, e 80% tem até 90 metros de elevação. As áreas mais elevadas, os outros 20% da sub-bacia, compreendem elevações de até 262 metros, com as maiores elevações associadas à Coxilha Janjão Pereira (137m), ao Morro Sapucaia (262m), ao Morro das Pedreiras (182m) e às encostas do Morro das Cabras.

Como mostra o mapa de declividades (figura 7), a declividade do relevo da sub-bacia do córrego José Joaquim pode ser dividida nas seguintes classes: suave (inclinação variando de 0 a 3%), suave ondulado (de 3 a 8%), ondulado (de 8 a 15% e de 15 a 20%), e forte ondulado (de 20 a 37,83%) (SANTOS *et al.*, 2018). As maiores declividades estão associadas às encostas e aos morros da Formação Botucatu. Assim, a declividade do terreno não é um fator determinante no que se refere aos processos erosivos na área de estudo, mas, sim, a características dos solos (GONÇALVES, 2013).

Na sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim encontram-se rochas sedimentares areníticas e lamíticas do Grupo Rosário do Sul (Formações Santa Maria e Sanga do Cabral), Formação Botucatu, Depósitos Aluvionares Atuais e Colúvio Aluviais. Há predominância do argissolo vermelho-amarelo (derivado das formações Botucatu e Rosário do Sul), e alguma presença de planossolo eutrófico, solo típico de áreas baixas e inundáveis, próximo à confluência com o Rio dos Sinos (relacionado aos Depósitos Aluvionares Atuais). Ambos os tipos de solo são suscetíveis à erosão hídrica e demandam cuidados para proteção e evitar transtornos no uso e ocupação (GONÇALVES, 2013).

Quando chove, a elevação do nível de água no córrego José Joaquim e em seus tributários pode inundar as planícies aluviais, o que aumenta os processos erosivos nas áreas marginais que estiverem desprotegidas. Nas colinas, onde o solo está bastante impermeabilizado, o aumento do escoamento superficial promove erosão acelerada dos terrenos que estiverem expostos, com ocorrência de sulcos e ravinas, contribuindo para o assoreamento da rede de drenagem. Nos morros não são observados riscos à população, apesar de que, aos poucos, começam a ser ocupadas áreas com potencial para processos erosivos e movimentos de massa. Nos locais em que há afloramento rochoso ou retirada da vegetação, a instabilidade é acentuada (GONÇALVES, 2013).

Figura 6. Mapa hipsométrico da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim.

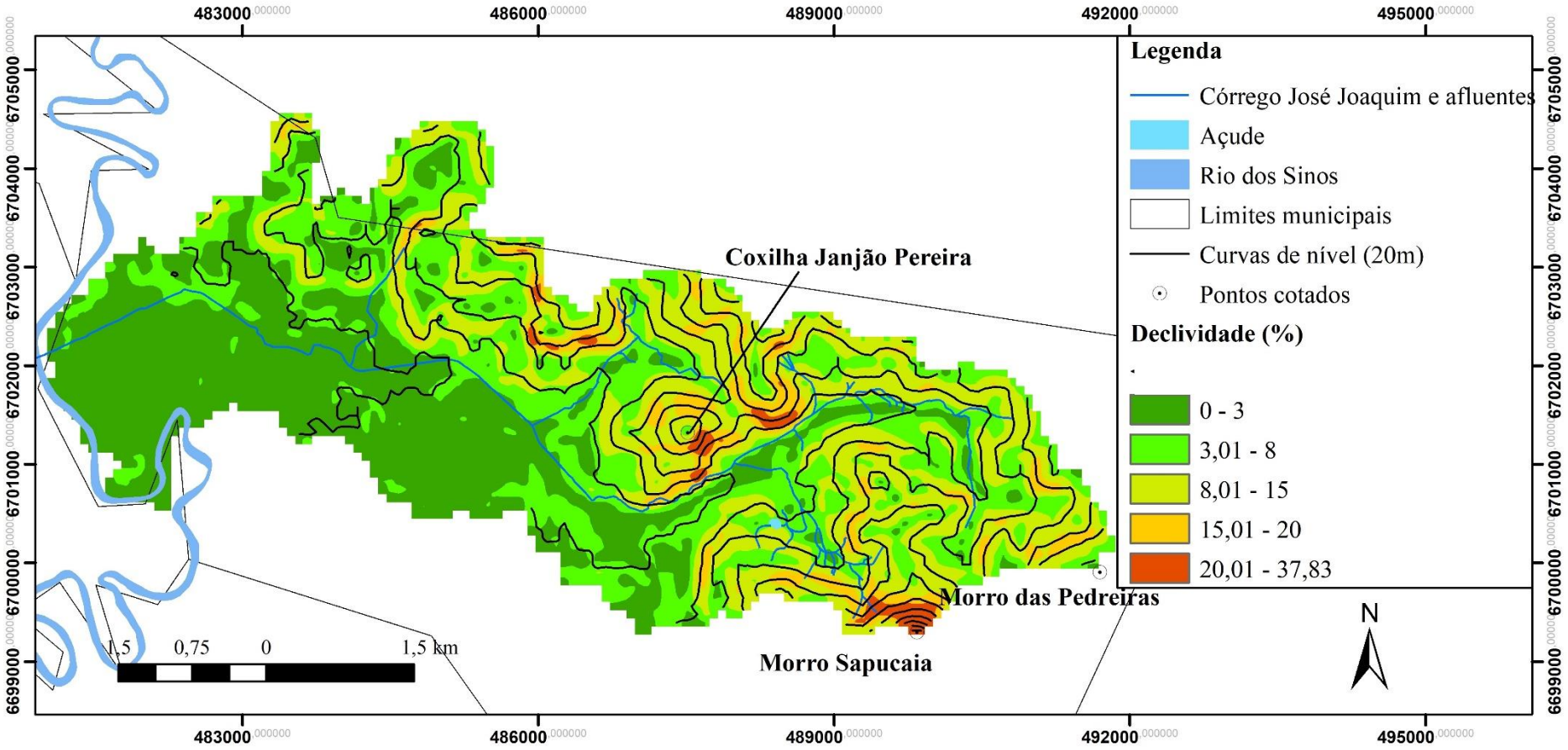


Sistema de Projeção Transversal de Mercator - UTM
Fuso: 22 Sul
Datum: SIRGAS 2000
Escala: 1:60.000

Fontes: mapa hipsométrico elaborado com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) fornecido por Weber, Hasenack e Ferreira (2004), e Fepam (2005b e 2005c).

Elaboração: Anne Krummenauer, 2020.

Figura 7. Mapa de declividades da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim.



Sistema de Projeção Transversal de Mercator - UTM
Fuso: 22 Sul
Datum: SIRGAS 2000
Escola: 1:60.000

Fontes: mapa de declividades elaborado com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) fornecido por Weber, Hasenack e Ferreira (2004), e Fepam (2005b e 2005c).

Elaboração: Anne Krummenauer, 2020.

Quanto à vegetação, a área de estudo localiza-se em uma zona de tensão ecológica entre os biomas Mata Atlântica e Pampa (ICMBIO, 2007). Entretanto, a vegetação original foi quase completamente substituída por edificações, agricultura, pecuária e/ou eucaliptos, e a vegetação ripária também está em um estágio avançado de degradação, sendo encontrada de maneira rarefeita e apenas em alguns trechos.

Na sub-bacia hidrográfica estão localizadas as três áreas verdes do município de Sapucaia do Sul: o Parque Estadual Zoológico, a Reserva Florestal Padre Balduíno Rambo e a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Morro Sapucaia, que, juntas, totalizam aproximadamente 6 km². Na RPPN encontram-se remanescentes da cobertura vegetal original (Estepe e Floresta Estacional Semi-Decidual) e nascentes que dão origem às sub-bacias hidrográficas dos córregos José Joaquim, Boa Vista e Sapucaia (ICMBIO, 2007). Nas demais áreas verdes, entretanto, a vegetação predominante é de eucaliptos (GONÇALVES, 2013).

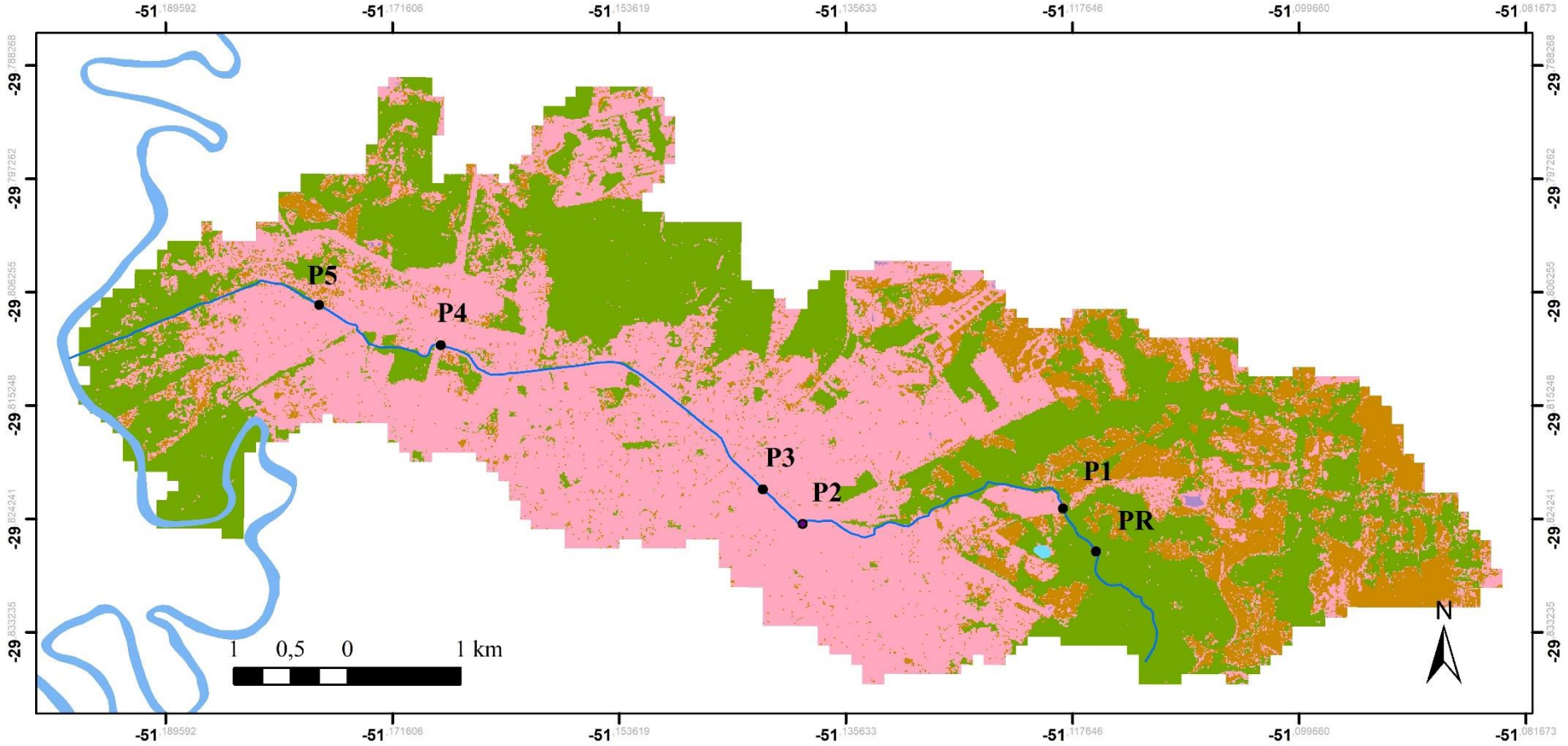
3.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS

Devido à intensa urbanização e industrialização na região do Baixo Sinos, onde está localizada a sub-bacia do córrego José Joaquim, há uma forte pressão sobre os recursos naturais e evidente perda de qualidade das águas superficiais. Neste trecho, as águas do Rio dos Sinos estão classificadas como Classe 4 segundo a Resolução CONAMA n. 357 (PROFILL, 2017).

A área da sub-bacia encontra-se majoritariamente no município de Sapucaia do Sul (95% da área sub-bacia), do qual é a maior e mais importante bacia hidrográfica, e o restante encontra-se no município de São Leopoldo (5% da área da sub-bacia). Conforme estimativas do IBGE, Sapucaia do Sul teve uma população residente estimada de 147.075 pessoas em 2019, com 99,63% da população habitando na zona urbana e densidade demográfica de 2.245,91 habitantes/km² (6ª maior entre os 497 municípios do Estado), conforme o Censo 2010 (IBGE, 2020).

A figura 8, elaborado pela autora com base em uma imagem de satélite de 18 de abril de 2020, apresenta o uso e a ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim dividida nas categorias área urbanizada (47,9%), vegetação natural (37,5%), agrícola (14,7%) e mineração (argila e arenitos, menos de 0,1%). Ela revela que a ocupação urbana predomina na sub-bacia, seguida por vegetação natural, que pode ser nativa ou exótica. Na figura já foram indicados os pontos de avaliação da qualidade da água e da integridade física, os pontos de referência e pontos 1 a 5 (PR, P1, P2, P3, P4 e P5), permitindo, posteriormente, a visualização dos resultados espacializados em relação ao uso e ocupação do solo.

Figura 8. Mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim.



Sistema de Coordenadas Geográficas - WGS
Datum: WGS 1984
Escala 1:50.000

Fontes: interpretação baseada em imagem de satélite de 19 de abril de 2020 (USGS), e Weber, Hasenack e Ferreira (2004), Fepam (2005c) e IBGE (2013).
Elaboração: Anne Krummenauer, 2020.

Legenda

- Rio dos Sinos
- Córrego José Joaquim e afluentes
- Açude
- Pontos de avaliação
- Área de vegetação natural
- Área urbanizada
- Área agrícola
- Área de mineração

A proximidade com a capital do Estado, Porto Alegre, distante apenas 25 km, e as facilidades de acesso hidroviário (Rio dos Sinos), rodoviário (RS-116, BR-118 e BR-448), ferroviário (linha desativada) e metroviário (entre Novo Hamburgo e Porto Alegre) foram, desde as primeiras ocupações, marcantes para determinar as áreas de crescimento urbano e o perfil da população de Sapucaia do Sul. Nos anos 1970 e 1980, o município passou por um inchaço populacional com a migração de pessoas do campo para as cidades, em busca de melhores condições de vida em meio a uma crise econômica mundial (crise do petróleo). Como o planejamento e os investimentos em infraestrutura não acompanharam o crescimento urbano na maioria das cidades brasileiras, o fenômeno levou ao surgimento de loteamentos irregulares, ocupação de áreas de risco (planícies inundáveis), deficiências em saneamento básico, entre outros problemas que perduram até hoje. Remontam a esse período as primeiras obras de canalização de córregos do município (Mem de Sá e José Joaquim) (GONÇALVES, 2013).

A população tem um perfil operário e ocorre intenso movimento pendular durante o dia, quando milhares de pessoas se deslocam para trabalhar nas cidades próximas, como São Leopoldo, Canoas e Novo Hamburgo. O Produto Interno Bruto (PIB), no ano de 2017, alcançou mais de 3 bilhões de reais (25º maior do Estado, SEBRAE-RS, 2019), devido, em grande parte, a indústrias de grande porte como a Ambev (fabricante de cervejas e outras bebidas), a Isdralit (fabricante de telhas de fibrocimento e de acetato de polivinilo), a Gerdau (recicladora de aço), a Kurashiki do Brasil e a Paramount Lansul (ambas lanifícios), localizadas próximas à confluência do córrego José Joaquim com o Rio dos Sinos. A área rural conta com 14 km² (24,8% do território), nas proximidades do Morro Sapucaia (GONÇALVES, 2013).

A coleta de esgotos é precária, pois alcançou apenas 7,3% da população (10.257 pessoas), com 1,97 km de rede, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR), referentes ao ano de 2018. 94% dos esgotos coletados são tratados (BRASIL, 2019). O tratamento de esgotos ocorre na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Novo Esteio (capacidade para tratamento de 330 l/s), que atende os municípios de Esteio e Sapucaia, e no conjunto habitacional João Goulart (Blocos da COHAB). Entretanto, na maioria dos casos, o esgoto doméstico é lançado na rede pluvial e córregos, seja “in natura” ou seja após um tratamento primário (fossa séptica e filtro anaeróbio) (PMSS, 2014).

O abastecimento de água potável atendeu 99,6% da população, através de uma rede de 346,3 km (dados do SNIS referentes ao ano de 2018, BRASIL, 2019), utilizando o Rio dos Sinos como manancial. O uso de águas subterrâneas é pouco significativo, estando restrito a

propriedades rurais, algumas indústrias e poços irregulares. Parte do município e da sub-bacia do córrego José Joaquim está localizada em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (UNISINOS; CONSORCIO PRÓ-SINOS; COMITESINOS).

A Estação de Tratamento de Água (ETA) Esteio (tratamento de 900 l/s), que fornece água potável aos municípios de Sapucaia do Sul, Esteio e parte de Canoas (PMSS, 2014), localiza-se 3 km a jusante da confluência do córrego José Joaquim com o Rio dos Sinos, e poucos metros a jusante do lançamento dos efluentes tratados pela ETE Novo Esteio. Dessa forma, a água que é captada para ser tratada e distribuída para o consumo dos sapucaienses recebe, pouco antes, contaminantes provenientes dos esgotos de grande parte do município (seja através do esgoto misturado na água dos cursos fluviais ou seja através do efluente tratado da ETE).

4 METODOLOGIA

4.1 ETAPAS DA AVALIAÇÃO DA ASPECTOS DA QUALIDADE AMBIENTAL

Esta pesquisa foi organizada em torno de problemas identificados— a degradação ambiental em áreas urbanas e a ausência de monitoramento da qualidade ambiental em córregos urbanos—, a serem analisados em relação a um estudo de caso— a sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim, em Sapucaia do Sul (RS). O estudo de caso enquadra-se no meio científico como uma pesquisa empírica, ou seja, na qual, através da observação da realidade, formam-se teorias, com a expectativa de que estas venham a se somar com outras experiências no futuro, de forma a generalizar as proposições teóricas (YIN, 2015).

Para avaliação da qualidade de alguns aspectos ambientais do curso fluvial, foi proposta a seguinte metodologia: a avaliação da qualidade da água, através da análise de características físico-químicas e bacteriológicas (análise quantitativa), e a avaliação da integridade física do ecossistema fluvial, através da adaptação e aplicação de um PAR (análise semiquantitativa), com mapeamento dos resultados. Adicionalmente, foi feita a avaliação da percepção dos moradores circunvizinhos ao córrego José Joaquim e de funcionários da PMSS sobre a água no meio urbano, através de entrevistas semiestruturadas (análise qualitativa).

Com o intuito de atingir os objetivos delimitados e atender aos requisitos metodológicos da pesquisa, foram estabelecidas etapas de trabalho, sequenciais e/ou simultâneas, desenvolvidas em gabinete ou em campo. O trabalho em campo envolveu visitas para reconhecimento da sub-bacia hidrográfica e obtenção de dados, com saídas para: identificação de diferentes situações ambientais, seleção dos trechos e pontos de avaliação, coleta das amostras de água, aplicação do PAR e realização de entrevistas de percepção ambiental com moradores, além de registros fotográficos. O trabalho de gabinete incorporou o levantamento bibliográfico sobre as metodologias de pesquisa e sobre a área de estudo, análise e interpretação dos dados adquiridos, elaboração de mapas e redação da dissertação.

A rede hidrográfica de todos mapas corresponde ao apresentado no mapa-base com informações topográficas disponível no software ArcGIS Map 10.5. A delimitação da sub-bacia hidrográfica e a elaboração dos mapas foram feitas com auxílio dos softwares ArcGIS Map 10.5 e QGIS 3.4.10. Destaca-se que, no estudo hidrológico, foram utilizados dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) do RS, processado e disponibilizado pelo Laboratório de Geoprocessamento (Labgeo) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (WEBER; HASENACK; FERREIRA,

2004), cujos modelos têm resolução espacial de 90 metros e resolução vertical de 10 a 12 metros (NASA, 2002). Considerando-se a baixa resolução vertical dos modelos SRTM, o mapa hipsométrico, de declividade, a altitude de pontos cotados e a delimitação da bacia hidrográfica, obtidos com base no MDE, devem ser considerados resultados aproximados, úteis para estudos preliminares.

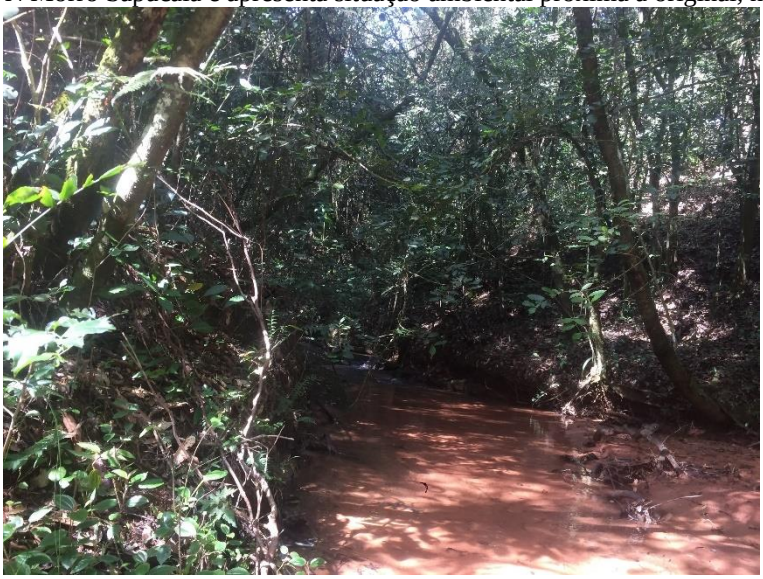
A elaboração do mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim (figura 8, página 57), iniciou com a aquisição de imagem do sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI) do satélite Sentinel-2A (órbita: 38, ponto: T22JDN, data: 19 de abril de 2020), disponibilizada pela *United States Geological Survey* (USGS), instituição de serviço geológico dos EUA. A classificação supervisionada do uso e ocupação do solo foi realizada no software ArcGIS Map 10.5, utilizando-se a extensão Spatial Analyst, e as classes de uso e ocupação do solo baseiam-se nas orientações do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013).

Uma nascente do córrego da Palmeira (coordenadas 29°50’7,87” Sul e 51º6’42,75” Oeste), no Morro Sapucaia, foi selecionada como origem do corpo d’água em avaliação no presente trabalho (o córrego José Joaquim), com comprimento total de 10.941,28 metros. Para a avaliação de integridade física e da qualidade da água, este corpo principal foi dividido em seis trechos, com situações ambientais relativamente homogêneas, mas diferentes entre si. Adicionalmente, foi selecionado um ponto de avaliação representativo de cada trecho. A definição dos trechos e de pontos para avaliação teve suporte na análise de imagens de satélite (software *Google Earth*) e observações em campo, onde foram verificadas condições de homogeneidade da paisagem, segurança e acessibilidade do local para o avaliador.

O primeiro trecho e o primeiro ponto foram considerados “de referência”, sendo representativos das condições “originais”, não degradadas, sendo chamados de Trecho e Ponto de Referência (TR e PR). Os demais foram numerados de 1 a 5, em ordem crescente de montante para jusante, recebendo designação da sigla “T”, para trecho, e “P”, para ponto, seguida do número correspondente. Os pontos de avaliação foram ilustrados nas figuras 9 a 14 e espacializados na figura 15, página 66.

O **Trecho de Referência (TR)** inicia dentro da RPPN Fazenda Morro Sapucaia, começando em uma das nascentes do córrego da Palmeira e indo até o cruzamento do córrego com a rua Justino Camboim (comprimento total de 1.255 metros). O **Ponto de Referência (PR)** está localizado no final do TR (aos 1.255 metros da extensão do corpo d’água em avaliação), em uma fazenda lindeira à RPPN (figura 9). As coordenadas do ponto são 29°49'36,9" Sul e 51°06'56,2" Oeste.

Figura 9. Fotografia do ponto de referência (PR), onde observa-se o córrego da Palmeira, que atravessa fazenda lindeira à RPPN Morro Sapucaia e apresenta situação ambiental próxima à original, não degradada.



Fonte: arquivo pessoal da autora, 15 de agosto de 2019.

O **Trecho (T1)** inicia a montante da zona urbana, percorrendo cerca de 1.687 metros da rua Justino Camboim até a rua Gonçalino Lucas, no bairro Lomba da Palmeira. A sub-bacia hidrográfica apresenta características de zona rural, com presença de loteamentos novos e ocupações regulares ou irregulares. O córrego ainda é predominantemente margeado por vegetação ripária e, aparentemente, não passa por alterações antrópicas significativas. O **Ponto 1 (P1)** localiza-se no início do trecho, a poucos metros do PR (aos 1.721 metros da extensão do corpo d'água), nas coordenadas: 29°49'23.2" Sul e 51°07'04.4" Oeste (figura 10).

Figura 10. Fotografia do P1, na qual observa-se o córrego da Palmeira, em leito original, atravessando áreas rurais, com vegetação natural e ocupação urbana recente. O córrego apresenta poucos indícios de alteração de origem antrópica no leito e nas margens.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 04 de março de 2020.

O **Trecho 2 (T2)** percorre 1.184 metros, até a rua Rosinha Joaquina da Silveira. O córrego está canalizado e passa por áreas de ocupação de famílias com diferentes faixas de renda, onde pode-se observar o lançamento de efluentes domésticos e resíduos sólidos. O **Ponto 2 (P2)** localiza-se no final do trecho (aos 4.126 metros de extensão do corpo d'água), às coordenadas: 29°49'28.2" Sul e 51°08'19.6" Oeste (figura 11).

Figura 11. Fotografia do P2, onde o córrego José Joaquim apresenta-se em leito canalizado e áreas urbanizadas.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 04 de março de 2020.

O **Trecho 3 (T3)** corresponde a 447 metros do córrego, nos quais ele é margeado por moradias e passa por processo final de canalização (trecho 1 da fase 2 de revitalização do córrego José Joaquim). O **Ponto 3 (P3)** localiza-se no final do trecho (aos 4.573 metros de extensão do corpo d'água), às coordenadas: 29°49'18,8" Sul e 51°08'31,9" Oeste (figura 12).

Figura 12. Fotografia do P3, onde observa-se o córrego José Joaquim em processo final de canalização.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 04 de março de 2020.

No **Trecho 4 (T4)**, o córrego percorre 3.102 metros nas áreas mais centrais do município, em leito canalizado, até a rua Ildefonso Pinto, no final do bairro Freitas. É margeado, em ambos os lados, por ruas, avenidas e residências. A fase 1 da revitalização do córrego José Joaquim, finalizada em 2017, incluiu a expansão e pavimentação de um trecho da avenida José Joaquim, às margens do córrego, ligando os bairros Cohab Casas, Piratini, Freitas e São José. A profundidade da lâmina de água medida em um ponto do T4, próximo à metade da extensão do córrego (aos 5.564 metros), em 16 de março de 2020, foi de apenas 8 cm, o que indica que há baixa vazão. Essa informação baseia-se em aferição visual, não foi elaborada medida da vazão seguindo critérios técnicos. O **Ponto 4 (P4)** localiza-se no final do trecho (aos 7.637 metros de extensão do corpo d'água), nas coordenadas: 29°48'46,5" Sul e 51°09'48,1" Oeste (figura 13).

Figura 13. Fotografia do P4, onde observa-se o córrego José Joaquim, em leito canalizado, atravessando áreas urbanizadas.

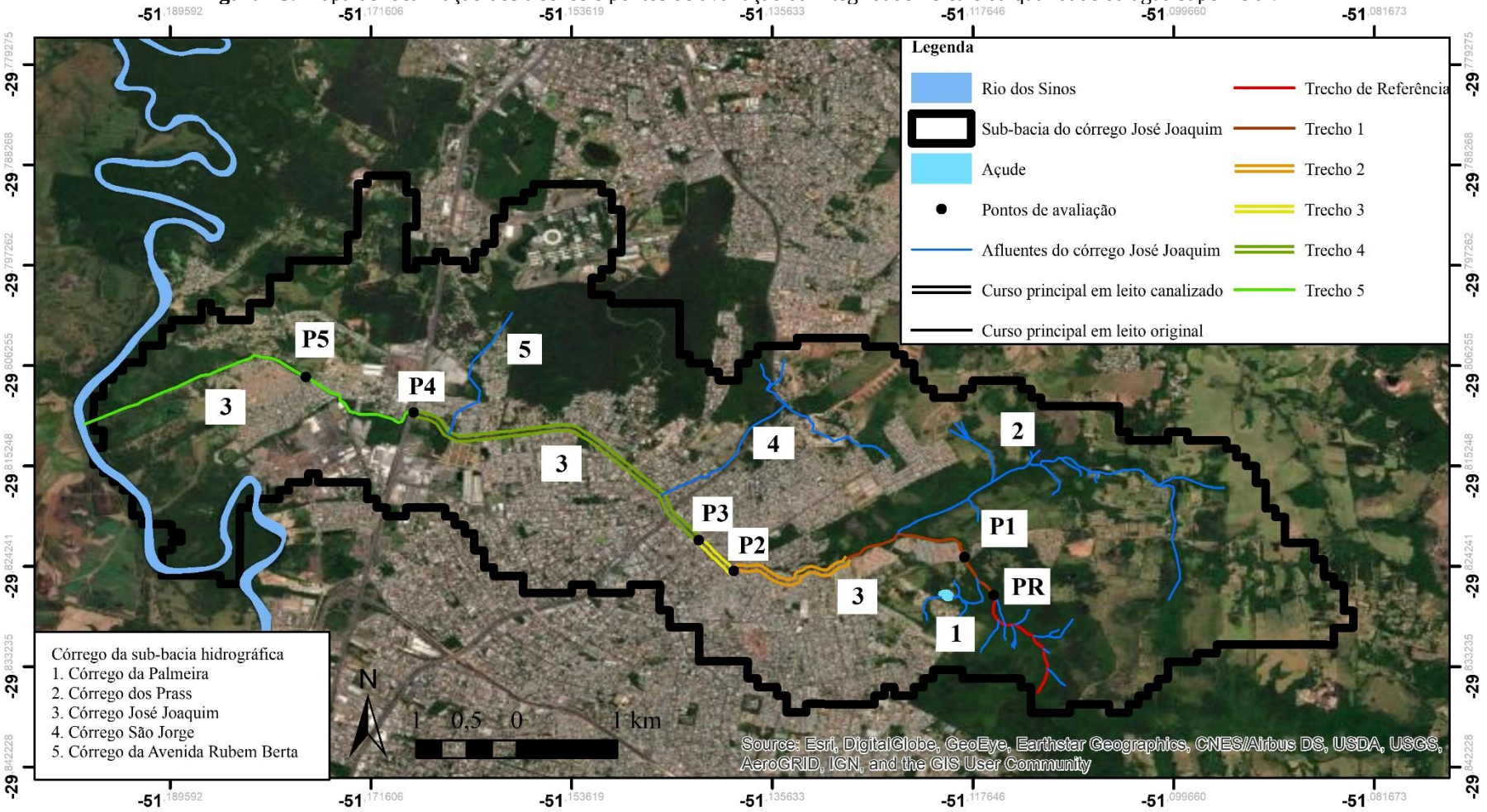
Fonte: arquivo pessoal da autora, 04 de março de 2020.

No **Trecho 5 (T5)**, o córrego, não canalizado, percorre 3.266 metros até a confluência com o Rio dos Sinos. O trecho compreende áreas verdes (como o Parque Estadual Zoológico), de banhado, residenciais (famílias com diferentes faixas de renda) e industriais (onde localizam-se indústrias como Ambev, Isdralit, Gerdau e White Martins). O **Ponto 5 (P5)** encontra-se em um ponto intermediário do trecho (aos 8.809 metros de extensão do corpo d'água, figura 14). As coordenadas do P5 são: 29°48'26,9" Sul e 51°10'38,1" Oeste.

Figura 14. Fotografia do P5, na qual observa-se o córrego José Joaquim, em leito não canalizado.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 04 de março de 2020.

Figura 15. Mapa de localização dos trechos e pontos de avaliação da integridade física e da qualidade da água superficial.



Sistema de Coordenadas Geográficas - WGS
Datum: WGS 1984
Escala 1:60.000
Elaboração: Anne Krumemnauer, 2020.

Fontes: Weber, Hasenack e Ferreira (2004), Fepam (2005c) e imagem de satélite disponível no ArcMap 10.5 (fonte: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community)

4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Foram selecionados 16 parâmetros físico-químicos e bacteriológicos para avaliação da qualidade da água superficial da sub-bacia do córrego José Joaquim. Cada parâmetro foi escolhido por atender um ou mais dos critérios a seguir: ser bom indicador de poluição por esgotos domésticos; ser bom indicador de poluição por efluentes relacionados às indústrias locais; ser utilizado em um índice da qualidade da água; e/ou ter sido utilizado em estudos similares realizados na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, possibilitando comparação.

O monitoramento da qualidade das águas superficial foi realizado em duas campanhas. A campanha 1 ocorreu em 15 de agosto de 2019, no inverno, e abrangeu os parâmetros: coliformes termotolerantes, $DBO_{5,20}$, fosfato total, OD e turbidez, avaliados em todos os pontos, e seis metais pesados (cádmio, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco), avaliados no PR e no P5. Considerando o período entre a coleta e os cinco dias que a antecederam (dias 10 a 15 de agosto), foram registrados 4,8 mm de chuva no dia 10 e 13,40 mm no dia 12, totalizando 18,2 mm de precipitação registrados pela estação hidrológica automática "Arroio José Joaquim" (código 432000814H), localizada na ponte do Bairro Cohab Blocos.

Na campanha 2, realizada em 04 de março de 2020, no verão, optou-se por ampliar os parâmetros de avaliação, acrescentando-se: condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal, pH, sólidos totais e temperatura em todos os pontos. Tanto no dia (4 de março), quanto nos cinco dias que antecederam a análise (28 de fevereiro a 3 de março), não foi registrada precipitação pela estação hidrológica automática "Arroio José Joaquim".

As amostras de água foram coletadas pela pesquisadora e as análises foram realizadas em laboratório credenciado pela Fepam, que forneceu os frascos previamente preparados para os exames. À amostragem, adotaram-se os seguintes procedimentos em cada ponto: 1º - coleta das amostras destinadas à avaliação de OD e de nitrogênio amoniacal, utilizando-se frascos adequados e previamente preparados com conservantes; 2º - coleta da amostra destinada à avaliação de coliformes termotolerantes, utilizando-se frasco adequado; 3º - enxágue triplo do frasco sem conservante, utilizando a amostra (processo de ambientação), e, na sequência, coleta da amostra destinada às demais análises; 4º - identificação das amostras (local, data e hora da coleta). Todas as amostras foram acondicionadas em caixa de isopor com gelo seco e mantidas a 4ºC ± 2ºC, e entregues, no mesmo dia, para a análise laboratorial. Apesar de haver pouco fluxo de água, evitou-se a coleta de amostras junto às paredes ou próximo ao fundo do curso fluvial (NAIME; FAGUNDES, 2005). As normas ou procedimentos utilizados para análise

laboratorial foram apresentados no quadro 8. Já a medição de condutividade elétrica e da temperatura da água foram realizadas pela pesquisadora na campanha 2 utilizando-se condutivímetro portátil digital com compensação automática de temperatura modelo CD-4303 da marca Lutron.

Quadro 8. Limites de quantificação e norma ou procedimento para avaliação laboratorial dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicosda água.

Parâmetro	**Unidade**	**LQ**		**Norma ou procedimento**
		C1	**C2**	
Coliformes termotolerantes*	NMP $100\ mL^{-1}$	1,8	1,8	Standard Methods 9223 B
$DBO_{5,20}$*	$mg\ L^{-1}\ O_2$	1	1	Standard Methods 5210 B
Fosfato total	$mg\ L^{-1}\ PO_4$	0,05	0,05	NBR 12772/1992
Nitrogênio amoniacal*	$mg\ L^{-1}\ N-NH_3$		0,05	EPA 350.2
OD*	$mg\ L^{-1}\ O_2$	0,5	1	Standard Methods OC
pH*	-		1	NBR 9251:1986
Turbidez*	UNT	0,76	0,76	Standard Methods2130 B
Cádmio*	$mg\ L^{-1}$ Cd	0,001	0,005	Standard Methods 3111 B
Chumbo*	$mg\ L^{-1}$ Pb	0,01	0,01	Standard Methods 3111 B
Cobre*	$mg\ L^{-1}$ Cu	0,007	0,007	Standard Methods 3111 B
Cromo total*	$mg\ L^{-1}$ Cr	0,027	0,027	Standard Methods 3111 B
Níquel*	$mg\ L^{-1}$ Ni	0,02	0,02	Standard Methods 3111 B
Zinco total*	$mg\ L^{-1}$ Zn	0,03	0,045	Standard Methods 3111 B

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23nd Edition. NBR: Norma Brasileira; NMP: Número mais provável; LQ: Limite de Quantificação; C1: Campanha 1 (15 de agosto de 2019); C2: Campanha 2 (4 de março de 2020).
* Ensaios reconhecidos pela Rede Metrológica/RS, conforme ISSO/IEC 17025:2017.

Os resultados do monitoramento de parâmetros de qualidade da água superficiais foram, quando possível, classificados segundo os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 357 para as diferentes classes de águas doces (quadro 9) e apresentados na forma de gráficos.

Os resultados também foram comparados, quando possível, com estudos similares realizados na bacia do Rio dos Sinos e com os resultados do monitoramento do líquido afluente e o efluente da ETE Novo Esteio, em Esteio (RS) (RITTER, 2020, Anexo A). Além disso, a qualidade da água, na segunda campanha, pôde ser avaliada de maneira global através da aplicação e adaptação do IQA-NSF às condições dos cursos fluviais gaúchos — o IQA-Comitesinos —, na qual o parâmetro de temperatura é dispensado e o parâmetro nitrato é substituído por nitrogênio amoniacal.

Quadro 9. Limites de concentração de substâncias nas águas doces.

Parâmetro	Unidade	Classe de águas doces			
		1	**2**	**3**	**4**
Coliformes termotolerantes	NMP $100\ mL^{-1}$	200	1.000	2.500 para contato secundário, 1.000 para dessedentação de animais confinados e 4.000 para demais usos.	
Condutividade elétrica	$\mu S\ cm^{-1}$	Não especificado.			
$DBO_{5,20}$	mg L^{-1} O_2	3	5	10	
Fosfato total	mg L^{-1} PO_4	Não especificado.			
Fósforo	mg L^{-1} P	0,1	0,1	0,15	
Nitrogênio amoniacal	mg L^{-1} $N - NH_3$	3,7 para pH ≤ 7,5; 2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 para 8,0 < pH ≤ 8,5; e 0,5 para pH > 8,5	3,7 para pH ≤ 7,5; 2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 para 8,0 < pH ≤ 8,5; e 0,5 para pH > 8,5	13,3 para pH ≤ 7,5; 5,6 para 7,5 < pH ≤ 8,0; 2,2 para 8,0 < pH ≤ 8,5; e 1,0 para pH > 8,5	
OD	mg L^{-1} O_2	*6	*5	*4	*2
pH	---	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Temperatura	°C	Não especificado.			
Turbidez	UNT	40	100	100	
Cádmio	mg L^{-1} Cd	0,001	0,001	0,01	
Chumbo	mg L^{-1} Pb	0,01	0,01	0,033	
Cobre	mg L^{-1} Cu	0,009	0,009	0,013	
Cromo total	mg L^{-1} Cr	0,05	0,05	0,05	
Níquel	mg L^{-1} Ni	0,025	0,025	0,025	
Zinco total	mg L^{-1} Zn	0,18	0,18	5	

* Os valores apresentados são os máximos permitidos, à exceção do parâmetro oxigênio dissolvido, cujos limites são os mínimos permitidos por Classe.

Fonte: BRASIL (2005).

Para o cálculo do IQA-Comitesinos, os parâmetros recebem notas parciais, conforme curvas que descrevem a variação da qualidade da água em função da concentração da substância no líquido (Anexo B, CETESB, 2019a). Após, a nota parcial de cada parâmetro é ponderada por um peso específico, fixado conforme sua importância para a qualidade da água. No IQA-Comitesinos, os parâmetros e seus respectivos específicos são (FEPAM, BENDATI *et. al* , 2000): coliformes termotolerantes, peso 0,17; $DBO_{5,20}$, peso 0,11; fosfato total, peso 0,11; nitrogênio amoniacal, peso 0,11; OD, peso 0,19; pH, peso 0,13; sólidos totais, peso 0,09; e turbidez, peso 0,09. O resultado do índice para um ponto de amostragem consiste no produtório

das notas parciais (equação 1).

Equação 1 $$\text{IQA-Comitesinos} = \prod_{i=1}^{N} q_i{}^{w_i}$$

onde: Π é o símbolo de produtório, *N* é o número de parâmetros, q_i é a nota do parâmetro i em uma escala de 0 a 100, e w_i é o peso atribuído ao parâmetro *i*, com valor entre 0 a 1.

Como o IQA-Comitesinos não avalia substâncias tóxicas que possam estar presentes na água superficial (como metais pesados ou pesticidas), uma solução é multiplicar o resultado do IQA por um índice de toxidez (IT). O IT é uma variável binária, assumindo um valor igual a zero (0) quando um elemento tóxico ultrapassa o limite permitido, e valor igual a um (1) caso contrário (COMITESINOS, 1990). Esta é uma maneira de zerar o IQA caso exista alguma contaminação. Nesta pesquisa, definiu-se as concentrações dos metais pesados como referências para aplicação do IT, com bases nos valores máximos permitidos pelo padrão legal para a Classe 2 das águas doces, determinado pela resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005).

O cálculo do IQA-Comitesinos culmina na classificação da água analisada de acordo com cinco intervalos de pontuação: de zero (0) a 25 pontos, “péssima”; de 25,01 a 50 pontos, “ruim”; de 50,01 a 70, “regular”; de 70,01 a 90, “boa”; e de 90,01 a 100, “excelente” (FEPAM). Os parâmetros analisados são sensíveis, especialmente, à poluição por esgotos domésticos e, em termos de potabilidade da água, indicam se a água seria apropriada para o abastecimento público após tratamento convencional (CETESB, 2019a)

4.3 AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE FÍSICA: PAR

A avaliação da integridade física da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim, através de um protocolo de avaliação rápida (PAR), consistiu na elaboração de um PAR a partir de outros existentes e, posteriormente, na sua aplicação em trechos de cursos fluviais da sub-bacia, em 04 de março de 2020.

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre os PAR utilizados no Brasil. Dentre eles, o PAR-RU, adaptado por Campos e Nucci (2019) para uma área urbana na Região Sul do Brasil, foi escolhido como protocolo-base por apresentar similaridade com as situações ambientais encontradas na sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim. Decidiu-se por adaptar o protocolo, e não apenas aplicá-lo, com a justificativa de se ampliar o número de parâmetros e de se adequar a descrição das situações ambientais no protocolo-resultante,

tornando a análise mais efetiva na identificação das características de trechos submetidos à intensa degradação de origem antrópica, como a canalização, de trechos menos degradados, como aqueles situados dentro de áreas de preservação ambiental.

Os 28 parâmetros utilizados nos principais protocolos brasileiros foram comparados com o protocolo-base, conforme apresentado no Apêndice A. Considerando essa comparação e as experiências de aplicações de protocolos por pesquisadores como Radtke (2015) e Lobo, Voos e Abreu Júnior (2011), parâmetros foram excluídos, compatibilizados com a área de estudo e adicionados ao protocolo-base, dando origem a um protocolo-resultante denominado "PAR da Integridade Física para Córregos Antropizados" (PAR-CA), quadro 10.

Quadro 10. Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Física para Córregos Antropizados (PAR-CA).

Parâmetro	**Classificação do ambiente**		
	Bom (10 pontos)	**Regular (5 pontos)**	**Ruim (0 ponto)**
1. Alterações no canal fluvial.	Curso segue padrão normal. Ausência ou mínimas alterações no leito e nas margens no entorno de pontes, diques, aterros, dragagens, terraplanagens. Não são ocasionadas perdas de habitats significativas.	Alguma presença de alterações, que afetam até a metade (até 50%) do curso fluvial.	Leito e margens bastante modificados. Mais da metade (mais de 50%) do curso fluvial encontra-se afetado por alterações extensivas, como canalização ou revestimento das margens por concreto, enrocamentos etc.
2. Poluição pontual - canalizações de esgotos domésticos nas margens	Nenhuma identificação visual.	Identificação visual de elementos isolados. O lançamento de esgotos não é expressivo.	Identificação visual de vários elementos, indicando lançamento de esgotos contínuo, massivo.
3. Poluição pontual - resíduos no leito e/ou nas margens	Nenhuma identificação visual.	Identificação visual de elementos isolados, indicando lançamento de resíduos esporádico.	Identificação visual de vários elementos espalhados ou depósitos, indicando lançamento contínuo/ habitual de resíduos.

Quadro 10. (Continuação).

Parâmetro	Classificação do ambiente		
	Bom (10 pontos)	**Regular (5 pontos)**	**Ruim (0 ponto)**
4. Poluição difusa	Ocupação majoritária (acima de 50%) da bacia por vegetação original.	Ocupação equivalente de vegetação original e de atividades antrópicas (50% cada). Ocupação majoritária (acima de 50%) de uso antrópico com práticas sustentáveis	Ocupação majoritária (acima de 50%) de uso antrópico sem práticas sustentáveis (como tratamento de esgotos, manutenção de áreas permeáveis).
5. Deposição de sedimentos	Feições deposicionais (ilhas ou barras de pontal) e alargamentos ausentes ou fracamente perceptíveis. O leito não é afetado.	Formação fraca a moderada de feições deposicionais e de deposição próxima a locais onde há redução na velocidade de fluxo (pontes, curvas), mas sem prejudicar o curso natural da água.	Elevada deposição e desenvolvimento de feições deposicionais, indicando ambiente instável, inadequado para muitos organismos. Deposição de sedimentos começa a extinguir poços e obstruir o leito.
6. Estabilidade das margens	Margens estáveis, ausência ou mínima evidência de erosão ou falhas.	Margens moderadamente estáveis, com erosões cicatrizadas. Margens protegidas por bioengenharia (troncos com raízes, geogrelhas vegetadas, revestimento com pedregulhos, enrocamento vivo etc.).	Margens instáveis e muitas áreas erodidas. Erosão frequente ao longo das seções retas e nas curvas. Revestimento artificial das margens (muros de cimento, enrocamentos e canalização).
7. Sinuosidade do canal. (Baixo curso)	Curvas evidentes no trecho avaliado, proporcionando diversificação de habitats.	Poucas curvas, com reduzindo os locais disponíveis para refúgio e reprodução da biota.	O trecho apresenta-se retilíneo.

Quadro 10. (Continuação).

Parâmetro	Classificação do ambiente		
	Bom (10 pontos)	**Regular (5 pontos)**	**Ruim (0 ponto)**
8. Soterramento (Alto curso)	Sedimentos mais grosseiros (seixos cascalhos, rochas e galhos) pouco ou nada cobertos por sedimentos mais finos (silte, areia e argila) (menos de 30% do fundo coberto).	Cerca de metade dos sedimentos mais grosseiros estão cobertos por sedimentos mais finos (entre 30 e 70% do fundo coberto).	Sedimentos mais grosseiros cobertos por sedimentos mais finos (mais de 70% do fundo coberto), diminuindo a superfície disponível para peixes usarem para abrigo, desova e incubação de ovos e para habitat.
9. Complexidade dos habitats.	Vários tipos e tamanhos de substratos disponíveis para a biota (margens escavadas troncos, galhos, rochas, seixos rolados e vegetação aquática).	Habitats dominados por somente um ou dois componentes estruturais. Cobertura limitada. Velocidade da água não permite a estabilização dos substratos.	Habitats monótonos ou com pouca diversificação.
10a. Condições de escoamento - período de cheia (abril a setembro)	Água preenche todo o leito menor (100%) e há uma quantidade mínima de substratos expostos.	Água preenche parte do leito menor (50% ou mais) e a maioria dos substratos nas corredeiras estão expostos.	Pouca água no leito menor (menos de 50%), e a maior parte da água está parada em poços. Grande parte do fluxo provém da drenagem urbana e de esgotos.
10b. Condições de escoamento - período de estiagem (outubro a março)	Água preenche parte do leito menor (50% ou mais) e maioria dos substratos nas corredeiras estão expostos.	Pouca água no leito menor (menos de 50%), e a maior parte da água está parada em poços.	O canal encontra-se completamente seco. Todo ou grande parte do fluxo provém da drenagem urbana e de esgotos.

Quadro 10. (Continuação).

Parâmetro	Classificação do ambiente		
	Bom (10 pontos)	**Regular (5 pontos)**	**Ruim (0 ponto)**
11. Odor da água.	Levemente perceptível ou ausente, desde que natural e não-repugnante (terra, vegetação, peixe).	-	Intensamente perceptível e/ou odor repugnante e/ou não-natural (metálico, esgoto, ovo podre).
12. Óleos, graxas e espuma na água.	Ausentes	-	Perceptíveis
13.Transparência da água.	Não perceptível.	Levemente turva.	Turva ou colorida.
14. Largura da vegetação. (pontuar ambas as margens)	Maior ou igual a 30 metros	Menor do que 30 e igual ou maior a 5 metros.	Menor que 5 metros.
15. Presença de vegetação ripária. (pontuar ambas as margens)	Margens majoritariamente (acima de 70%) cobertas por vegetação.	Metade das margens (entre 30% e 70%) cobertas por vegetação. Vegetação mesclada com solo exposto, calçamento e construções.	Cobertura vegetal rarefeita (menos de 30%), solo exposto, desflorestamento acentuado, calçamento e construções.
16. Sombreamento	Vegetação com várias alturas provendo uma mistura de sombras e luzes para a superfície da água.	Vegetação descontinuada provê áreas de sombreamento alternadas com áreas de exposição completa.	Superfície da água exposta totalmente à luz solar ou sombreamento completo, quase o dia todo, prejudicando o desenvolvimento de comunidades aquáticas.

Os 12 parâmetros do protocolo-base (PAR-RU) (Anexo C), chamados aqui de “itens”, foram adequados para compor os **16 parâmetros** do protocolo-resultante (PAR-CA), conforme segue. O item 1. Estabilidade das margens foi alterado pela inclusão de canalização das margens na descrição da situação “ruim” do ambiente, e tornou-se o parâmetro **6. Estabilidade das margens**. O item 2. Largura da mata ciliar foi adaptado em relação à metragem e passou a ser avaliado em cada margem, tornando-se o parâmetro **14. Largura da vegetação**. O item 3. Tipo

de uso e ocupação predominante do entorno foi alterado, com a inclusão de critérios da proporção relativa (%) e para a classificação "regular" do ambiente urbano, sugestão feita por Campos e Nucci (2019), tornando-se o parâmetro **4. Poluição difusa**. O item 4. Poluição pontual foi dividido em **2. Poluição pontual - canalizações de esgotos domésticos** e **3. Poluição pontual - resíduos**, para permitir a avaliação das principais fontes de poluição pontual seja feita por elemento, visto que elas podem ocorrer separadamente, outra sugestão de Campos e Nucci (2019). Os itens 5. Alterações antrópicas na estrutura do rio e 7. Condições de escoamento do leito fluvial foram aprimorados, utilizando-se como referência o PAR-CR (RODRIGUES, 2008), de modo a apresentar critérios de classificação que melhor descrevessem as situações ambientais, dando origem aos parâmetros **1. Alterações no canal fluvial**, com inclusão de proporção relativa (%) de alteração, e **10 a. Condições de escoamento - período de cheia** e **b. Condições de escoamento - período de estiagem**, com inclusão de proporção relativa (%) de preenchimento do leito menor do canal e respeitando-se as características do regime hidrológico anual. Os itens 6. Deposição de sedimentos, 8. Odor na água, 9. Óleos, graxas e espumas na água, 10. Cor ou turbidez da água e 11. Substratos e/ou habitat disponíveis foram mantidos iguais ou com mínimos ajustes, tornando-se os parâmetros **5. Deposição de sedimentos**, **11. Odor da água**, **12. Óleos, graxas e espuma na água**, **13. Transparência da água** e **9. Complexidade dos habitats**. O item 12. Soterramento foi mantido no protocolo exclusivamente para trechos de alto curso do rio, tornando-se o parâmetro **8. Soterramento**.

Foram incluídos os parâmetros **7. Sinuosidade do canal**, importante para cursos fluviais de baixo curso, com tendência a meandrar, utilizando-se como referência o PAR-CR (RODRIGUES, 2008), **15. Presença de vegetação ripária** e **16. Sombreamento**, ampliando a avaliação de aspectos da integridade da vegetação, ambos baseados no PAR-RR (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006).

A diferenciação entre trechos de baixo e de alto curso se mostrou necessária, pois os rios e córregos tendem a apresentar características distintas ao longo do perfil longitudinal. No alto curso, com predomínio de altas declividades, o córrego tem maior poder erosivo e de transporte de materiais e baixo grau de sinuosidade. Enquanto no baixo curso, em paisagens de baixas declividades a até quase nulas, ocorre perda da capacidade de transporte de materiais e redução na erosão, e o córrego tende a meandrar (RODRIGUES, 2008). O sétimo (sinuosidade do canal) e o oitavo (soterramento) parâmetros foram definidos como exclusivos, respectivamente, para avaliação de trechos de baixo e de alto curso. Adota-se o limite de declividade de 15% para diferenciação entre os trechos: abaixo de 15%, trata-se do baixo curso, e acima de 15%, trata-

se do alto curso (o mapa de declividades, figura 7, página 55, permite identificar as áreas com declividade superior e inferior a 15%).

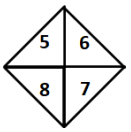
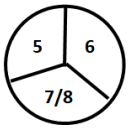
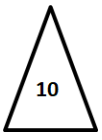
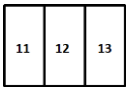
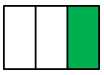
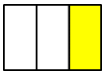
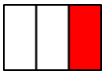
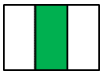
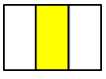
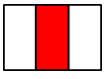
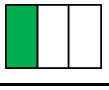
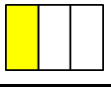
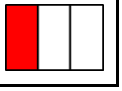
Outra diferenciação, entre período de estiagem e de cheia, foi inserida no décimo parâmetro (condições de escoamento), pois compreende-se que o curso fluvial pode estar sujeito aos mesmos processos que provocam estiagens no Rio dos Sinos (do qual é tributário). Apesar de Sapucaia do Sul contar com uma estação hidrológica automática, os dados de nível de água do córrego não puderam ser utilizados para atestar mudanças sazonais no fluxo da água, pois a medição da cota está incorreta, com erro no sensor ou no valor do *offset* (sem conserto até a entrega da presente pesquisa), conforme esclarecimentos prestados por um técnico do órgão responsável pelas medições.

O PAR-CA contempla os seguintes componentes da integridade física: alterações de origem antrópica (parâmetros 1, 2, 3 e 4, responsável por 23,6% da pontuação resultante), estrutura física (parâmetros 5, 6 e 7 ou 8, 17,6% da pontuação resultante), habitats aquáticos (parâmetro 9, 5,9% da pontuação resultante), hidrologia (parâmetro 10, 5,9% da pontuação resultante), qualidade da água (parâmetros 11, 12 e 13, 17,6% da pontuação resultante) e, por fim, vegetação ripária (parâmetros 14, 15 e 16, 29,4% da pontuação resultante).

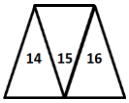
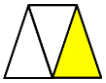
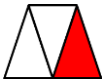
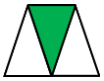
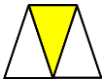
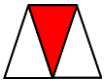
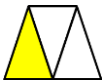
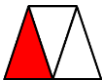
Para cada parâmetro que compõe o PAR-CA foi associado a um gradiente de estresse ambiental, que define a hierarquização associada à pontuação dos parâmetros (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006). A situação verificada em cada ponto de avaliação remete à uma classificação de qualidade do ambiente do trecho do córrego em relação ao parâmetro, podendo ser “bom”, “regular” ou “ruim”, atribuindo-se uma valoração de 10, cinco ou nenhum ponto, respectivamente. Ao fim do procedimento avaliação, em cada ponto, esses valores devem ser somados, para se obter uma avaliação quali-quantitativa e sintética da integridade física no trecho, onde um ambiente “bom” corresponde ao intervalo de valoração de 120 a 170 pontos, “regular” de 65 a 115 pontos, e “ruim” de 0 a 60 pontos.

Além da apresentação dos resultados de maneira global para cada trecho fluvial, do mesmo modo que realizado por Campos e Nucci (2019), foram atribuídos símbolos aos parâmetros e cores às classificações da qualidade do ambiente, permitindo a identificação visual e a espacialização dos resultados. Os símbolos e cores foram apresentados no quadro 11.

Quadro 11. Representação cartográfica dos parâmetros do PAR-CA e da classificação ambiental.

Parâmetro	Símbolo	Classificação do ambiente		
		Bom	Regular	Ruim
1. Alterações no canal fluvial				
2. Poluição pontual - canalizações de esgotos domésticos				
3. Poluição pontual – resíduos				
4. Poluição difusa				
5. Deposição de sedimentos				
6. Estabilidade das margens				
7. Sinuosidade do canal				
8. Soterramento				
9. Complexidade dos habitats				
10. Condições de escoamento				
11. Odor da água				
12. Óleos, graxas e espuma na água				
13. Transparência da água				

Quadro 11. (Continuação)

Parâmetro	Símbolo	Classificação do ambiente		
		Bom	Regular	Ruim
14. Largura da vegetação				
15. Presença de vegetação ripária				
16. Sombreamento				

4.4 AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL

O levantamento da percepção ambiental foi realizado entre de julho e agosto de 2019, entrevistando-se 19 moradores circunvizinhos ao córrego José Joaquim e 10 funcionários das secretarias de Meio Ambiente e de Planejamento Urbano da PMSS. A entrevista de percepção ambiental para os moradores circunvizinhos ao córrego José Joaquim teve o objetivo de fazer um levantamento qualitativo, identificando como a população enxerga esse recurso hídrico em área urbana e como entende que deva ser feita a sua gestão. As entrevistas com os funcionários da PMSS foram elaboradas de maneira complementar às entrevistas com os moradores, visando ampliar a compreensão sobre as fragilidades e potencialidades do processo de gestão ambiental no município.

Para a coleta de dados foi proposta a realização de entrevistas guiadas por questionários semiestruturados, isto é, através de um roteiro que combina perguntas objetivas, com uma ou mais respostas possíveis, e perguntas discursivas, que permitem ao entrevistado discorrer sobre o tema enunciado (MINAYO, 2012). Para a adequação da linguagem das entrevistas ao seu público, a palavra “córrego” foi substituída pela palavra “arroio”, empregada de maneira mais habitual no sul do Brasil.

A entrevista dos moradores circunvizinhos do córrego José Joaquim, apresentada no Apêndice B, conteve 15 questões e foi dividida em três seções: (a) identificação do entrevistado, composto de questões para estabelecer o perfil do respondente, como sexo, idade, tempo de residência no local, renda mensal familiar; (b) percepção sobre a água no meio urbano, com questões para captar a percepção ambiental e histórica; e (c) cuidados com a água no meio urbano, composto por questões para identificar sua visão com relação às ações necessárias para

gestão do curso fluvial, cada uma com, respectivamente, cinco, sete e três questões. A entrevista dos funcionários da PMSS, apresentado no Apêndice C, também conteve 15 perguntas, que foram adaptadas a este público e divididas nas mesmas três seções, com, respectivamente, sete, cinco e três questões, cujos objetivos são apresentados no quadro 12. A entrevista foi elaborada com base em experiências que avaliaram a percepção da água inserida na paisagem urbana, como as realizadas por Rangel (2008), que entrevistou moradores do entorno da bacia de captação da Barragem Mãe d'Água, entre os municípios de Porto Alegre e Viamão (RS), e por Antunes *et al*. (2014), que entrevistaram moradores da nascente do rio Carahá, em Lages, Santa Catarina (SC).

Quadro 12. Objetivos das seções das entrevistas de percepção ambiental conforme o grupo de entrevistados.

Seção da entrevista	**Objetivos**	
	Moradores do entorno do córrego José Joaquim	Funcionários da Prefeitura Municipal
(a) identificação do entrevistado	Conhecer o perfil dos entrevistados	Conhecer o perfil dos entrevistados
(b) percepção sobre a água no meio urbano	Obter a percepção sobre a importância do córrego José Joaquim, sobre a qualidade da água e sobre as modificações ocorridas ao longo do tempo.	Obter a percepção sobre a importância de córregos em área urbana e sobre as modificações no córrego José Joaquim ocorridas ao longo do tempo.
(c) cuidados com a água no meio urbano	Obter a percepção sobre como deveria ser realizada a gestão dos recursos hídricos e melhorias desejadas.	Obter a percepção sobre a gestão dos recursos hídricos: o que deveria ser feito e quais as principais dificuldades encontradas para a gestão.

Residências de moradores foram visitadas aleatoriamente pela pesquisadora, entre 10 horas da manhã e meio-dia, nos dias 17 (quarta-feira) e 27 (sábado) de julho e 9 (sexta-feira), 13 (terça-feira) e 17 (sábado) de agosto, tendo como alvos preferenciais aqueles residentes que estivessem na região há 20 anos ou mais (aproximadamente uma geração), e cujas moradias estivessem situadas a, no máximo, 100 metros de distância do córrego, pois os fatores espaço e tempo são condicionantes da percepção ambiental. As preferências visaram privilegiar o encontro com indivíduos mais propícios a apresentarem uma percepção temporal das transformações do córrego e que, por estarem há mais tempo residindo no local, poderiam ter percebido tanto fenômenos mais frequentes quanto os mais raros (RODRIGUES *et al.*, 2012). Pode-se dizer que tal objetivo foi atingido, uma vez que os entrevistados possuíam,

majoritariamente, tempo de residência na região igual ou superior a 20 anos (14 entrevistados, correspondendo a 74% do total).

Já para as entrevistas com os funcionários da PMSS, foram selecionadas duas das 16 Secretarias Municipais de Sapucaia do Sul, as Secretarias de Meio Ambiente (total de 38 funcionários) e de Planejamento Urbano (total de 23 funcionários), por estarem envolvidas nas políticas de gestão dos recursos hídricos. Os funcionários foram abordados, nos meses de julho e agosto, através de contato por correio eletrônico, oportunidade em que a pesquisa foi apresentada e informou-se que as entrevistas estavam disponíveis em formato impresso (na secretaria no local de trabalho) e online (aplicativo Google Forms). Três funcionários preferiram realizar a entrevista online (todos da Secretaria de Planejamento Urbano) e sete funcionários responderam a entrevista impressa (quatro da Secretaria de Meio Ambiente e três da Secretaria de Planejamento Urbano).

As entrevistas com os moradores foram realizadas obedecendo ao "critério de saturação", qual seja, quando as concepções, as explicações e os sentidos atribuídos pelos sujeitos passam a apresentar uma regularidade, e, assim, a realização de mais entrevistas deixa de ser significativa para a análise (DESLANDES, 2012, SUESS; BEZERRA; CARVALHO SOBRINHO, 2013). Já as entrevistas com os funcionários da Prefeitura foram recolhidas até se esgotarem os interessados em participar. De modo a garantir o anonimato dos participantes, a identificação foi feita através das siglas "M", letra inicial da palavra morador, ou "F", referindo-se à primeira letra da palavra funcionário, seguida pela ordem de realização da entrevista (exemplos: M1 refere-se ao primeiro morador entrevistado e F3 refere-se ao terceiro funcionário entrevistado).

Para a análise das questões objetivas, utilizou-se um padrão de contagem de respostas ou de incidências, quando mais de uma resposta era permitida, e aplicação de percentual. Alguns dos resultados foram apresentados por meio de gráficos. Para a análise das respostas às questões discursivas, foram identificadas palavras e conceitos-chave que permitissem depreender visões positivas ou negativas sobre determinado aspecto e o alinhamento com as concepções de ambiente naturalista, globalizante ou antropocêntrica propostas por Reigota (2007), quadro 7 (ver página 48), adaptadas ao estudo de recursos hídricos em área urbana.

Foram seguidas as orientações das Resoluções 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) para realização de pesquisa envolvendo humanos e da Resolução 510/16, do mesmo órgão, que dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais, e o projeto foi aprovado pelo parecer 5347/2019 do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFRGS

e registrado na Plataforma Brasil com o número 16357319.3.0000.5347. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), Apêndice D, foi lido e explicado aos entrevistados do entorno do córrego José Joaquim, que, por livre e espontânea vontade, concordaram com a realização da entrevista e assinaram o documento, à exceção de uma entrevista que foi realizada apenas com consentimento verbal, respeitando-se o desejo do entrevistado não-escolarizado. Quanto aos funcionários da PMSS, os mesmos termos presentes no TCLE foram apresentados através de comunicação por e-mail, sendo que a resposta espontânea à entrevista impressa ou online implicou na concordância em participar da pesquisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 QUALIDADE DA ÁGUA

Como dito anteriormente, o monitoramento da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do córrego José Joaquim foi realizado através de duas campanhas de avaliação: a primeira em 15 de agosto de 2019 e a segunda em 4 de março de 2020. Os resultados para cada parâmetro são apresentados no quadro 13 e enquadrados, quando possível, conforme os critérios de classificação de águas doces (CONAMA, 2005).

A maioria dos parâmetros analisados, em ambas as campanhas, apresentou qualidade compatível com a Classe 1. Porém, como alguns parâmetros apresentaram resultados de qualidade inferiores aos demais, as águas superficiais do córrego José Joaquim corresponderam à classificação do parâmetro mais restritivo, encontrando-se a Classe 4 na maior parte das análises (58%) e indicando que são reduzidas as possibilidades de uso das águas. Nota-se que há um comprometimento da qualidade da sanitária da água, pela presença de esgotos domésticos, pois os resultados dos parâmetros $DBO_{5,20}$, coliformes termotolerantes e fosfatos corresponderam às piores Classes de qualidade. Ainda, os resultados de condutividade elétrica apontam para degradação crescente da qualidade da água em direção à foz (aumento de 33 para 491 µS cm^{-1}).

Quadro 13. Resultados do monitoramento da qualidade da água da sub-bacia do córrego José Joaquim.

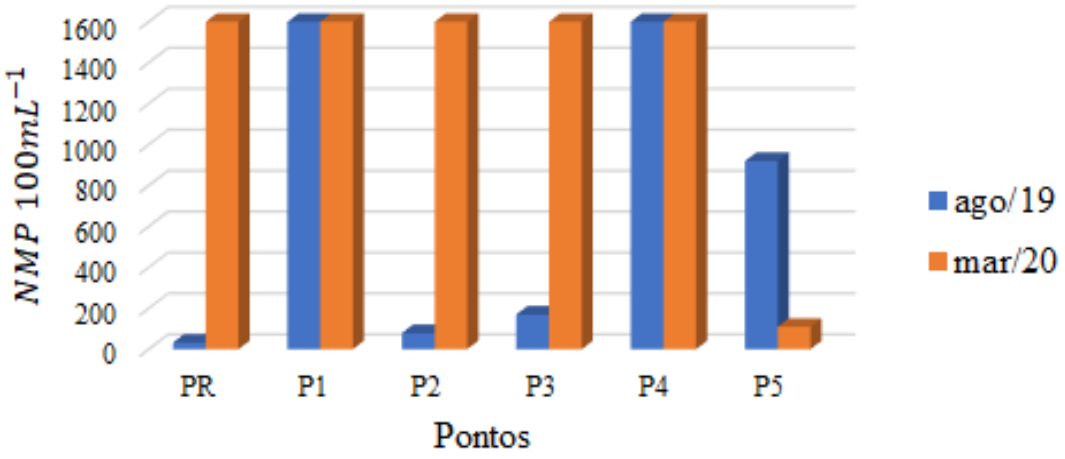
Parâmetro	Unidade	Referência		Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5		LQ (C1)	LQ (C2)
		C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2		
Coliforme termotolerante*	NMP 100 mL^{-1}	33	>1600	>1600	>1600	79	>1600	170	>1600	>1600	>1600	920	110	1,8	1,8
Condutividade elétrica**	µS cm^{-1}	-	33,5	-	96,8	-	188,3	-	192,8	-	189,6	-	491	-	0-20000
$DBO_{5,20}$ *	mg L^{-1} O_2	2,3	79,4	1,1	158,9	1,7	79,4	1,6	188,7	1,7	208,5	1,7	288	1	1
Fosfato total*	mg L^{-1} PO_4	<0,05	0,06	0,25	1,4	2,4	9,2	2,6	9,9	2,0	0,8	1,6	0,9	0,05	0,05
Nitrogênio amoniacal*	mg L^{-1} $N-NH_3$	-	<0,05	-	<0,05	-	3,5	-	1,7	-	3,2	-	7,3	-	0,05
OD*	mg L^{-1} O_2	8,6	8,6	8,2	8,7	8,4	7,9	8,5	8,9	8,5	8,6	8,8	9,5	0,5	1
pH*	---	-	8,3	-	7,4	-	7,0	-	7,1	-	7,3	-	7,2	-	1
Sólidos totais*	mg L^{-1}	-	28	-	124	-	268	-	200	-	148	-	76	-	23
Temperatura**	ºC / horário	-	19,6/ 10h30	-	20,8/ 11h15	-	29,7/ 14h	-	28,7/ 14h30	-	29,4/ 14h53	-	27,4/ 15h15	-	-
Turbidez*	UNT	5,73	4,9	10,2	11,0	17,0	16,0	281,0	19,0	10,4	7,4	10,4	4,9	0,76	0,76
Cádmio*	mg L^{-1} Cd	<0,001	<0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,005	0,001	0,005
Chumbo*	mg L^{-1} Pb	<0,01	<0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	0,01	0,01
Cobre*	mg L^{-1} Cu	<0,007	<0,007	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,007	<0,007	0,007	0,007
Cromo*	mg L^{-1} Cr	<0,027	<0,027	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,027	<0,027	0,027	0,027
Níquel*	mg L^{-1} Ni	<0,02	<0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,02	<0,02	0,02	0,02
Zinco*	mg L^{-1} Zn	<0,03	<0,045	-		-	-	-	-	-	-	<0,03	<0,045	0,03	<0,045
CLASSE (BRASIL, 2005)* **		1	4	3	4	1	4	4	4	3	4	2	4		

Onde: C1 = campanha 1 (15 de agosto de 2019); C2 = campanha 2 (4 de março de 2020); LQ = limite de qualificação; * Relatórios da qualidade da água apresentados no Anexo D; ** Avaliação in loco com condutivímetro portátil digital com compensação automática de temperatura modelo CD-4303 da marca Lutron; *** Nos casos em que a legislação estabelece limites iguais para as diferentes classes de uma mesma característica, classificou-se como a de melhor qualidade.

- **Coliformes termotolerantes**

O parâmetro de coliformes termotolerantes serve como bom indicador de poluição por esgotos domésticos e da possível concomitância de organismos patogênicos de origem fecal (CETESB, 2019b). Os resultados para o parâmetro, obtidos durante as duas campanhas de monitoramento, foram representados na figura 16.

Figura 16. Resultados obtidos para o parâmetro coliformes termotolerantes.



Obs.: o limite superior para quantificação de coliformes para a análise laboratorial foi de 1.600 NMP 100 mL^{-1}.

Na primeira campanha de amostragem, os valores determinados para coliformes termotolerantes variaram bastante, apresentando pontos compatíveis com a Classe 1 (PR, P2 e P3), com a Classe 2 (P5) e com a Classe 3 (P1 e P4). Já na segunda campanha, a presença de coliformes termotolerantes nos pontos PR, P1, P2, P3 e P4 foi expressiva, apresentado resultados iguais ou superiores a 1.600 NMP 100 mL^{-1} (limite máximo de quantificação adotado no exame laboratorial), correspondendo à qualidade igual ou inferior à Classe 3. As altas concentrações de coliformes termotolerantes nesses pontos indicam que estes locais sofrem influência do lançamento de esgotos domésticos não tratados. No último ponto (P5), há uma redução drástica na presença de coliformes (110 NMP 100 mL^{-1}), compatível com a Classe 1.

A variação nas concentrações de coliformes termotolerantes, especialmente na primeira campanha, pode estar relacionada ao decaimento bacteriano natural, ao lançamento de esgotos domésticos de maneira localizada, influenciando os resultados em pontos específicos, e, também, por diluição com algum afluente com águas mais limpas, cujas confluências ocorrem entre os pontos P1 e P2 (encontro do córrego da Palmeira com o córrego dos Prass), e P3 e P4 (encontro do córrego José Joaquim com o córrego São Jorge). O decréscimo de coliformes no

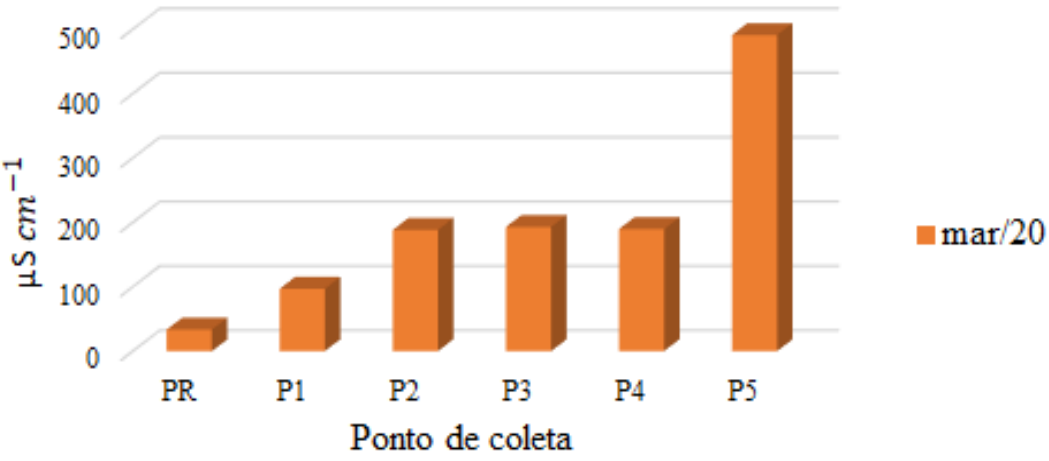
último ponto, além dos motivos anteriores, pode dever-se ao fato de que o córrego passa a escoar em uma área industrial, com menor adensamento urbano, e que o conjunto habitacional João Goulart (Blocos da COHAB), um importante condomínio a montante, conta com tratamento de esgotos, reduzindo o aporte de esgotos domésticos não tratados no P5 (PMSS, 2011). Já entre as campanhas, observa-se que a campanha 2 ocorreu em período menos chuvoso e que não houve precipitação nos dias anteriores à amostragem, contribuindo para que não ocorresse a diluição dos poluentes.

É necessário observar que o número elevado de coliformes termotolerantes obtido no PR, na segunda campanha de amostragem, foi inusitado, considerando-se que este ponto está situado próximo à RPPN Fazenda Morro Sapucaia e onde não havia, aparentemente, usos antrópicos próximos. Para saber se a contaminação foi causada por uma fonte eventual ou contínua, causada pelo estabelecimento de uma fonte poluidora, é necessário que se amplie o monitoramento da água nesse ponto.

- **Condutividade elétrica**

O parâmetro condutividade elétrica (CE) expressa a capacidade da água conduzir corrente elétrica, indicando alterações na quantidade de sais presentes na coluna e, portanto, oferecendo uma medida indireta da concentração de poluentes (CETESB, 2019b). Os resultados para o parâmetro condutividade elétrica foram apresentados na figura 17.

Figura 17. Resultados obtidos para o parâmetro condutividade elétrica.



Os resultados foram crescentes em direção à foz para o parâmetro CE, com valor mínimo de 33,5 µS cm^{-1} (PR) e com valor máximo de 491 µS cm^{-1} (P5). Essa evolução dos valores de CE indica a degradação das águas do córrego das nascentes em direção a sua foz. Com quatro pontos de avaliação

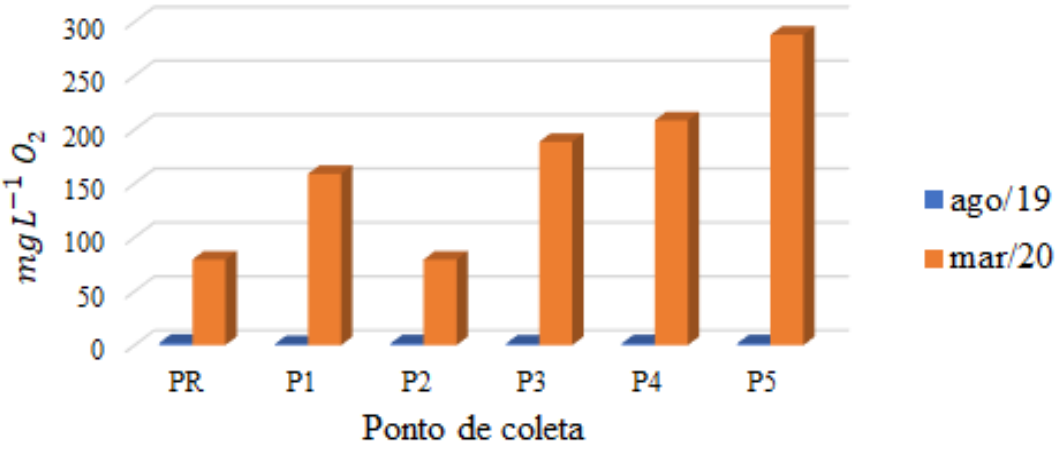
superando o valor de 100 µS cm^{-1} (P2, P3, P4 e P5), as águas da sub-bacia do córrego José Joaquim apresentaram fortes indícios de poluição ambiental, sendo que esta pode ser proveniente dos esgotos domésticos, da drenagem superficial urbana e, especialmente no P5, de efluentes industriais.

Estudos que avaliaram condutividade elétrica em afluentes do Rio dos Sinos encontraram valores de 400 µS cm^{-1} (outubro de 2015), no córrego Pampa (ZENI *et al.*, 2016), e de 220 a 210 µS cm^{-1} (novembro de 2015), no córrego Luiz Rau (HECK *et al.*, 2017), ambos em Novo Hamburgo (RS), e de 204 a 277 µS cm^{-1} (outubro de 2017), no córrego Schmidt (POL *et al.*, 2019), em Campo Bom (RS). Nesse contexto, as águas superficiais da sub-bacia do córrego José Joaquim apresentaram, na única campanha que avaliou esse parâmetro, valores elevados de condutividade elétrica, associando-se aos demais córregos urbanos da bacia do Rio dos Sinos.

- **Demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$)**

O parâmetro $DBO_{5,20}$ indica o potencial poluidor da matéria orgânica, que tem origem, principalmente, nos esgotos domésticos (CETESB, 2019b). Os resultados para o parâmetro $DBO_{5,20}$, apurados durante as duas campanhas monitoramento, foram representados na figura 18.

Figura 18. Resultados obtidos para o parâmetro demanda bioquímica de oxigênio **($DBO_{5,20}$).**



A média dos resultados para o parâmetro $DBO_{5,20}$ foi de 84,4 mg $L^{-1}\,O_2$, com resultado máximo de 288,0 mg $L^{-1}\,O_2$ e mínimo de 1,1 mg $L^{-1}\,O_2$, variando bastante entre as campanhas de amostragem. Na primeira, as águas superficiais da sub-bacia do córrego José Joaquim apresentaram condições compatíveis com a Classe 1, com concentrações de $DBO_{5,20}$ entre 1,1 mg $L^{-1}\,O_2$ (P1) e 2,3 mg $L^{-1}\,O_2$ (PR). Entretanto, na segunda campanha, todos os resultados

foram elevados, enquadrando-se na Classe 4, com resultados variando entre 79,4 mg L^{-1} O_2 (PR e P3) e 288,0 mg L^{-1} O_2 (P5).

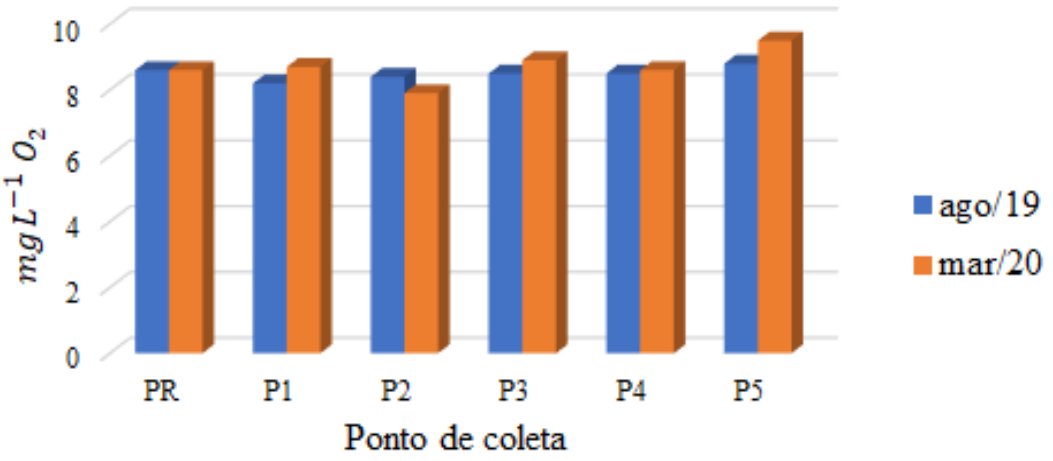
Em pesquisas similares, as concentrações médias e máximas de $DBO_{5,20}$ foram de 50,3 mg L^{-1} O_2 e 105 mg L^{-1} O_2 (monitoramento de maio de 2006 a maio de 2007), no córrego Pampa (NAIME; NASCIMENTO, 2009b), em Novo Hamburgo (RS), e de 80,0 mg L^{-1} O_2 e 133,5 mg L^{-1} O_2 (monitoramento em março, abril, junho e julho de 2004), no córrego Portão (NAIME; FAGUNDES, 2005), em Portão (RS). Verifica-se que as concentrações médias e máximas de $DBO_{5,20}$ nos córregos Pampa e Portão assemelham-se às concentrações obtidas na segunda campanha de monitoramento da presente pesquisa.

Também é interessante observar que, no período entre 21 de agosto de 2019 e 31 de março de 2020, a concentração de $DBO_{5,20}$ no líquido afluente à ETE Novo Esteio variou de 26 a 314 mg L^{-1} O_2 (em seis análises) (RITTER, 2020, Anexo A). Tais concentrações de $DBO_{5,20}$, comparadas com os resultados da segunda campanha de monitoramento, apontam que as águas do córrego José Joaquim não têm melhor qualidade do que o esgoto doméstico bruto.

- **Oxigênio dissolvido (OD)**

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) constitui um dos principais parâmetros para avaliar a qualidade das águas superficiais, pois indica a capacidade do corpo d'água manter a vida aquática. Ele permite avaliar a poluição por matéria orgânica e a capacidade de autodepuração do rio (MARQUES, 1993). Os resultados para OD nas águas superficiais da sub-bacia do córrego José Joaquim, apurados durante as duas campanhas de monitoramento, foram representados na figura 19.

Figura 19. Resultados obtidos para parâmetro oxigênio dissolvido (OD).



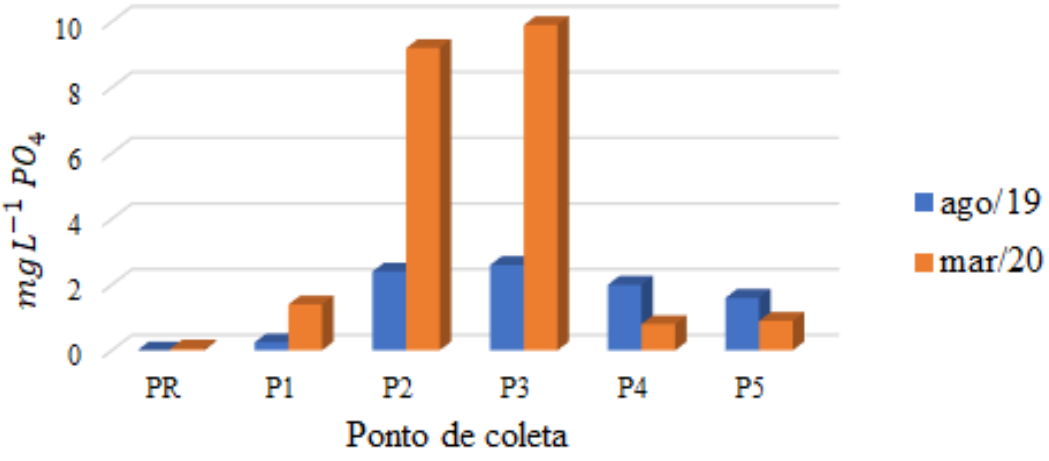
Quanto ao parâmetro OD, as águas da sub-bacia do córrego José Joaquim apresentaram qualidade compatível com a Classe 1. As concentrações mínimas e máximas de OD encontradas por pesquisas em outros córregos foram consideravelmente inferiores: de 0,0 a 6,6 mg L^{-1} O_2 (maio de 2006 a maio de 2007), no córrego Pampa (NAIME; NASCIMENTO, 2009b), e de 1,7 a 3,0 mg L^{-1} O_2 (novembro de 2015), no córrego Luiz Rau (HECK *et al*., 2017), ambos em Novo Hamburgo (RS), e de 1,1 a 3,6 mg L^{-1} O_2 (outubro de 2017), no córrego Schmidt (POL *et al.*, 2019), em Campo Bom (RS).

A concentração de OD na água tende a diminuir à medida que os cursos fluviais recebem matéria orgânica, pelo consumo de oxigênio na biodegradação, e o fluxo fica mais lento, com redução das taxas de reaeração (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003). Esse efeito não se verifica no córrego José Joaquim, ocorrendo pequenas variações ao longo do curso e, até mesmo, um aumento na concentração de OD em relação a montante, indicando que o corpo d'água tem capacidade de reaeração, o que pode ser atribuído a fatores como: troca de gases entre o líquido e a atmosfera, atividade de algas, mistura com águas oxigenadas (vindas de afluentes como córregos dos Prass e São Jorge), e aeração proporcionada por degraus no leito canalizado. Assim, mesmo com as elevadas concentrações de matéria orgânica ($DBO_{5,20}$) encontradas na segunda campanha de monitoramento, o córrego apresenta capacidade de autodepuração.

- **Fosfato total**

O parâmetro fósforo é importante na avaliação da qualidade da água por ser considerado o principal nutriente limitante para produtividade vegetal, cujo excesso pode levar ao fenômeno de eutrofização (CETESB, 2019b). Os resultados para fosfato total, obtidos durante as duas campanhas de monitoramento, foram representados na figura 20.

Figura 20. Resultados obtidos para o parâmetro fosfato total.



O valor médio de fosfato total foi de 2,83 mg $L^{-1}\ PO_4$, com máximo de 9,9 mg $L^{-1}\ PO_4$ (P3) e mínimo abaixo do limite de quantificação laboratorial (<0,05 mg $L^{-1}\ PO_4$, no PR). Os resultados determinados foram mais elevados nos pontos P2 e P3, o que se deve, provavelmente, aos esgotos domésticos dos bairros existentes no entorno do córrego, ricos em matéria orgânica fecal e em detergentes fosfatados utilizados para limpeza.

Como o parâmetro fosfato total não faz parte dos critérios de qualidade da água da Resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005), não foi possível comparar, diretamente, a concentração de fosfato total com os limites estabelecidos pela legislação vigente. Pinheiro *et al.* (2013) ofereceram, como solução para esse problema, a conversão dos limites máximos estabelecidos na legislação para fósforo total em fosfato total, através da relação matemática apresentada na equação 2.

Equação 2 $$PO_4 = P_{total} \times 3{,}066$$

onde: PO_4 é a concentração de fosfatos total (mg $L^{-1}\ PO_4$) e P_{total} é a concentração de fósforo total (mg $L^{-1}\ P$).

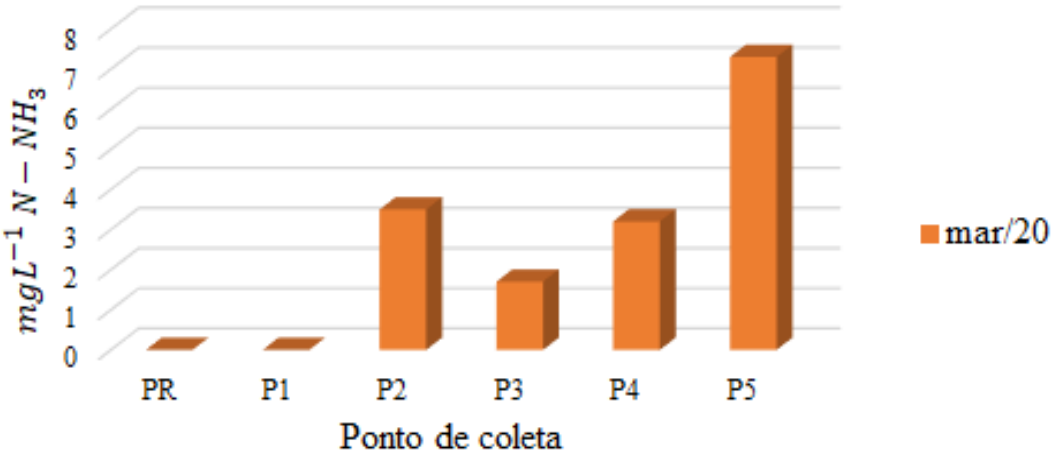
Obtém-se, assim, para as águas doces e ambientes lóticos, o limite máximo para concentração de fosfatos de 0,3066 mg $L^{-1}\ PO_4$ para as Classe 1 e de 0,4599 mg $L^{-1}\ PO_4$ para a Classe 3. Segundo estes limites, três resultados enquadram as águas da sub-bacia do córrego José Joaquim na Classe 1 (PR, nas duas campanhas de monitoramento, e P1, na primeira campanha) e nove na Classe 4 (P1, na segunda campanha, e demais pontos, em ambas as campanhas).

- **Nitrogênio amoniacal (N-NH_3)**

O parâmetro nitrogênio amoniacal é importante para avaliação de águas naturais por ser um indicador da poluição recente por esgotos domésticos (CETESB, 2019b). Os resultados para nitrogênio amoniacal, obtidos na segunda campanha de monitoramento, foram representados na figura 21.

A concentração média do parâmetro nitrogênio amoniacal foi de 3,93 mg L^{-1}, variando de valores inferiores ao limite de quantificação (<0,05 mg L^{-1}, PR e P1) até 7,30 mg L^{-1} (P5). No último ponto, a classificação correspondeu à Classe 4, conforme a Resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005), e nos demais pontos os valores foram compatíveis com a Classe 1, levando-se em consideração o pH da água.

Figura 21. Resultados obtidos para o parâmetro de nitrogênio amoniacal.



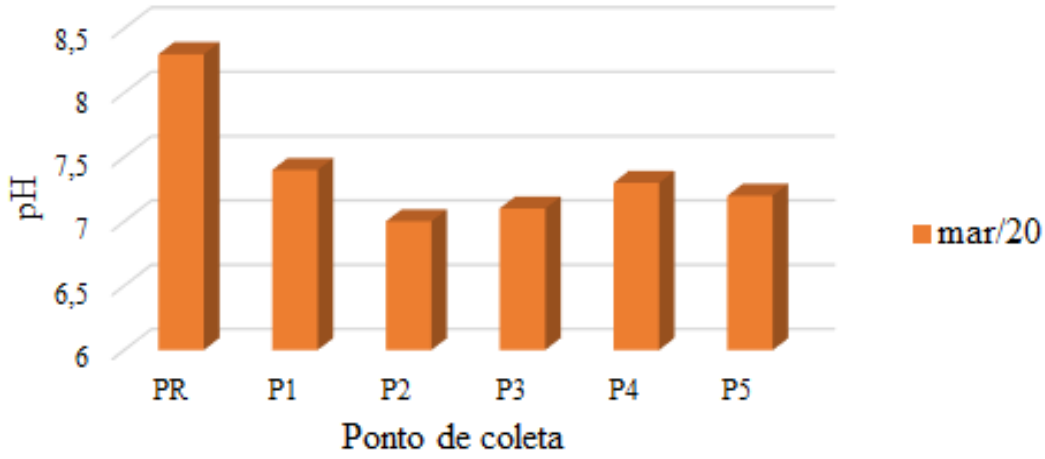
Normalmente, as fontes antrópicas de nitrogênio predominantes são as atividades agrícolas, que utilizam fertilizantes nitrogenados. Já as fontes pontuais urbanas são relevantes apenas nas bacias hidrográficas muito densamente povoadas e urbanizadas (NAIME; NASCIMENTO, 2009b, SARAIVA, 2018). Como esse é o caso da sub-bacia do córrego José Joaquim, o valor elevado de nitrogênio amoniacal no P5 indica a poluição recente por esgotos domésticos.

- **pH**

O parâmetro pH refere-se à uma característica importante do manancial, visto que influencia nos processos biológicos que ocorrem no meio aquático, bem como na toxicidade de alguns compostos nele presentes (NAIME; FAGUNDES, 2005, CETESB, 2019b). Os resultados para o parâmetro pH, apurados na segunda campanha de monitoramento, foram representados na figura 22.

As águas da sub-bacia do córrego José Joaquim apresentaram características de Classe 1 para o parâmetro pH, analisado durante a segunda campanha de monitoramento, com média de 7,3, com máximo 8,3 (PR) e mínimo de 7,0 (P2). Nos córregos Pampa, em outubro de 2015 (ZENI *et al.*, 2016) e entre maio de 2006 e maio de 2007 (NAIME; NASCIMENTO, 2009b), e Luiz Rau, em novembro de 2015 (HECK *et al.*, 2017), ambos em Novo Hamburgo (RS), e no córrego Portão, em março, abril, junho e julho de 2004 (NAIME; FAGUNDES, 2005), em Portão (RS), os resultados de pH também não divergiram do limite mínimo (6,0) e máximo (9,0) estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005).

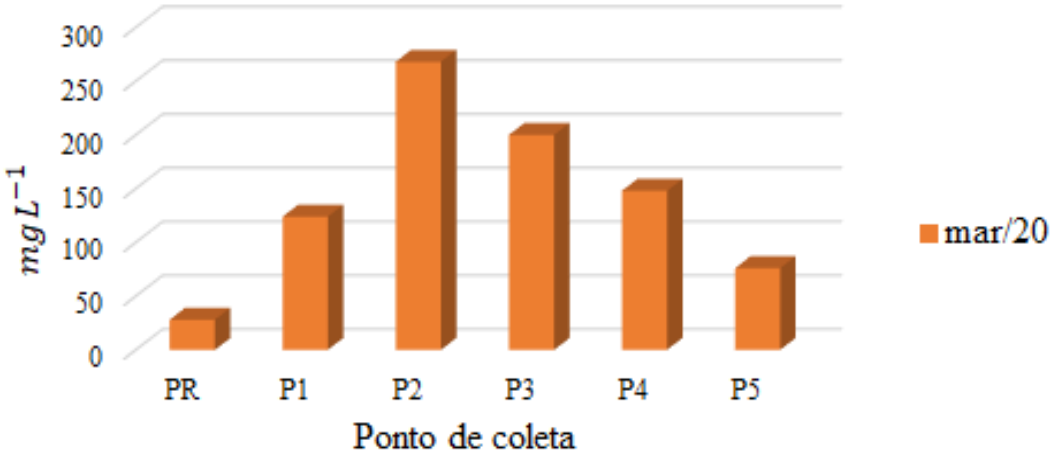
Figura 22. Resultados obtidos para o parâmetro pH.



- **Sólidos totais (ST)**

O parâmetro sólidos totais indica a presença de matéria que pode causar danos aos peixes e à vida aquática, como sedimentação do leito, turbidez, salinização da água, entre outros. Os resultados para o parâmetro sólidos totais, durante a segunda campanha de monitoramento deste trabalho, foram representados na figura 23.

Figura 23. Resultados obtidos para o parâmetro sólidos totai



Os valores determinados para o teor de sólidos totais nas águas superficiais da sub-bacia do córrego José Joaquim apresentaram um comportamento crescente do PR, com 28 mg L^{-1}, em direção ao P2, onde obteve-se a concentração máxima, de 268 mg L^{-1}, e decrescente em direção ao P5, com 76 mg L^{-1}. Apesar de não ser possível conferir os resultados obtidos com a legislação vigente, pois os sólidos totais não fazem parte dos parâmetros estabelecidos pela Resolução Conama n. 357 (BRASIL, 2005), observa-se que os valores são bastante inferiores

aos observados no córrego Portão, na cidade de Portão (RS), onde a concentração média foi de, aproximadamente, 2.253 mg L^{-1}, com mínimo de 312 mg L^{-1} e máximo de 12.983 mg L^{-1} (monitorado em março, abril, junho e julho de 2004, NAIME; FAGUNDES, 2005).

- **Temperatura da água**

A temperatura constitui um parâmetro importante do curso fluvial, interferindo em uma série de características físico-químicas da água (CETESB, 2019b). Como a temperatura pode variar muito entre cursos fluviais do Brasil, a legislação não estabelece os limites para esse parâmetro. É através do monitoramento contínuo que pode-se criar subsídios para avaliação desse parâmetro (MACEDO, 2009).

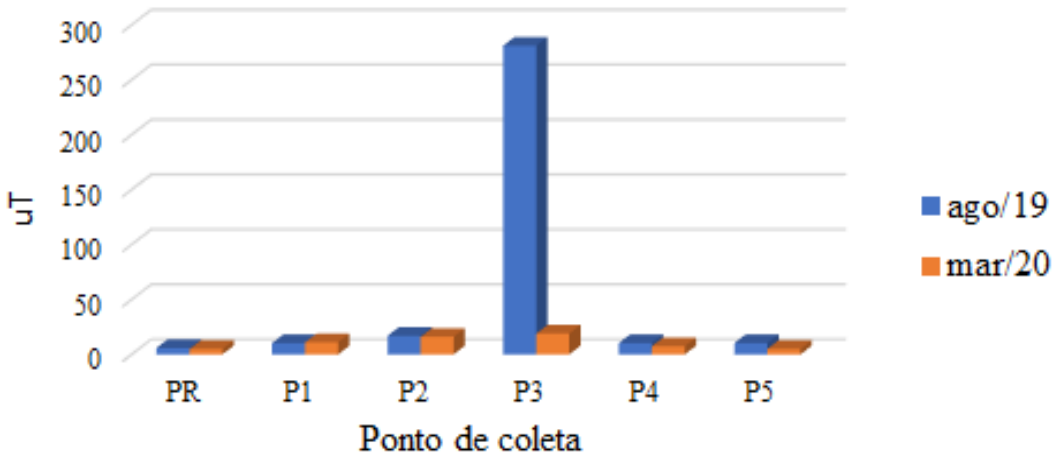
As temperaturas observadas ao longo da sub-bacia do córrego José Joaquim, no dia 04 de março de 2020 (um dia nublado em que as temperaturas variaram de 21ºC a 30ºC), foram de, no mínimo, 19,6ºC (registrada no PR, às 10 horas e 30 minutos) e de, no máximo, 29,7ºC (registrada no P2, às 14 horas). Observa-se que as temperaturas foram medidas em diferentes momentos do dia (entre 10 horas e 30 minutos e 15 horas e 15 minutos) e sob diferentes condições de insolação do canal fluvial (com e sem cobertura vegetal). Os pontos com as temperaturas mais elevadas, aproximadamente, 29ºC registrados à tarde, foram aqueles canalizados e que não possuíam cobertura vegetal para servir de anteparo para os raios solares (P2, P3 e P4).

- **Turbidez**

O parâmetro turbidez avalia uma característica da qualidade da água que pode influir adversamente nas comunidades biológicas aquáticas e nos usos da água (CETESB, 2019b). Os resultados para o parâmetro turbidez, obtidos durante as duas campanhas de monitoramento, foram representados na figura 24.

A qualidade das águas da sub-bacia do córrego José Joaquim atende, na maioria dos pontos de monitoramento, aos limites de enquadramento da Classe 1 da Resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005), com valor médio de 10,6 UNT, variando entre 4,9 (PR e P5) e 19,0 UNT (P3). A exceção ocorreu na primeira campanha, quando o valor de turbidez no P3 foi de 281 UNT, classificando as águas como Classe 4. Esse resultado deveu-se às obras de revitalização desse trecho do canal, que passava pelo processo de revestimento das margens e do leito, incrementando a entrada de sedimentos no curso fluvial.

Figura 24. Resultados obtidos para o parâmetro turbidez.



- **Metais (cádmio, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco)**

Os metais pesados são parâmetros importantes porque podem causar danos à saúde dos organismos em função da quantidade de metais ingerida, pela sua toxicidade, ou de seus potenciais carcinogênicos, teratogênicos e mutagênicos (BRAGA *et al.*, 2005).

A presença de metais foi avaliada apenas em dois pontos: PR e P5, tanto na primeira quanto na segunda campanha de amostragem, para observar se haveria contaminação por metais devido às atividades industriais, localizadas especialmente na parte final do córrego, próximo da confluência com o Rio dos Sinos. Conforme os resultados apresentados no quadro 13 (ver página 83), as análises não detectaram nenhum dos seis metais prospectados neste trabalho, considerando-se os limites de quantificação de cada metal. Os pontos PR e P5 apresentaram, portanto, para este parâmetro, a melhor qualidade da água, representada pela Classe 1 da Resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005).

No córrego Pampa (NAIME; NASCIMENTO, 2009a), em Novo Hamburgo (RS), foram detectadas concentrações de cromo e níquel acima do permitido para a Classe 3 e de chumbo acima da Classe 2 (maio de 2006 a maio de 2007), e no córrego Schmidt (COSTA *et al.*, 2014), em Campo Bom (RS), onde foram encontradas concentrações de cádmio e chumbo superiores aos limites da Classe 2 (inverno e primavera de 2012 e verão e outono de 2013). Estes resultados apontam que a poluição por efluentes industriais na sub-bacia do córrego José Joaquim é, aparentemente, menos relevante do que a identificada em outros córregos da bacia do Rio dos Sinos.

- **Discussões sobre os resultados da avaliação da qualidade da água**

Em síntese, os resultados obtidos no monitoramento da qualidade das águas superficiais

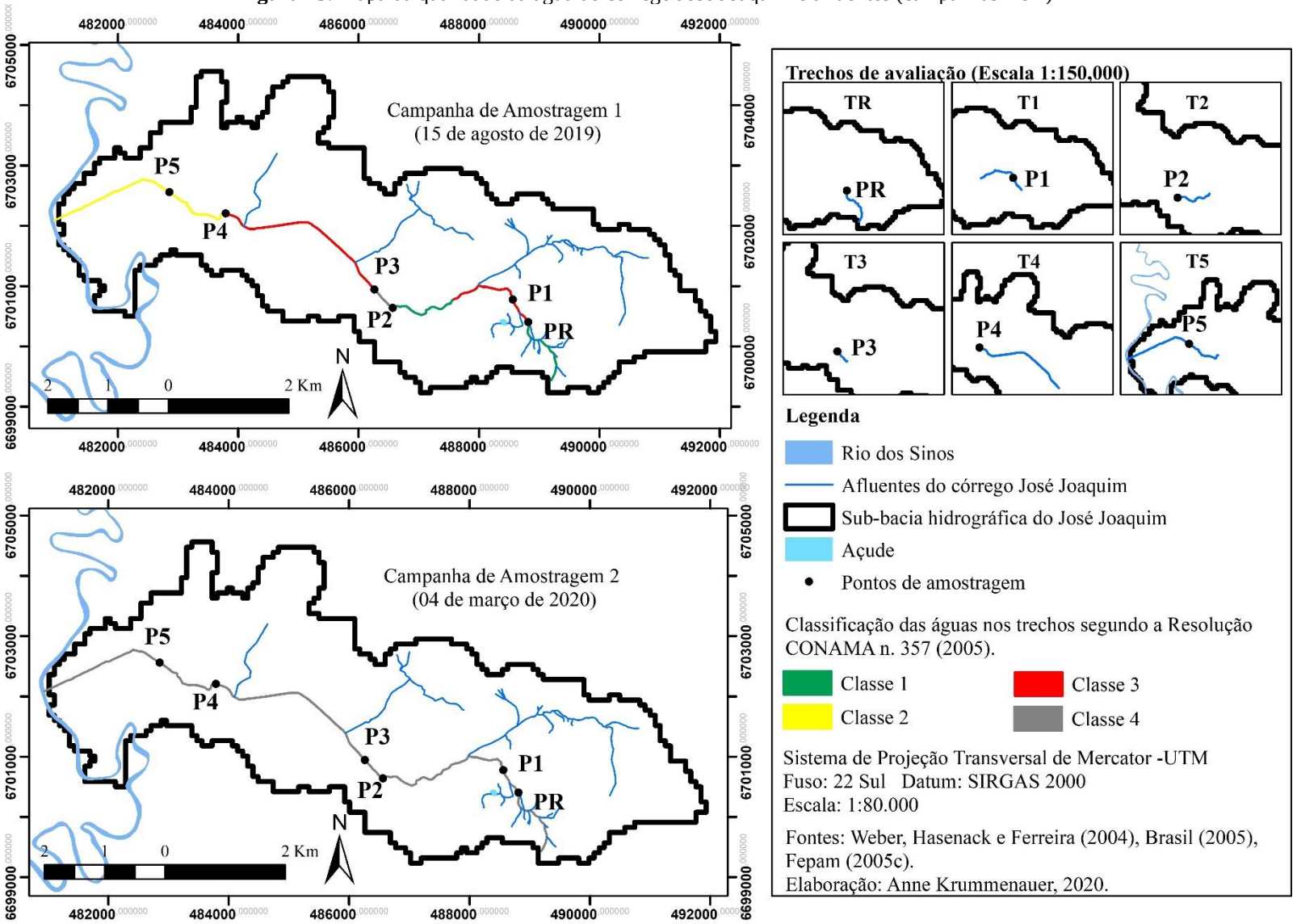
da sub-bacia do córrego José Joaquim variaram temporalmente, entre as campanhas 1 (15 de agosto de 2019) e 2 (4 de março de 2020), e espacialmente, entre os pontos de avaliação PR e P1 a P5, que representam trechos do córrego José Joaquim e seus afluentes (TR e T1 a T5). Enquanto alguns elementos aumentaram de concentração em direção à foz, outros tiveram seus maiores resultados na parte central e mais urbanizada da sub-bacia. De maneira geral, os pontos P2, P3 e P4 apresentaram elevadas concentrações de coliformes termotolerantes, condutividade elétrica, $DBO_{5,20}$ e fosfato total, parâmetros que refletem a poluição por esgotos domésticos relacionados à densa urbanização do entorno. O P5, mais próximo à foz e em uma zona industrial, apresentou maiores concentrações dos parâmetros condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal e $DBO_{5,20}$, indicando poluição por esgotos domésticos e, possivelmente, por efluentes industriais.

O parâmetro turbidez apresentou um resultado ruim apenas na primeira campanha, no P3, presumivelmente devido à obra de revitalização que ocorria próximo ao ponto. O parâmetro OD, um dos mais importantes na avaliação da qualidade da água superficial, não se mostrou, na presente pesquisa, sensível à presença de matéria orgânica biodegradável, revelando que a reaeração do canal fluvial pode ser capaz de impedir a redução nas concentrações de OD.

Observa-se, na figura 25, a espacialização do resultado da qualidade das águas superficiais conforme a Resolução CONAMA n. 357 (2005), considerando que o resultado de cada ponto de avaliação é representativo da qualidade da água de um trecho do córrego José Joaquim e de seus afluentes. É evidente a má qualidade da água no T3, na primeira campanha, e a piora da qualidade da água nos demais trechos, na segunda campanha. Próximo da confluência com o Rio dos Sinos, no T5, os resultados da primeira campanha não foram tão ruins quanto nos trechos a montante (T2 a T4), que pode ser atribuído ao tratamento de esgotos no habitacional João Goulart (Blocos da COHAB) e ao incremento da chuva. Em época de pouca precipitação, na segunda campanha, o resultado em todos os trechos foi ruim. Destaca-se que as análises são baseadas em apenas duas campanhas de amostragem.

A precipitação pode explicar a variação na qualidade das águas superficiais encontradas entre as campanhas: nos dias que antecederam a campanha 1, houve precipitação (18,2 mm nos cinco dias anteriores à amostragem), diluindo as concentrações de coliformes termotolerantes, matéria orgânica, fosfato etc.; e na campanha 2, mais seca, não foi registrada precipitação e as concentrações dos elementos foram, em geral, maiores.

Figura 25. Mapa da qualidade da água do córrego José Joaquim e afluentes (campanhas 1 e 2)



Conforme a legislação vigente, na primeira campanha de amostragem, as águas dos pontos amostrais foram enquadradas como Classe 1 (33%), Classe 2 (17%), Classe 3 (33%) e Classe 4 (17%), já na segunda campanha de amostragem, as águas de todos os pontos apresentaram Classe 4 (100%). Por se enquadrarem, na maioria das vezes, como Classe 4, não é recomendado nenhum tipo de uso da água que envolva o contato primário ou secundário com as águas do córrego José Joaquim e seus afluentes, que, segundo essa classificação, são inadequadas para recreação (mesmo de contato secundário), irrigação de alimentos, dessedentação animal, piscicultura, e, inclusive, abastecimento humano (BRASIL. 2005).

Os resultados do IQA-Comitesinos, para cada um dos pontos avaliados na segunda campanha, foram semelhantes, variando de: 31,40, no P2, a 45,84, no P5 (quadro 14). Como nenhum metal ultrapassou os limites previstos para a Classe 2 da Resolução CONAMA n. 357, o IT teve valor igual a um (1), tornando válidos os resultados apresentados anteriormente. Observa-se que as águas de todos os pontos monitorados foram classificadas como "ruins" (intervalo de pontuação entre 25 e 50), o que indica que, à princípio, as águas seriam inadequadas para captação e tratamento para abastecimento humano (FEPAM).

Quadro 14. Classificação da qualidade da água de acordo com o resultado do IQA-Comitesinos, com dados da segunda campanha de amostragem (04 de março de 2020).

Ponto avaliado	Pontuação total	Classificação
Ponto de Referência (PR)	45,18	"ruim"
Ponto 1 (P1)	40,08	"ruim"
Ponto 2 (P2)	31,40	"ruim"
Ponto 3 (P3)	31,46	"ruim"
Ponto 4 (P4)	41,30	"ruim"
Ponto 5 (P5)	45,84	"ruim"

Pode causar estranheza que o resultado numérico do IQA-Comitesinos, no último ponto de amostragem (P5) tenha sido superior, por alguns décimos, ao ponto de referência (PR), que, por estar a montante do centro urbano e próximo de uma área verde, corresponderia à área mais conservada, com condições da água próximas às mais "originais". A baixa pontuação do PR deveu-se, em grande parte, aos resultados de coliformes termotolerantes e de $DBO_{5,20}$. Apesar da concentração de $DBO_{5,20}$, no PR ser aproximadamente três vezes inferior à concentração no P5, a curva que estabelece a nota de qualidade da água em relação à concentração desse parâmetro não é sensível a concentrações acima de 10 mg L^{-1} O_2: acima dessa concentração, todos os pontos

recebem a pior nota parcial possível (2 de 100). Também foi observado que as concentrações elevadas de OD, que tem o maior peso na avaliação do IQA-Comitesinos, contribuíram para que o resultado numérico em todos os pontos não fosse ainda pior, "péssimo" (intervalo de pontuação de 0 a 25).

O uso do IQA-Comitesinos mostrou-se útil para evidenciar a má qualidade da água, em todos os pontos amostrados, devido à poluição por esgotos domésticos. Entretanto, ressalta-se que o índice, neste caso, tem algumas restrições tendo em vista a difícil diferenciação entre os pontos e a não identificação de outras fontes de poluição, aspectos que afetam a interpretação da degradação ambiental.

A comparação dos resultados do monitoramento da presente pesquisa com resultados de estudos semelhantes, junto aos córregos Pampa, Luiz Rau, Schmidt e Portão, permitiu identificar que a poluição por esgotos domésticos no córrego José Joaquim é semelhante àquela encontrada em outros córregos da bacia do Rio dos Sinos.

Identificada a poluição por esgotos domésticos, a implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos apresenta-se como imprescindível para a melhora da qualidade ambiental da sub-bacia do córrego José Joaquim, assim como da bacia do Rio dos Sinos. Entretanto, apesar de necessária, a ampliação do tratamento de esgotos domésticos de 7% para quase 87% no município de Sapucaia do Sul, como está sendo previsto pela CORSAN (GAUCHA ZH, 2019), o líquido efluente de uma ETE ainda será de péssima qualidade (PENTEADO; FUJIMOTO, 2006). Conforme dados de agosto de 2019 a março de 2020 da ETE Novo Esteio, obtidos junto à CORSAN, o tratamento é eficiente para a redução de boa parte da concentração de $DBO_{5,20}$ e da demanda química de oxigênio (DQO), mas não para remoção de outros elementos (RITTER, 2020). Os efluentes do tratamento de esgoto chegam ao Rio dos Sinos a montante do ponto de captação de água da ETA Esteio para tratamento convencional de águas brutas e abastecimento da população de Sapucaia do Sul, Esteio e parte de Canoas. Com esse exemplo, dá-se nitidez à necessidade de que se reverta a degradação de cursos fluviais urbanos para garantia da qualidade da água dos mananciais e o abastecimento da população.

Vale advertir que a expansão da urbanização sobre a sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim, especialmente em direção às nascentes, ampliará a carga de poluentes nas águas, caso não haja planejamento urbano adequado. A zona rural já passou por reduções que levaram à expansão da urbanização sobre os morros do município, transformando sítios em condomínios, e pode ser ainda mais atingida pela implantação

prevista de uma rodovia estadual 010 (ERS-010) (GONÇALVES, 2013). A urbanização no entorno da RPPN Morro Sapucaia, no T1, pode comprometer os esforços feitos a jusante para que o córrego deixe de ser um canal para recebimento e escoamento de esgotos domésticos. Ainda, com a urbanização avançando sobre os arenitos que compõem a Formação Botucatu, há o risco de que as águas contaminadas na superfície percolem até o aquífero, carregando poluentes e comprometendo este importante manancial, com efeitos para além dos limites da sub-bacia do córrego José Joaquim (NAIME; FAGUNDES, 2005, UNISINOS; CONSORCIO PRÓ-SINOS; COMITESINOS).

Já na outra extremidade da sub-bacia, próximo da confluência do córrego José Joaquim com o Rio dos Sinos, as planícies alagáveis têm impedido o adensamento populacional. Havendo obras de canalização na fase 3 de revitalização do córrego, no T5, é provável que se amplie a ocupação sobre essa área de risco, graças à sensação de segurança contra inundações percebida pela população.

5.2 INTEGRIDADE FÍSICA: PAR

A aplicação do PAR-CA ocorreu no dia 4 de março de 2020, e os resultados foram apresentados no quadro 15 e por parâmetro, conforme segue.

Quadro 15. Resultados de aplicação do PAR-CA em cada ponto de avaliação.

Parâmetros		**Pontos avaliados**					
		PR	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**
1	Alterações no canal fluvial	10	10	0	0	0	5
2	Poluição pontual – canalizações de esgotos domésticos	10	5	0	0	0	0
3	Poluição pontual – resíduos	10	5	0	5	5	5
4	Poluição difusa	10	5	0	0	0	0
5	Deposição de sedimento	10	10	0	10	0	5
6	Estabilidade das margens	10	5	0	0	0	5
7	Sinuosidade do canal	10	10	0	0	0	0
8	Soterramento	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
9	Complexidade de habitats	10	10	0	0	0	5
10	Condições de escoamento	10	10	10	10	10	10
11	Odor da água	10	0	0	0	0	0
12	Óleos, graxas e espumas na água	10	10	0	0	0	10
13	Transparência da água	10	5	5	5	5	5
14	Largura da vegetação	20	15	0	0	0	15
15	Presença de vegetação ripária	20	20	0	0	0	10
16	Sombreamento	10	10	0	0	0	10
Pontuação total		170	130	15	30	20	85

N.A.= não se aplica.

- **Alterações no canal fluvial**

O primeiro parâmetro avaliou a existência de alterações de origem antrópica no leito ou nas margens do curso fluvial, o que acarreta perdas significativas de habitats naturais para peixes, macroinvertebrados e plantas, em relação aos córregos não alterados. As alterações podem ser identificadas através da presença de: aterros, enrocamentos, concreto e outras formas de estabilizar artificialmente as margens (figura 26), canais muito retos por distâncias significativas, barragens e pontes, entre outros. A dragagem também é frequentemente relacionada com alterações no canal (BARBOUR *et al.*, 1999).

Os pontos PR e P1 apresentaram paisagens mais próximas à situação "ideal", sem interferências significativas no leito ou nas margens do curso fluvial, recebendo a melhor classificação de ambiente possível: "bom" (10 pontos). Nos pontos P2 a P4, o ambiente foi classificado como "ruim" (zero ponto), devido à canalização do leito. No ponto a jusante da canalização, P5, a pressão urbana no entorno torna as margens alvos de deposição de resíduos, construções, muros, pontes e outras alterações pontuais etc., que classificaram o ambiente como "regular" (5 pontos).

Figura 26. Alterações pontuais no canal fluvial nas margens e no leito do córrego, observadas no P1, destroem habitats e prejudicam a renovação natural das estruturas necessárias para a biota. Apesar disso, o ambiente é classificado como "bom" no P1, já que essas modificações estão restritas a poucos locais no T1.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 04 de março de 2020.

- **Poluição pontual**

O segundo e o terceiro parâmetros, ambos referentes à poluição pontual, avaliaram o lançamento de poluentes no curso fluvial de maneira concentrada, através de canalizações de esgotos domésticos nas margens do curso fluvial e da presença de

resíduos nas margens e no leito.

A melhor situação ambiental foi observada no PR, o que conferiu ao ambiente a classificação de “bom” e a maior pontuação possível (10 pontos) em ambos os parâmetros. Com relação ao segundo parâmetro, foram visualizadas canalizações de esgotos domésticos e de drenagem urbana, muitas vezes em sistema misto, ao longo dos trechos que atravessam a área urbana, sendo o ambiente no P1 classificado como “regular” (5 pontos) e, nos demais pontos (P2 a P5), como “ruim” (zero ponto). Mesmo no P3, representando o trecho do córrego José Joaquim, que passou por revitalização recentemente, observou-se a proliferação de canos oriundos de terrenos adjacentes (residências) (figura 27).

Figura 27. A identificação de canalização para despejo de esgotos domésticos no P3, bem como ao longo do T3, mostra que, mesmo com as obras de revitalização, a qualidade da água do córrego continuará prejudicada. Em relação ao parâmetro 2, o ambiente é classificado como “ruim” no P3, representando a situação do trecho.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 16 de março de 2019.

Quanto ao terceiro parâmetro, a presença esporádica de resíduos ao longo de toda extensão da bacia, classificou o ambiente nos pontos P1, P3, P4 e P5 como “regular” (5 pontos). No P2, a presença de resíduos é mais habitual e, ali, observou-se a atividade de coletores de materiais recicláveis junto às margens do córrego (figura 28). O ambiente deste ponto foi classificado como “ruim” (zero ponto).

Figura 28. A identificação de resíduos sólidos ao longo do T2 concorre para a contaminação e para a redução da capacidade de escoamento do córrego José Joaquim. O ambiente é classificado como "ruim" no P2, quanto ao parâmetro 3, representando a situação do trecho.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 10 de agosto de 2018.

- **Poluição difusa**

O quarto parâmetro avaliou indícios de poluição relacionada às atividades empreendidas ao longo da sub-bacia hidrográfica e que atingem o curso fluvial transportadas pela chuva ou pelo escoamento superficial, como poluição atmosférica, resíduos e matéria orgânica presentes nas ruas e calçadas etc. (BRAGA *et al.*, 2005).

A poluição difusa se intensifica em direção à foz do córrego José Joaquim: no PR, o ambiente é considerado "bom" (10 pontos); no P1, regular (5 pontos), sob os efeitos da substituição da vegetação original para uso e ocupação do solo com atividades antrópicas; e, nos pontos P2 a P5, "ruim" (zero ponto), com densa ocupação urbana. Apesar desse resultado, é importante ressaltar que a ocupação urbana e rural não deve ser considerada incompatível com a qualidade ambiental. Através da adoção de medidas mitigadoras, como a melhoria dos índices de coleta e tratamento dos esgotos, a manutenção da permeabilidade do solo e o tratamento de efluentes industriais, entre outras práticas, os impactos oriundos das atividades antrópicas podem ser minimizados.

- **Deposição de sedimentos**

O quinto parâmetro avaliou a deposição de sedimentos e as mudanças decorrentes no curso fluvial, como a formação de feições deposicionais ou preenchimento de poços e corredeiras. Usualmente, pode-se observar a deposição de sedimentos em áreas obstruídas por detritos, naturais ou artificiais, e em áreas onde a velocidade do fluxo da água diminui,

como curvas do leito e estreitamentos do canal derivados de pontes. Altos níveis de deposição de sedimentos são sintomas de um ambiente instável e em constante mudança, inadequado para muitos organismos (BARBOUR *et al.*, 1999).

Todos os trechos da sub-bacia do córrego José Joaquim apresentaram algum nível de deposição de sedimentos. Nos pontos PR e P1, menos degradados, e no P3, devido à recente canalização, a deposição ocorre sem comprometer o leito fluvial, assim, o ambiente foi classificado como "bom" (10 pontos). A baixa declividade do canal principal e a carga de sedimentos, originados pelo manejo inadequado do solo e pela desproteção das margens, contribuem para a deposição de sedimentos e o assoreamento no canal nos pontos P2 e P4 (figura 29). Formam-se, em vários locais, depósitos marginais e ilhas, chegando a ocorrer o estabelecimento de vegetação e alterando o fluxo de água. Gradualmente, o canal tem a sua capacidade de escoar a vazão reduzida, podendo, em médio a longo prazo, a água extravasar da calha em eventos pluviométricos intensos (OLIVEIRA; RECKZIEGEL; ROBAINA, 2006). Nos pontos P2 e P4, o ambiente foi classificado como "ruim" (zero ponto). No P5, a deposição de sedimentos volta a ser menos expressiva, com ambiente "regular" (5 pontos), o que se relaciona ao menor aporte de sedimentos.

Figura 29. A deposição de sedimentos, em ponto no início do T4, altera a capacidade de escoamento do canal fluvial em eventos pluviométricos intensos. O parâmetro 5 confere a classificação de ambiente "ruim" ao P4, representando a situação encontrada em todo o trecho.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 04 de março de 2019.

- **Estabilidade das margens**

  O sexto parâmetro avaliou a erosão das margens, que contribui para o

assoreamento do leito e o aumento da concentração de sólidos em suspensão na água. A vegetação torna as margens mais estáveis em relação às margens desmatadas, porque fornece sustentação e proteção ao solo contra a ação erosiva da água da chuva. Margens menos íngremes são mais estáveis do que margens mais declivosas, sendo menos susceptíveis à erosão e, consequentemente, ao solapamento. Sinais de desmoronamentos recentes podem ser identificados através de áreas marginais sem vegetação e exposição de raízes e de solo (BARBOUR *et al.*, 1999).

O ambiente foi classificado como "bom" (10 pontos) no PR, por apresentar margens estáveis; como "regular" (5 pontos) nos pontos P1 e P5, devido a instabilizações pela remoção da vegetação, construções marginais, e, especialmente no P5, pela velocidade elevada do fluxo de água; e como "ruim" (zero ponto) nos trechos P2 a P4, onde a estabilização artificial das margens garantiu o pior resultado do ambiente. A figura 30 ilustra margens instáveis, mesmo após a canalização, provavelmente em decorrência do aumento da velocidade que a água adquire em eventos pluviométricos intensos e da falta de manutenção adequada da estrutura.

Figura 30. O solapamento das margens, em um ponto do T4, altera o fluxo normal das águas. Tanto a instabilidade das margens quanto a canalização conferem, para o parâmetro, a classificação de ambiente "ruim" no P4, representando a situação de todo o trecho.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 16 de abril de 2020.

No ambiente urbano, as margens são frequentemente revestidas por concreto ou contidas por muros para impedir a erosão. Esta estabilização artificial, contudo, é prejudicial ao ambiente, pois compromete as relações biológicas e impede a mobilidade natural das margens, requisito para a autossustentabilidade dos rios (BINDER, 2001). Para acelerar a recuperação de margens degradadas, respeitando-se as relações

ecossistêmicas, a ação antrópica poderia ser melhor direcionada para técnicas de bioengenharia, como geogrelhas vegetadas, revestimentos com pedregulhos e troncos com raízes, enrocamento vivo, entre outras (SCHMEIER, 2012).

- **Sinuosidade do canal**

O sétimo parâmetro avaliou a presença de meandros e de curvas ao longo do curso fluvial. Segundo Barbour *et al.* (1999), alto grau de sinuosidade proporciona diversificação de habitats e maior capacidade para o curso fluvial lidar com as variações de fluxo em eventos pluviométricos. Em eventos intensos, as curvas absorvem energia da água, protegendo o curso fluvial de erosão e de inundações excessivas, além de fornecer refúgio para invertebrados bentônicos e peixes. Esse parâmetro deve ser avaliado no setor de baixo curso dos rios e córregos, afinal, os cursos fluviais começam a apresentar sinuosidade à medida que avançam em direção a terrenos menos íngremes, com menores declividades, quando a velocidade da água diminui (RODRIGUES, 2008).

Os pontos PR e P1 receberam a melhor classificação de ambiente possível, de "bom" (10 pontos), pela presença de sinuosidade. Os pontos P2 a P4, apresentam pouca sinuosidade devido à retificação do leito com o objetivo de aumentar a velocidade de escoamento da água. Já no P5, não se verificam sinuosidades e meandros significativos, o que pode ser devido, ao menos em parte, à velocidade com que a água chega ao trecho, a jusante da canalização. Nesses pontos, o ambiente recebeu a classificação de "ruim" (zero ponto).

- **Soterramento**

O oitavo parâmetro referiu-se ao encobrimento dos sedimentos mais grosseiros no fundo do canal, como cascalho, rochas, seixos, galhos e raízes, por sedimentos mais finos, como areia, silte e argila, diminuindo a superfície disponível para habitat de macroinvertebrados e para peixes usarem para abrigo, desova e incubação de ovos (BARBOUR *et al.*, 1999). O parâmetro deve ser avaliado preferencialmente a montante de corredeiras e onde o substrato é pedregoso, para não ser confundido com o parâmetro deposição de sedimentos (RODRIGUES, 2008), e é válido para trechos de alto curso de rios (definido, aqui, como declividade de 15% ou mais). Apesar do parâmetro ter sido previsto para compor o PAR-CA, a seleção dos pontos de aplicação do PAR-CA não contemplou nenhum trecho de alto curso.

- **Complexidade dos habitats**

O nono parâmetro avaliou a quantidade e a variedade de estruturas naturais que compõem o ambiente aquático e que estão disponíveis para refúgio, alimento, reprodução e desova da macrofauna, tais como troncos e galhos caídos, rochas grandes, seixos rolados, margens escavadas e vegetação aquática (BARBOUR *et al.*, 1999, RODRIGUES, 2008). As figuras 31 e 32 apresentam diferentes situações ambientais.

Figura 31. A diversidade de habitats, a presença de vegetação ripária e o sombreamento observados no PR fornecem condições favoráveis para a sobrevivência da biota. Os parâmetros 9, 15 e 16 receberam a classificação de ambiente "bom" no PR, representando a situação do TR.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 04 de março de 2020.

Figura 32. Os habitats monótonos e a ausência de vegetação ripária e de sombreamento no P3 caracterizam uma situação muito diferente da ideal, indicando ambiente degradado. Os parâmetros 9, 15 e 16 receberam a classificação de ambiente "ruim" no P3, representando a situação do T3.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 04 de março de 2020.

Nos trechos PR e P1 foram encontradas estruturas de vários tipos e tamanhos,

proporcionando complexidade de habitats, o que conferiu ao ambiente a classificação de "bom" (10 pontos). Já nos trechos P2 a P4, o ambiente menos diversificado, indicando certa degradação ambiental, foi classificado como "ruim" (zero ponto). No P5, o ambiente monótono e pouco diversificado recebeu a classificação "regular" (5 pontos).

- **Condições de escoamento**

O décimo parâmetro avaliou o preenchimento do canal fluvial pela água, que determina a maior ou a menor disponibilidade de substratos para os organismos aquáticos. O fluxo de água aumenta em direção à foz, graças ao recebimento de contribuições ao longo da bacia hidrográfica, e diminui como resultado de barragens, obstruções, desvios, irrigação ou seca (BARBOUR *et al.*, 1999), e pode variar sazonalmente por influência das precipitações. Acrescenta-se, ainda, que a urbanização e a canalização podem afetar o fluxo natural de um curso fluvial, podendo levá-lo, inclusive, à intermitência, como observado por Tonello *et al.* (2008), no Igarapé Mirandinha, em Boa Vista (RR), tornando esse parâmetro ainda mais relevante em cursos fluviais sujeitos a esse tipo de intervenção.

O parâmetro considera a existência de um período de cheia, entre abril e setembro, e um período de estiagem, entre outubro e março, em que os córregos da sub-bacia hidrográfica do José Joaquim apresentam uma variação natural de fluxo (figura 33). O ambiente em todos os pontos foi classificado como "bom" (10 pontos), considerando que a avaliação foi realizada no período de estiagem (mês de março).

Figura 33. As marcas nas margens do córrego da Palmeira, no PR, permitem identificar uma variação sazonal no fluxo de água. Considerando que se trata do período mais seco, o ambiente recebe a classificação de "bom" para o parâmetro 10 no PR, representando a situação em todo TR.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 04 de março de 2020.

- **Odor da água**

O décimo primeiro parâmetro avaliou a possível presença de odores no líquido. Embora odores não possam ser relacionados diretamente à segurança da água para ingestão, eles afetam as características estéticas. As águas superficiais tendem a apresentar odores naturalmente, como terra, mofo, grama, vegetação, pântano, decomposição e peixe, geralmente resultantes da atividade de alguns microrganismos (LAGANARO; ARSEN; MACEDO, 2017). O despejo de esgotos domésticos, resíduos de agrotóxicos e fertilizantes, e efluentes industriais ricos em matéria orgânica podem levar à depleção do oxigênio na água e à decomposição anaeróbia, produzindo odores similares ao de ovo podre (gás sulfídrico), peixe (aminas), entre outros. Despejos industriais que contêm fenóis e nitrofenóis, mesmo em pequenas concentrações, podem conferir odores fortes e característicos à água (BRASIL, 2006).

O PR apresentou odores naturais e não-repugnantes, o que classificou o ambiente como “bom”, recebendo a maior pontuação possível (10 pontos). Já os demais trechos, P1 a P5, apresentaram odores desagradáveis no ponto de coleta da amostra da água, ainda que levemente perceptíveis, recebendo conceito “ruim” (zero ponto).

- **Óleos, graxas e espuma na água**

O décimo segundo parâmetro avaliou a presença de elementos poluentes que podem ser observados na água superficial, notadamente oriundos dos esgotos domésticos, dos efluentes industriais e da drenagem superficial urbana, e que causam prejuízos ecológicos e estéticos. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993), óleos e graxas constituem um grupo de substâncias que incluem gorduras, graxas, ácidos graxos livres, óleos minerais e outros materiais graxos. Esses elementos são facilmente observáveis a olho nu pela separação das fases e a iridescência, isto é, os reflexos brilhantes com efeito de arco-íris (CAMPOS; NUCCI, 2019). Já a espuma, nas águas superficiais poluídas, consiste em um aglomerado sobrenadante, no qual existe uma mistura de gordura, óleo e bolhas de gás separados por películas de líquidos e outros produtos (ABNT, 1993).

No córrego José Joaquim e seus afluentes, a presença de óleos e graxas foi pouco evidente. Por outro lado, o surgimento de espumas associado aos degraus da canalização acusou a presença de detergentes na água (figura 34).

Figura 34. A presença de espumas, associada a degraus do leito canalizado, é evidente em um ponto do T4, o que indica a poluição por esgotos domésticos. O ambiente no P4, em relação ao parâmetro 10, é classificado como "ruim", representando a situação do trecho.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 16 de abril de 2020.

O ambiente nos trechos T2, T3 e T4 foi classificado como "ruim", recebendo a menor pontuação possível (zero ponto). Nos trechos TR, T1 e T5, a não observação de óleos, graxas, ou espumas classificou o ambiente como "bom" (10 pontos).

- **Transparência da água**

O décimo terceiro parâmetro agrupou, em uma mesma avaliação, duas características físicas importantes das águas superficiais: a cor e a turbidez. Ambas interferem na penetração da luz no meio aquático, e, consequentemente, nas taxas de fotossíntese e na procura de alimentos por algumas espécies (BRAGA *et al.*, 2005). A cor é produzida pela reflexão da luz devido à existência de partículas minúsculas na água, dissolvidas ou em suspensão, de origem orgânica (como os ácidos húmicos oriundos da decomposição da vegetação) ou mineral (como corantes e outros resíduos industriais). A cor pode ser separada em *cor aparente*, obtida em campo, com interferência da turbidez, do fundo e dos reflexos originados pela vegetação ao redor do corpo fluvial, e em *cor real*, causada apenas por substâncias dissolvidas (BRASIL, 2006; ABNT 1993). Através desse parâmetro, foi avaliada a *cor aparente*.

O PR recebeu a classificação de ambiente "bom" (10 pontos). Já nos pontos P1 a P5 percebeu-se pontos de escurecimento e opacidade da água (conforme a figura 35), o que conferiu ao ambiente a classificação de "regular" (5 pontos).

Figura 35. A presença de líquido escuro nas águas do córrego José Joaquim, identificada em um ponto localizado no T5, indica o lançamento de esgotos domésticos. Em relação ao parâmetro 13, o ambiente no ponto P5 é classificado como “regular”, representando a situação do trecho.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 04 de março de 2020.

Eventos de intensa coloração e opacidade das águas devido a efluentes industriais foram relatados na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, e podem ocorrer de maneira pontual, mas não foram identificados durante a avaliação do córrego José Joaquim.

Ressalta-se que a cor e a presença de odor, óleos, graxas e espumas na água superficial são aspectos importantes que interferem no relacionamento da população com um curso fluvial e na qualidade de vida de quem mora próximo dele.

- **Largura da vegetação**

O décimo quarto parâmetro examinou a extensão da vegetação que acompanha o curso fluvial. Apesar de ser difícil determinar a largura ideal para que a vegetação ripária exerça suas funções do ponto de vista ecológico (RODRIGUES, 2008), o Código Florestal vigente, Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, estabelece a área de preservação permanente (APP) em áreas urbanas e rurais como uma faixa marginal a ser preservada, a partir da borda do leito regular do curso fluvial, de no mínimo 30 metros, aumentando gradativamente conforme amplia a largura do rio, até o limite de 500 metros. A APP consiste em uma área coberta ou não por vegetação nativa, que tem como função ambiental preservar, não só a vegetação, mas os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

No Plano Diretor do Município de Sapucaia do Sul, Lei n. 2896, de 12 de outubro

de 2006, foram definidas faixas de preservação ao longo dos córregos. Para a sub-bacia do córrego José Joaquim, foram estabelecidas as seguintes faixas: 30 metros, em ambos os lados, ao longo de toda a extensão dos córregos dos Prass e da Palmeira (trechos TR e T1 da presente pesquisa), e do córrego José Joaquim, em ambos os lados, após a avenida BR 116 (no T5); de 15 metros, em ambos os lados, do trecho do córrego José Joaquim entre a Rua Vicente Tessandri e a avenida BR 116 (nos trechos T2 a T4) (SAPUCAIA DO SUL, 2006). Apesar da previsão legal, não se observa a manutenção desses limites em toda a extensão da sub-bacia.

Quando os cursos fluviais estão canalizados, por vezes, questiona-se as razões da existência da APP, sob o argumento de que esta encontra-se ecologicamente descaracterizada (FERNANDES, 2019). Para Sepe, Pereira e Bellenzani (2014), apesar de que se argumente que diversas funções ambientais exercidas pelas APP possivelmente estejam extintas em razão do elevado nível de antropização do curso fluvial, ainda há necessidade de que seja mantida e conservada uma de suas principais funções das APP em áreas urbanas: a manutenção da permeabilidade do solo, e, consequentemente, a minimização das enchentes e inundações na área urbana.

Considerando a importância das APP, mesmo para córregos canalizados, a avaliação desse parâmetro considerou três intervalos de largura: 30 metros ou mais; entre 5 e 30 metros; e inferior a 5 metros. Essa faixa foi definida considerando que, entre 1965 e 1986, a faixa mínima de preservação estipulada pelo Código Florestal vigente era de 5 metros (BRASIL, 1965), e que o crescimento urbano de Sapucaia do Sul ocorreu em grande parte nesse período. Para avaliação do parâmetro, definiu-se que cada margem deve ser analisada separadamente e a pontuação acumulada é usada para este parâmetro.

Na avaliação da sub-bacia do córrego José Joaquim foi observada faixa de vegetação majoritariamente superior a 30 metros em ambas as margens no PR e em uma das margens nos pontos P1 e P5, que conferiram a classificação de ambiente “bom” (10 pontos por margem). Os pontos P1 e P5 também apresentam uma das margens com faixa de vegetação entre cinco e 30 metros, o que classificou o ambiente como “regular” (5 pontos por margem). O ambiente que apresentou menos de 5 metros de vegetação marginal preservada, encontrado nas margens dos pontos P2 a P4, recebeu a pior classificação possível, “ruim” (zero ponto), indicando degradação ambiental.

- **Presença de vegetação ripária**

  O décimo quinto parâmetro avaliou a proteção das margens pela vegetação ripária

mais próxima ao curso fluvial, considerando que o sistema radicular das plantas auxilia a sustentar o solo, reduzindo a erosão, e oferece vantagens para a sobrevivência da biota. Cada margem deve ser avaliada separadamente e a pontuação acumulada é usada para este parâmetro.

Nos pontos PR e P1, onde as margens apresentaram a superfície predominantemente coberta por vegetação, com evidências mínimas de desmatamento, o ambiente foi classificado como "bom" (10 pontos cada margem), pois fornece excelentes condições de vida para peixes e macroinvertebrados. No P5, em ambas as margens foi observada a superfície entre 70% e 30% da área recoberta por vegetação, o que classificou o ambiente como "regular" (5 pontos cada margem). Já nos trechos P2 a P4, as margens estavam pouco cobertas por vegetação, apresentavam solo exposto, desmatamento acentuado e/ou reforçadas por calçamento ou outras construções, características que conferiram ao ambiente a classificação "ruim" (zero ponto cada margem). Exemplos de ambiente comparável à melhor e à pior situação ambiental em relação ao parâmetro 15 podem ser observadas nas figuras 31 e 32 (página 105).

- **Sombreamento**

O décimo sexto parâmetro avaliou o grau de proteção fornecido pela vegetação ripária ao solo e à lâmina d'água, considerando que tanto a exposição completa quanto a ausência total de luz solar são fatores prejudiciais à instalação e ao desenvolvimento das comunidades aquáticas (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006).

Nos pontos PR, P1 e P5 foi encontrada vegetação diversa e em variados estágios de desenvolvimento, fornecendo alternância de sombras e luzes na superfície da água para a manutenção dos organismos, caracterizando o ambiente como "bom" (10 pontos). Já nos pontos P2, P3 e P4 havia exposição total da superfície à luz solar, o que lhes concedeu ao ambiente o conceito "ruim" (zero ponto). Exemplos de ambiente comparável à melhor e à pior situação ambiental em relação ao parâmetro 16 também podem ser observadas nas figuras 31 e 32 (página 105).

Observa-se que a avaliação da vegetação ripária é um componente importante do PAR-CA, representando quase 30% da pontuação total através dos parâmetros 14, 15 e 16, em uma tentativa de se fazer jus às suas múltiplas e importantes funções ecossistêmicas. A relevância da vegetação em áreas urbanas vai além de seus benefícios em termos de habitats e biodiversidade, pois sua presença é fundamental na redução das "ilhas de calor" e na promoção da infiltração da água da chuva e na atenuação das cheias.

- **Discussões sobre os resultados da avaliação de integridade física**

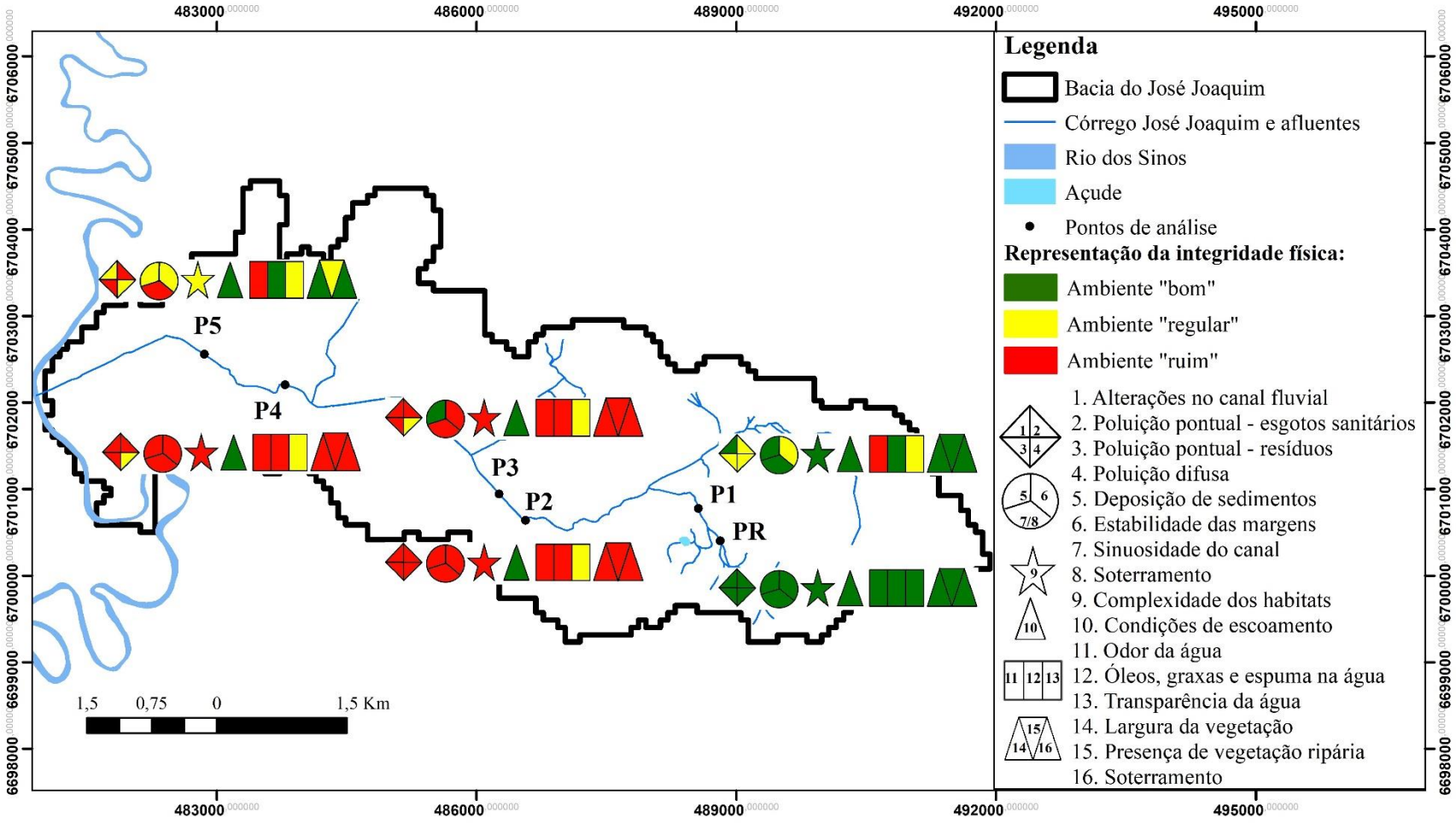
A espacialização dos resultados da avaliação da integridade física da sub-bacia do córrego José Joaquim (figura 36), através da aplicação do PAR-CA, no dia 04 de março de 2020, mostra que há perda na qualidade do ambiente da nascente em direção à foz, com os piores resultados localizados na parte mais central da sub-bacia (pontos P2, P3 e P4). Destaca-se que resultado de cada ponto de avaliação é representativo da qualidade da água de um dos trechos em que o córrego José Joaquim e seus afluentes foram divididos (TR e T1 a T5).

O PR foi o ponto mais bem avaliado da sub-bacia, recebendo a máxima pontuação por parâmetro e a máxima pontuação total (170 pontos). Nas áreas de altitudes e declividades mais elevadas, como no caso do Morro Sapucaia, onde está localizado o ponto, a dificuldade de acesso e inviabilidade agrícola do terreno acabam protegendo os cursos fluviais da degradação decorrente da ocupação antrópica (GONÇALVES, 2013). Nessas áreas, os solos tendem a ser mais instáveis e a remoção da vegetação, quando ocorre, pode levar à erosão e à deposição dos sedimentos onde a inclinação diminui, devido à redução na velocidade de escoamento.

Diversas nascentes localizadas no Morro Sapucaia estão protegidas da ocupação urbana, agrícola e mineral, por estarem dentro da área da RPPN Fazenda Morro Sapucaia. Entretanto, no entorno da reserva, tem sido observado o incremento da ocupação. Se não houver planejamento para adequar a ocupação ao relevo e à hidrografia da área, ela pode acarretar ampliação das perdas de integridade física, com piora na qualidade do ambiente.

No P1 foram observadas residências às margens do córrego da Palmeira, deposição de material antropogênico no leito, como caliças, e tentativas de sustentação das margens contra erosão feitas por moradores, o que explica uma relativa perda de integridade ambiental entre o PR e o P1, apesar da proximidade destes. Nota-se piora especialmente quanto aos parâmetros relacionados à poluição pontual (canalizações de esgotos e resíduos), à estabilidade das margens e às características estéticas da água (em específico, os parâmetros odor e transparência). Apesar disso, a pontuação total de integridade física do P1 foi de 130 pontos, o que ainda corresponde a classificação de ambiente “bom”.

Figura 36. Mapa da integridade física da sub-bacia do córrego José Joaquim, avaliada através do PAR-CA.



Sistema de Projeção Transversal de Mercator - UTM
Fuso: 22 Sul
Datum: SIRGAS 2000

Escala: 1:60.000
Fontes: Weber, Hasenack e Ferreira (2004) e Fepam (2005c).
Elaboração: Anne Krummenauer, 2020.

Entre o P1 e os pontos P2 a P4 há um declínio acentuado da integridade física (de 130 pontos no P1 para 15 pontos no P2, 30 pontos no P3, e 20 pontos no P4). A classificação do ambiente como "ruim" reflete os efeitos da remoção da vegetação ripária (abrangendo os parâmetros largura, presença de vegetação e sombreamento), da canalização (afetando, especialmente, os parâmetros alterações no canal fluvial, estabilidade das margens, sinuosidade do canal e complexidade de habitats), do assoreamento (parâmetro deposição de sedimentos) e das características estéticas da água (em específico, os parâmetros odor e transparência da água). Os efeitos prejudiciais da canalização para a integridade física de curso fluvial ficaram evidentes com a aplicação do PAR-CA, destacando-se: remoção de poços e corredeiras (áreas de alimentação, reprodução e abrigo de organismos), remoção de meandros (áreas de diversificação de fluxo e de habitats, além de atenuação de cheias), supressão e impedimento da renovação natural de habitats e perda de interação com o solo, lençol freático e vegetação ripária, o que resulta na remoção de aspectos importantes para a diversidade biológica.

No P5, há uma melhora da integridade física (de 30 pontos ou menos, nos pontos P2 a P4, para 85 pontos no P5), o que classificou o ambiente como "regular". Observa-se o retorno de alguma vegetação às margens e o escoamento do córrego em canal mais "original" (em comparação com a situação dos trechos canalizados que cruzam as áreas centrais e mais urbanizadas da cidade). Contudo, apesar do P5 não apresentar interferência direta de canalização ou de retificação recente, as obras a montante provocam aumento na velocidade e no fluxo de escoamento da água, que demandam o aprofundamento do leito do canal e refletem-se na instabilização das margens.

Destaca-se que, cada parâmetro, ao classificar o ambiente como "regular" ou "ruim", permite apontar para medidas possíveis de recuperação ambiental, para que se alcance um ambiente "bom", tais como: devolução do curso fluvial ao seu leito natural, coleta e tratamento de esgotos domésticos, recolhimento de resíduos, medidas de bioengenharia para proteção das margens, manejo adequado do terreno e reflorestamento das margens, entre outros.

Fazendo-se uma extrapolação, os sinais de degradação e a possibilidade de avanço da ocupação urbana no entorno do Morro Sapucaia indicam que, em breve, poderá ocorrer um decréscimo da qualidade do ambiente nas proximidades do P1. Ao mesmo tempo, nota-se que a revitalização do córrego José Joaquim, abrangendo os pontos P2 a P4, não acarretou bons resultados de integridade física, mostrando que o ecossistema fluvial não foi uma preocupação do projeto. Caso a mesma concepção de revitalização seja replicada

na fase 3 das obras, no T5, abrangendo o P5, pode-se esperar uma perda da integridade física, com relação, no mínimo, aos parâmetros: alterações no canal fluvial, estabilidade das margens, complexidade de habitats e presença de vegetação ripária.

Em síntese, de maneira semelhante ao que foi observado por Campos e Nucci (2019), no rio Palmital, na região metropolitana de Curitiba (PR), e por Radtke (2015), no córrego das Laranjeiras, em Candelária (RS), os resultados da análise da integridade física da sub-bacia do córrego José Joaquim apontaram para um declínio da qualidade ambiental de montante para jusante, embora esse declínio não seja constante devido a uma melhora no último trecho. A perda de qualidade acompanhou as áreas em que a urbanização é mais significativa e o curso fluvial está canalizado. Também foi possível extrapolar os efeitos de alteração nos cursos fluviais em cenários hipotéticos de avanço da urbanização e apontar medidas de recuperação ambiental.

O PAR-CA mostrou-se simples, de baixo custo e útil na avaliação da integridade física da sub-bacia do córrego José Joaquim, indicando que é possível a implementação de monitoramento desse aspecto da qualidade ambiental de maneira frequente e abrangendo vários trechos ou outras sub-bacias semelhantes. Entre as vantagens da adoção de um PAR para avaliação da integridade física estão: a possibilidade de implantação de ao menos um tipo de monitoramento ambiental em cursos fluviais e, também, a detecção precoce da degradação, possibilitando a interrupção da atividade degradante e a aplicação de medidas de recuperação. Soma-se a isso o potencial da ferramenta para educação e conscientização ambiental, pois o avaliador educa o seu olhar e desenvolve uma maior compreensão sobre os cursos fluviais.

Recomenda-se a aplicação do PAR-CA em pontos que cubram uma ampla gama de características ambientais, com o objetivo de identificar possíveis inconsistências não identificadas na realização da presente pesquisa e dar consolidação ao protocolo. Através de metodologias como a pesquisa de opinião com os aplicadores e/ou da análise estatística da variabilidade dos resultados, por exemplo, poder-se-á ratificar ou retificar o presente protocolo.

5.3 PERCEPÇÃO AMBIENTAL

Como visto anteriormente, foram realizadas 19 entrevistas com moradores da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim (Apêndice B) e 10 entrevistas com funcionários da PMSS (Apêndice C), sendo seis da Secretaria de Planejamento Urbano e

quatro da Secretaria de Meio Ambiente, cujas respostas foram apresentadas, respectivamente, nos Apêndices E e F, e analisadas a seguir.

5.3.1 Moradores circunvizinhos ao córrego José Joaquim

A entrevista iniciou com a identificação do perfil dos entrevistados (questões n. 1 a 5). Do total de entrevistados, 10 (53%) eram do sexo feminino e nove (47%) eram do sexo masculino. A maior frequência de idade ocorreu no intervalo de 40 anos ou mais (16 entrevistados), seguida pelas faixas de 30 a 39 anos (duas entrevistadas) e de 20 a 29 anos (uma entrevistada).

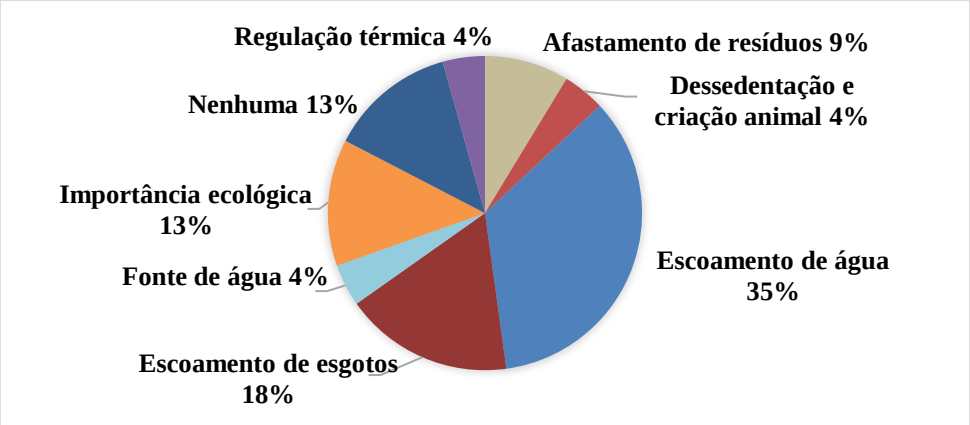
Os entrevistados apresentaram escolaridade de ensino de nível médio completo, fundamental incompleto e fundamental completo, com oito (42%), seis (32%) e três (16%) ocorrências, respectivamente. Ainda, um entrevistado possuía nível de ensino superior incompleto e outro entrevistado era não-escolarizado. O tempo de residência na região foi de 20 anos ou mais para 14 dos entrevistados (74%), de 10 a 19 anos para dois (11%), e inferior a 10 anos para três (16%). Apenas quatro entrevistados sabiam ou desejaram autodeclarar à qual classe social, baseada em rendimento familiar per capita, pertenciam. Por isso, essa característica não é apresentada nessa avaliação.

As perguntas seguintes trataram o tema da água no meio urbano (segunda seção, questões n. 6 a 12). Questionados sobre a relação afetiva com o córrego (questão n. 6), dos 19 entrevistados, oito (42%) indicaram gostar do córrego e 11 (58%) declararam ser indiferentes ou não gostar. Destes últimos, dois entrevistados chegaram a expressar o desejo de que o córrego não existisse (M13, há três anos no local, e M14, com 51 anos de idade, todos vividos no local). Onze (58%) entrevistados autodeclararam conhecer o percurso do córrego (questão n. 7), das nascentes, a maioria delas localizada no Morro Sapucaia, ao encontro com o Rio dos Sinos. Quanto à qualidade (questão n. 8), a água foi considerada por 17 entrevistados como poluída (89%), e por dois entrevistados como intermediária (11%), nem limpa e nem poluída. A hipótese de que a água poderia ser natural, limpa, não foi aventada por ninguém.

Quando foi solicitado aos entrevistados que avaliassem a utilidade ou a importância do córrego José Joaquim (questão n. 9), destacaram-se, nas respostas, três funções relevantes: o escoamento da água da chuva e das nascentes, com oito incidências (aparecendo em 42% das entrevistas), o escoamento de esgotos domésticos, com quatro incidências (21%), e a importância ecológica, com três incidências (16%). Também foram

citados os aspectos: o afastamento de resíduos, com duas incidências (aparecendo em 11% das respostas), a dessedentação e criação animal, a regulação térmica e fonte de água, cada um com uma incidência (cada um presente em 5% das respostas). Para três entrevistados (16% das respostas), o córrego não apresentaria nenhuma importância. A figura 37 ilustra a representatividade de cada aspecto de importância ou de utilidade do córrego José Joaquim, em relação ao total de aspectos indicados pelos entrevistados.

Figura 37. Proporção relativa de cada aspecto de utilidade ou de importância do córrego José Joaquim, conforme indicado pelos moradores entrevistados.



Os oito moradores que apontaram a importância do córrego como uma via para escoamento da água da chuva e das nascentes, justificaram, como faz o décimo sexto entrevistado, que "[...] *ele absorve a maioria das águas dos bairros no entorno*" (M16, há 15 anos no local), ou, através da relação dualista apontada pela décima sétima entrevistada, que o córrego é importante *"*[...] *porque escorre água, mas, ao mesmo tempo, traz o risco de transbordamento"* (M17, também há 15 anos no local). Tais percepções condizem com o fato de que inundações são um problema conhecido e/ou enfrentado pela população em alguns trechos do córrego (seja no passado, ou seja, ainda, no presente).

Outros residentes disseram que o córrego é importante para afastar esgotos e resíduos (aparecendo nas respostas de cinco moradores, 26%), como sintetiza a frase da primeira entrevistada: "*O arroio serve para limpar, ele leva a sujeira (esgoto e lixo)* [...]*"* (M1, há 38 anos no local). Entre estes, a sexta entrevistada acredita que "*a importância do arroio é receber os esgotos domésticos"*, mas pondera que ele "*poderia ter outro uso*" (M6, 20 anos de idade vividos no local). De maneira semelhante ao que Antunes *et al.* (2014) observaram em pesquisa no entorno da nascente do rio Carahá (SC), algumas afirmações sugerem que os entrevistados veem (ou passam a ver) com naturalidade a

função do córrego escoar os esgotos domésticos sem tratamento ou tratados primariamente. Ainda que a diluição de resíduos e despejos corresponda a um dos vários usos possíveis da água, destaca-se que pode não haver um reconhecimento ou preocupação, por parte dos entrevistados, com os possíveis problemas decorrentes, dentre eles a transmissão de doenças e a contaminação de mananciais.

Os entrevistados que associaram alguma importância ecológica ao córrego apresentaram justificativas genéricas como *"*[...] *água é vida*" (M4, 25 anos de residência no local) ou como "*O arroio faz parte da natureza* [...]. *Ele tem importância para a nossa vida*" (M10, há 26 anos no local).

Os três entrevistados que não atribuíram nenhuma importância ao córrego afirmaram, por exemplo, que ele "*não serve para nada* [...]" (M9, há seis anos no local) e que "*só serve para feder*" (M19, há 30 anos no local). Uma complementação interessante foi feita pelo nono entrevistado, ao dizer que o córrego não teria importância atualmente, mas que "*[...] teremos que aproveitar a água [do córrego] no futuro para beber por causa da falta de água*" (M9). Esse mesmo entrevistado identifica que a água do córrego estaria poluída (questão n. 8), mas diz estar satisfeito com as obras realizadas pela Prefeitura e não soube indicar outras ações/intervenções possíveis ou necessárias além de tapar o canal (questões n. 11 e n. 13). Assim, mesmo reconhecendo uma questão ambiental, o esgotamento das fontes de água potável, nem sempre o indivíduo a relaciona aos problemas ambientais locais e, principalmente, às suas causas, consequências e soluções possíveis. Não é possível apresentar conclusões com apenas uma observação, contudo, as respostas fornecidas pelo entrevistado M9 parecem ir ao encontro do que foi obtido por Rodrigues *et al.* (2012), ao analisarem a percepção ambiental de moradores do Distrito de Paranapiacaba e do Parque Andreense, em Santo André (SP). Segundo os autores, a percepção acerca de questões ambientais parece independer, muitas vezes, da percepção de um problema ambiental local, sendo que o conhecimento da questão ambiental pode ter sido obtido pela vivência em outras localidades, pela mídia, pela educação ambiental ou por outras pessoas, sem que tenham sido feitas reflexões mais aprofundadas pela comunidade. Nesse caso, pode-se apontar para uma possível falha dos programas de educação ambiental em engajar a população na reflexão sobre a realidade local.

Ao traduzirem a importância do córrego em uma nota de 1 a 5 (questão n. 10), sendo 1 muito pouco importante e 5 muito importante, 12 entrevistados, dos 18 que responderam à questão, atribuíram notas 4 ou 5 (67%), enquanto cinco concederam notas

um e dois (28%) e um apontou a nota 3 (5%), de importância intermediária.

Quando questionado sobre as mudanças no córrego (questão n. 11), apenas uma entrevistada afirmou não perceber nenhuma mudança ao longo do tempo (M19) contra 18 que afirmaram perceber. Entre estes, 11 consideraram que as alterações trouxeram melhorias em relação à situação anterior (M1, M2, M3, M4, M6, M7, M9, M11, M12, M13 e M15), quatro possuem uma percepção moderada (M10, M14, M16 e M18), com aspectos melhores e outros piores, e três consideraram que as alterações foram, predominantemente, para pior (M5, M8 e M17).

Das alterações relatadas na paisagem do córrego, destaca-se a observação de um período anterior, há aproximadamente 30 anos, sem intervenções estruturais, em que a imagem do córrego oscila entre a de um brejo sem valor (visão predominantemente negativa), com quatro menções (M3, M4, M8 e M12), e a de um curso fluvial limpo e cheio de vida (visão predominantemente positiva), com cinco menções (M1, M10, M14, M16 e M18). Após, ocorreria a urbanização e intervenções estruturais no canal fluvial. Notadamente, em relação aos últimos cinco anos, os entrevistados mencionaram as obras de revitalização, como a ampliação da canalização do córrego, o plantio de árvores e criação de praça.

Embora as percepções dos moradores ao longo do tempo tenham sido diversas, por vieses subjetivos, observa-se que as melhorias apontadas, mesmo por aqueles que possuem uma visão moderada, estão associadas às obras estruturais da revitalização. Estas obras estão associadas à expectativa ou à sensação de efetiva diminuição das inundações e à criação de praças, ao aumento da segurança e à contenção de erosão. Por sua vez, as avaliações mais negativas estão associadas a piora de algum aspecto na qualidade ambiental, como o aumento da poluição por esgotos domésticos, por resíduos sólidos e pela presença de pragas (especialmente mosquitos). Observa-se que, ao mesmo tempo em que avançam as obras de canalização, os problemas relacionados aos resíduos sólidos e aos esgotos domésticos não tratados ou tratados apenas primariamente persistem, e as ações da PMSS neste sentido são menos perceptíveis.

Muitos moradores percebem e criticam a atuação negativa da própria população sobre o córrego, tanto pela ocupação irregular como por falta de conscientização ambiental. Dois entrevistados, M4 e M5, este último há 40 anos no local, relataram a ampliação de problemas ligados à urbanização não planejada. Utilizando-se o software *Google Earth*, é possível verificar a recente ocupação de uma área de 104 m² do Horto Florestal, que pertencia à extinta Fundação Zoobotânica (figura 38). A ocupação ocorreu

de maneira concomitante e/ou posterior à finalização das obras de revitalização da fase 1 (BASSÔA, 2017, quadro 2, página 21).

Figura 38. O círculo vermelho indica a mesma área do Horto Florestal de Sapucaia do Sul em dois momentos diferentes: na imagem à esquerda, de 20 de março de 2017, a área está coberta por vegetação; já na imagem à direita, de 13 de janeiro de 2020, quase três anos depois, observa-se a ocupação por moradias. As setas indicam a direção do fluxo do córrego José Joaquim.

Fonte: imagens obtidas através do software *Google Earth*.

Mais da metade dos entrevistados mencionou problemas com resíduos no córrego (M1, M2, M5, M6, M8, M14, M15, M17 e M18). Três destes entrevistados (M15, M16 e M17) ressaltaram o papel de pessoas que viriam de longe, de automóvel, trazer resíduos, pois supostamente enxergariam o córrego como um local para depósito de lixo, animais mortos, móveis etc. O entrevistado M18, morador há 20 anos do local, reclama da atividade de catadores de material reciclável, também moradores do entorno do córrego, que acabariam descartando os materiais sem valor comercial dentro dele. Essas percepções demonstram que problemas ambientais identificados, como o depósito irregular de resíduos sólidos e o lançamento de esgotos domésticos não tratados, não se restringem apenas à área próxima da sub-bacia do córrego José Joaquim, pois os sujeitos envolvidos podem vir de outros espaços e, assim como a questão da ocupação irregular, envolvem problemas sociais e econômicos mais amplos.

Alguns entrevistados relataram, espontaneamente, suas contribuições pessoais para a conservação do córrego. O residente M7, há 30 anos no local, utiliza um gancho para recolher resíduos como galhos que se acumulam em uma das pontes que cruzam o córrego, próxima à sua casa. Ele relata que faz isso sempre que há previsão de chuva, para evitar a obstrução da passagem da água e um possível transbordamento. O morador M15, também há 30 anos no local, relata que tem atuado, junto com outros vizinhos, de maneira vigilante para evitar o descarte de resíduos no leito do córrego e para o ajardinamento das margens.

Os entrevistados M14, M16 e M18 mencionaram uma alteração no uso da água

do córrego com o passar do tempo, de usos mais nobres para usos menos nobres, de maneira semelhante ao observado na análise da percepção ambiental do córrego Baleares, em Belo Horizonte (MG), realizada por Souza (2007 apud MACEDO, 2009). Segundo os entrevistados, no passado, a água era utilizada para atividades de contato direto, como recreação e lavagem de roupas. No presente, sua principal função é o afastamento e diluição de resíduos, esgotos e águas em excesso. Sobre este aspecto, Macedo (2009) aponta que a promoção da mudança de uso do curso fluvial, passando do uso sanitário para outros ligados ao lazer, mostra-se uma medida de revalorizá-lo dentro da paisagem.

Considerando as respostas apresentadas quanto à percepção sobre o córrego, à sua importância e às mudanças ocorridas ao longo do tempo (questões n. 8, 9 e 11), observou-se que 89% dos moradores de Sapucaia do Sul consultados apresentam uma concepção "antropocêntrica" sobre o córrego José Joaquim, enquanto a concepção naturalista esteve presente em 11% das respostas e a globalista não foi representada (exemplos apresentados no quadro 16). Portanto, a maioria dos entrevistados considera que é função do curso fluvial prestar serviços à população, sem atribuir uma importância ao córrego como parte de um ecossistema complexo. Essa observação vai ao encontro da avaliação feita por Coimbra (2014), de que o relacionamento entre o homem e o mundo natural é determinado pelas mais diferentes concepções, e que estas, em geral, têm focado no homem como agente externo de poder ilimitado e inquestionável sobre o meio ambiente.

Quadro 16. Exemplos de frases relacionadas às concepções dos recursos hídricos obtidas nas entrevistas.

Naturalista	**Antropocêntrica**
"O arroio é um fluxo da natureza que deve ser mantido e cuidado [...]" (M2) *"O arroio faz parte da natureza. Nossa geração ainda não sabe que precisa preservar. Se o arroio falasse, ele iria chorar [...]" /* "*Pessoas estragaram o arroio.*" (M10)	*"O arroio tem grande importância para a cidade. Há muito tempo as pessoas traziam animais, vacas, para beber água [...], ele ainda é usado para criação de peixes e animais."* (M18) *"O córrego serve para escoar os esgotos."* (M12)

A concepção antropocêntrica pode ser encontrada no pensamento higienista do tratamento das águas urbanas, que faz uso dos recursos hídricos como condutos de água sem valor ecológico. Restringir-se apenas à essa visão permite que as ações humanas continuem priorizando a lógica econômica imediatista em detrimento da lógica ambiental de sustentabilidade, colocando em risco o equilíbrio ambiental necessário à vida (COIMBRA, 2014). Porém, em vez de taxar uma concepção como "vilã" ou "totalmente incorreta", é necessário compreender que esta é apenas a "ponta de um iceberg",

refletindo o ideário corrente do indivíduo e da sociedade (MALAFAIA; RODRIGUES, 2009).

Alguns entrevistados chegaram a fazer referência a aspectos ecossistêmicos do curso fluvial, como o entrevistado M2, que identificou a importância do córrego e da vegetação ripária para a manutenção da umidade do ambiente, sem, no entanto, conseguir aprofundar esse pensamento de maneira holística, ou seja, ir além da visão antropocêntrica ou naturalista. Como a visão globalista demanda uma percepção mais complexa sobre o ser humano, o ambiente e suas relações, acredita-se que essa visão pode ser desenvolvida com a ampliação das atividades de educação ambiental e da participação social na gestão dos recursos hídricos, como através do Comitesinos, fomentando o debate sobre os problemas ambientais presentes na realidade local.

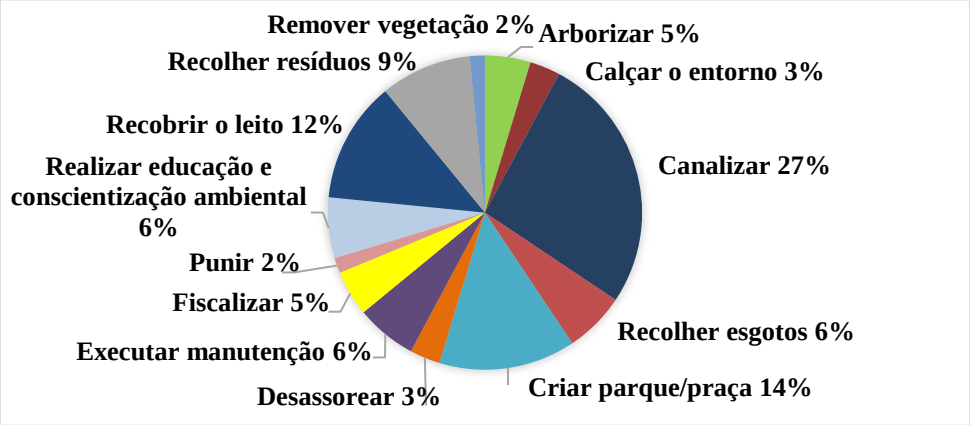
Os entrevistados também foram questionados se tiveram algum problema ou prejuízo relacionado ao córrego José Joaquim (questão n. 12). Sete entrevistados (37%) relataram prejuízos com inundações, em eventos antigos ou recentes. O quarto morador entrevistado (M4), sugeriu a existência de um sistema de alerta de inundações em funcionamento e apontou um equipamento instalado próximo de sua casa, mas afirmou que não sabe como funciona e que não recebeu informação através de canais oficiais de comunicação. O equipamento mencionado pelo entrevistado foi noticiado pela Comunicação Social da PMSS no site da Prefeitura, em três de agosto de 2016, e trata-se da estação hidrológica automática [2] instalada pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) (COMUNICAÇÃO SOCIAL PMSS, 2016). A 14ª moradora entrevistada (M14), que relatou as dificuldades de mobilidade trazidas pelas inundações para sua filha cadeirante — entre elas o resgate realizado por bombeiros no ano de 2013 —, foi questionada sobre a existência e funcionamento de um sistema de alerta de inundações, mas afirmou não ter conhecimento.

No último bloco de perguntas (questões n. 13 a 15), os entrevistados foram questionados sobre os cuidados quanto à água no meio urbano. Primeiramente, foi solicitado aos entrevistados que apontassem quais as medidas mais adequadas para manter ou melhorar a qualidade ambiental do córrego José Joaquim (questão n. 13), podendo-se escolher uma opção ou mais dentre as listadas ou, inclusive, sugerir outras.

[2] A estação faz parte do projeto "Desenvolvimento de Sistema de Previsão de Enxurradas, Inundações e Movimentos de Massa em Encostas para Prevenção de Desastres Naturais" que tem como objetivo transmitir dados de nível de água e precipitação em tempo real, permitindo ao Centro desenvolver sistemas pilotos de alerta de cheias e enxurradas (COMUNICAÇÃO SOCIAL PMSS, 2016). A pesquisadora não recebeu retorno da PMSS sobre o funcionamento atual de um sistema de alertas de inundações.

As medidas mais populares foram, em ordem: canalizar (manutenção onde já está canalizado e/ou execução em novos trechos), com 17 incidências (presente em 89% das respostas); criar parque ou praça no entorno do córrego, com nove incidências (47%); recobrir o leito do canal, acompanhando a canalização, com oito incidências (42%); recolher resíduos, com seis incidências (32%); realizar ações de educação e conscientização ambiental, executar manutenção (outra) e recolher esgotos, com quatro incidências cada (21%); arborizar e fiscalizar (outra), cada uma com três incidências (16%); desassorear o leito (dragar), calçar o entorno do córrego (outra) e dedetizar para acabar com os mosquitos (outra), com duas incidências cada (11%); e, por último, aplicar medidas punitivas para infratores ambientais (outra) e remover a vegetação para ampliar a segurança (outra), cada uma com uma citação (5%). A figura 39 apresenta a representatividade de cada medida para manter ou melhorar o córrego José Joaquim, em relação ao total de medidas propostas pelos entrevistados.

Figura 39. Proporção relativa de cada medida para manter ou melhorar a qualidade ambiental do córrego José Joaquim, conforme sugestões dos moradores entrevistados.



Aparentemente, as obras higienistas realizadas pela PMSS são bem recebidas pela população, que chega, inclusive, a sugerir o recobrimento do canal. Duas entrevistadas expressaram o desejo de que fosse seguido o modelo dos córregos João Corrêa, em São Leopoldo (RS), citado por M1, e Araçá, em Canoas (RS), citado por M14, ambos canalizados e recobertos em trechos que percorrem áreas urbanas (figura 40).

Figura 40. O córrego Araçá, em Canoas (RS), canalizado e recoberto por calçada, como mostra a fotografia, foi citado por uma entrevistada como exemplo positivo de tratamento das águas urbanas.

Fonte: arquivo pessoal da autora, 08 de março de 2020.

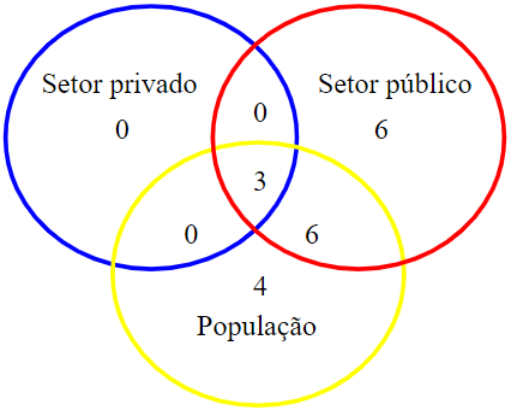
Apesar da população considerá-las como positivas, as obras higienistas no leito fluvial atuam sobre os impactos da urbanização depois destes já terem sido gerados, e têm sua eficiência a médio e longo prazo questionada (SOUZA, 2013), como já foi comentado neste trabalho. Essas obras não são, a princípio, aconselháveis para o córrego José Joaquim ou para outro córrego em área urbana. Somando-se a isso, associar o recobrimento do leito à canalização, através da eliminação da presença visual da água, prejudica a conscientização da população sobre a existência e a importância ecossistêmica do curso fluvial, tornando a sua recuperação ainda mais difícil (MACEDO, 2009).

Melhorias ambientais que não sejam facilmente visualizadas ou que apresentam resultados à médio e à longo prazo, como as da qualidade da água e do aumento da biodiversidade, não foram citadas pela população. Elas dificilmente serão desejadas ou percebidas pela população se não forem acompanhadas de obras estruturais, como áreas de lazer, ou de educação e conscientização ambiental (CASAGRANDE, 1997).

Ao se questionar sobre quem é responsável pelo gerenciamento e manutenção do córrego (questão n. 14, figura 41), as respostas foram variadas. Apesar disso, observa-se, com 13 citações, que 68% dos entrevistados apontaram alguma responsabilidade da população, sendo ela exclusiva ou compartilhada com os setores privado e público. O setor público foi considerado o principal responsável, sendo citado 15 vezes e aparecendo em 79% das respostas, e para 32% dos entrevistados é o único responsável. Nota-se que há uma pequena responsabilização do setor privado, com apenas três citações e

aparecendo em 16% das respostas. A responsabilidade do setor privado, assim como os problemas relacionados à poluição industrial e os possíveis conflitos de interesse no uso da água, estiveram presentes nas respostas dos entrevistados, embora isso não signifique que não sejam relevantes.

Figura 41. Os atores responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, segundo os entrevistados (número de citações).



Quanto à importância de atividades de educação ambiental e que incentivem a participação da população nas atividades de gerenciamento dos recursos hídricos (questão n. 15), traduzida em uma nota de importância de 1 a 5, 16 (84%) entrevistados opinaram que elas seriam importantes, nota 4, ou muito importantes, com nota 5. Essa constatação facilita futuras ações de educação ambiental com este grupo, pois observa-se certo favorecimento à temática ambiental (MALAFAIA; RODRIGUES, 2009).

Em resumo, a investigação da percepção ambiental dos moradores circunvizinhos ao córrego José Joaquim permitiu verificar que há, em geral, uma concepção antropocêntrica das águas urbanas (89%) e que existem lacunas sobre o pleno conhecimento do córrego, como por exemplo: qual é o seu percurso (ignorado por 42% dos entrevistados), qual é a sua importância histórica e ambiental (atribuída como muito pequena ou pequena para 28% dos entrevistados), e sobre as soluções no tratamento das águas urbanas (89% dos entrevistados desejam obras higienistas). Tais respostas indicam debilidades em programas de educação ambiental empreendidos anteriormente.

Sugere-se que futuras ações de educação ambiental possam debater os problemas locais levantados pelos próprios moradores (como excesso de escoamento, contaminação por esgotos domésticos e resíduos sólidos, presença de vetores de doenças e ocupações irregulares das margens do córrego), e demonstrem que existem soluções alternativas e mais adequadas àquelas adotadas nos córregos Araçá e João Corrêa. Com isso, espera-se

incentivar e instrumentalizar a participação social, com o objetivo de promover uma relação mais positiva entre a população e o curso fluvial (BERLINCK *et al.*, 2003).

Um exemplo de ação que poderia ser adotada inicial e imediatamente pela PMSS ou pelo Comitesinos é a produção de material informativo para ser distribuído para entidades não-governamentais, como associações de moradores organizadas por bairros, e de categorias, como pescadores, visando a promoção da participação social, utilizando como exemplo o trabalho desenvolvido por Cecato (2017) junto às associações de moradores de Porto Alegre (RS). Outra ação que poderia ser adotada é o monitoramento participativo dos recursos hídricos do município, através da aplicação do PAR-CA por moradores voluntários, pois essa é uma ferramenta que alia a avaliação de um aspecto da qualidade ambiental à promoção da educação e da conscientização ambiental, como foi mostrado ao longo da presente pesquisa.

5.3.2 Percepção dos funcionários da Prefeitura de Sapucaia do Sul

O primeiro bloco de questões identificou o perfil dos entrevistados (questões n. 1 a 7). Do total de funcionários entrevistados, seis eram do sexo masculino e quatro eram do sexo feminino, todos habitantes de Sapucaia do Sul. A idade dos entrevistados oscilou entre 25 e 61 anos, e o tempo de trabalho variou no intervalo de 10 a 30 anos, para cinco entrevistados (50%), e de zero a três anos, para três entrevistados (30%). Dois entrevistados não informaram há quanto tempo trabalhavam junto à PMSS (20%). Semelhante ao observado nas entrevistas com os moradores, houve incerteza e, possivelmente, desconforto com a questão de autodeclaração de classe social baseada em renda familiar per capita, não sendo possível apresentar esse dado para a pesquisa (sete entrevistados não souberam ou preferiram não responder à questão).

Os funcionários entrevistados ocupam cargos diversos junto à PMSS, como: oficial municipal, geólogo(a), engenheiro(a) civil, assistente de licenciamento ambiental e profissional da saúde (esses dados foram apresentados, aqui, de maneira geral e omitidos no Apêndice F para garantir o anonimato dos respondentes). Metade dos entrevistados possuía nível de ensino superior incompleto e a outra metade nível de educação superior completo.

A segunda seção de questões referiu-se à percepção da água no meio urbano (questões n. 8 a 12). Dos dez entrevistados, sete declararam “gostar” do córrego José Joaquim (70%) e três declararam “não gostar” (30%) (questão n. 8). Ao responder que

não gosta do córrego, o sexto funcionário entrevistado declarou: "*não gosto do jeito que está hoje*" (F6, com 19 anos de trabalho junto à PMSS), o que ele explica, depois, ser em razão da poluição por esgotos domésticos. Dos que afirmam gostar do córrego, a maioria associou a percepção positiva ao reconhecimento de uma importância inerente ao curso fluvial, como colocado pelo primeiro entrevistado: "*[...] é um dos, se não o, mais importante arroio em Sapucaia"* (F1, 10 anos de trabalho). Essa percepção mostra-se mais relacionada à percepção racional do que à sensorial, apontando que o reconhecimento da importância dos córregos urbanos para os ecossistemas naturais e sociais pode afetar a percepção do indivíduo em relação ao ambiente.

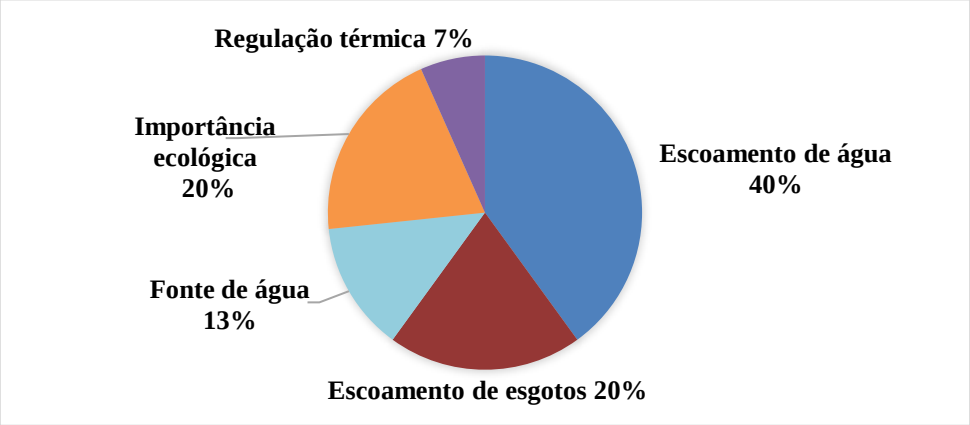
Quanto à qualidade da água (questão n. 9), nove funcionários consideram que a água está poluída (90%), contra uma opinião de que a água estaria em um nível intermediário (10%), nem limpa e nem poluída, apresentando um resultado bastante semelhante ao encontrado junto aos moradores do entorno do córrego (89% e 11%, respectivamente).

Instigados a relatar sobre as mudanças que ocorreram no córrego José Joaquim (questão n. 10), os funcionários F3 (sem informação do tempo de trabalho junto à PMSS), F6 e F7 (com 30 anos de trabalho) lembram que o córrego teria sido um curso de águas limpas, período no qual poderia ser usado para recreação e pesca. Os funcionários F1, F6, F8 (com 3 anos de trabalho), F9 (com 18 anos de trabalho) e F10 (3 anos de trabalho) destacaram a importância das ações da PMSS para canalizar e revitalizar o córrego, pois "*antes da obras de revitalização da fase 1, o córrego recebia mais esgotos in natura, e transbordava com facilidade em períodos de chuvas, atingindo centenas de famílias*" (F1), e os entrevistados F4 (sem informação do tempo de trabalho) e F5 (2 anos de trabalho) lembraram das manutenções realizadas para melhorar o fluxo de água no córrego.

Os entrevistados justificaram a importância e utilidade de córregos urbanos (questão n. 11), como o José Joaquim, destacando aspectos como: escoamento de água da chuva e das nascentes, com seis incidências (aparecendo em 60% das entrevistas); o escoamento de esgotos domésticos, preferencialmente após algum tratamento, mesmo que primário, com três incidências (30%); a importância ecológica, também com três incidências (30%); fonte de água, com duas incidências (20%); e regulação térmica, com uma incidência (10%). A figura 42 expressa a representatividade de cada aspecto de importância ou de utilidade de córregos urbanos, em relação ao total de aspectos indicados pelos entrevistados. A nota dada pelos entrevistados para a importância do

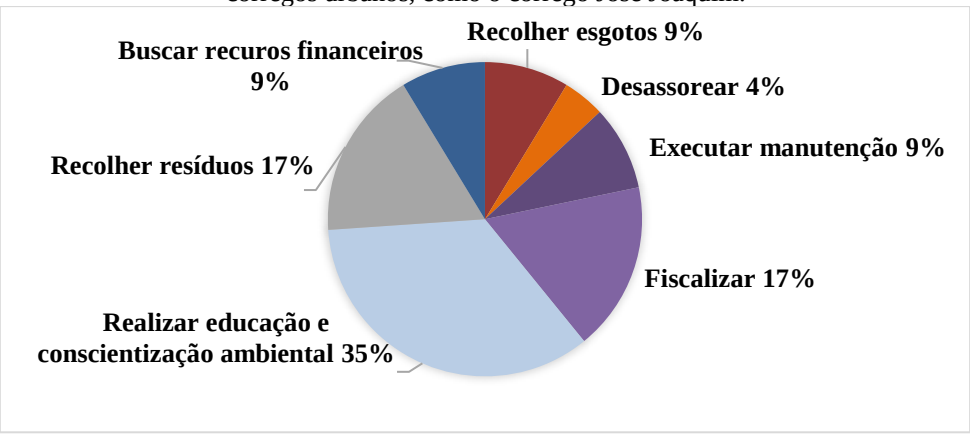
córrego foi a nota máxima, cinco, de maneira unânime (questão n. 12).

Figura 42. Proporção relativa de cada aspecto de utilidade ou de importância de córregos urbanos, conforme indicado pelos funcionários entrevistados.



A última seção de perguntas teve o objetivo de obter indícios de como os funcionários entendem que deve ser realizada a gestão dos recursos hídricos (questões n. 13 a 15), apontando as principais necessidades e dificuldades. Para gerenciar os córregos urbanos, na opinião dos funcionários entrevistados, as medidas que devem ser implantadas são (questão n. 13): realizar ações de educação e conscientização ambiental, com oito incidências (presente em 80% das respostas); recolher resíduos (limpeza e gerenciamento dos resíduos sólidos) e fiscalizar (ocupação das margens e ligações irregulares de esgotos), com quatro incidências cada (40%); executar manutenção, buscar recursos financeiros e recolher esgotos (com posterior tratamento), cada uma com duas incidências (20%); e desassorear o leito (dragar), com uma incidência (10%). A figura 43 mostra a representatividade de cada medida que deve ser realizada para gerenciar córregos urbanos, em relação ao total de medidas propostas pelos entrevistados.

Figura 43. Proporção relativa de cada medida sugerida pelos funcionários entrevistados para gerenciar córregos urbanos, como o córrego José Joaquim.

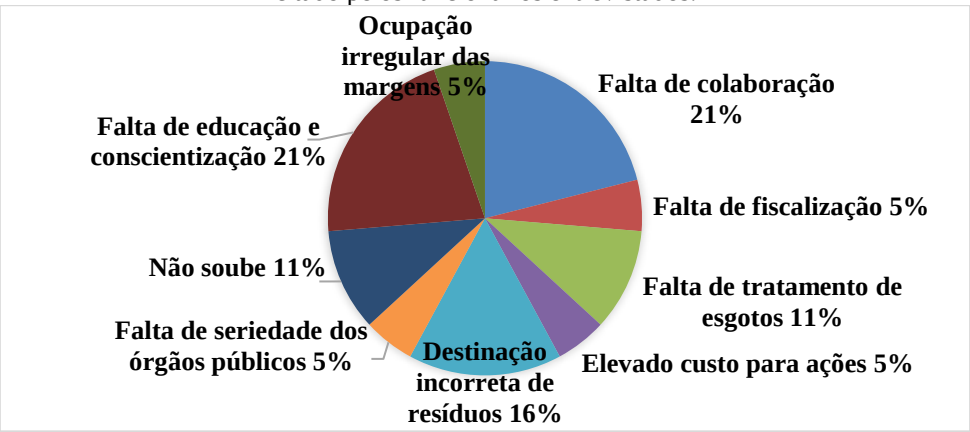


Protagonista do projeto de revitalização do córrego José Joaquim, a canalização do córrego não foi citada pelos funcionários como uma ação necessária na gestão dos recursos hídricos. Porém, ela aparece no relato dos funcionários sobre as mudanças históricas pelas quais o córrego passou, sendo destacada sua importância para: reduzir o transbordamento do córrego (F1 e F9), diminuir o recebimento de esgotos domésticos *in natura* (F1) e para melhorias estéticas (F8). O funcionário F6 pondera que "*apesar de estar sofrendo revitalização, o problema de poluição irá continuar até que seja feito o tratamento do esgoto que ele recebe."* Observa-se que ações mais sustentáveis, sejam elas alternativas ou complementares, não foram citadas.

Traçando-se um comparativo, as medidas apontadas como necessárias pelos funcionários parecem dialogar com os instrumentos indicadas para um Sistema de Gestão Ambiental Municipal, segundo o IBAMA (2006, ver página 22), nos itens educação ambiental, execução de projetos, fiscalização e recursos financeiros, ficando, aparentemente, ausentes os itens monitoramento da qualidade ambiental, legislação local, participação social e geração de informações. Nesse sentido, há aspectos importantes na gestão dos recursos hídricos da gestão ambiental municipal que podem estar sendo negligenciados, ao menos no que é possível inferir através das respostas fornecidas pelos funcionários municipais. Essas "lacunas" podem indicar a necessidade de capacitação e educação ambiental também junto aos técnicos, políticos e gestores envolvidos nos processos de tomada de decisão, para que estes sejam capazes de incorporar propostas mais modernas na gestão dos recursos hídricos.

Quanto às principais dificuldades enfrentadas para a gestão do córrego José Joaquim (questão n. 14), especificamente, os funcionários entrevistados relataram: falta de colaboração e apoio por parte da população para conservação do córrego e falta de educação e conscientização ambiental, com quatro incidências cada (presentes em 40% das respostas); destinação incorreta dos resíduos sólidos pela população, com três incidências (30%); falta de tratamento de esgotos, com duas incidências (20%); ocupação irregular das margens do córrego, elevado custo financeiro para realização de ações, falta de fiscalização efetiva e falta de seriedade de órgãos públicos, cada uma com uma incidência (10%). Dois funcionários não souberam ou preferiram não responder a questão (20%). A figura 44 expressa a representatividade de cada dificuldade para gestão do córrego José Joaquim, em relação ao total de dificuldades propostas pelos funcionários entrevistados.

Figura 44. Proporção relativa de cada dificuldade para a gestão do córrego José Joaquim, conforme citado pelos funcionários entrevistados.



A questão n. 15 abordou a à importância de ações de educação ambiental que incentivem a participação da população nas atividades de gestão dos recursos hídricos. Nas respostas, os funcionários foram unânimes em dar a nota máxima de importância, cinco. Eles atribuíram grande relevância a essas ações, consideradas fundamentais para se obter o apoio e a colaboração da população, o que evitaria o lançamento de resíduos e de esgotos no córrego e a ocupação das suas margens. Essa percepção pode contribuir para o desenvolvimento de programas de educação ambiental junto à comunidade, ou aprimoramento dos existentes, com o objetivo de buscar aliados e corresponsáveis na preservação do córrego.

Na elaboração da questão n. 15, em ambas as entrevistas, foi incorporada a ideia de que a educação ambiental e a participação ambiental estão associadas, porém, essa escolha impossibilitou saber se os moradores e funcionários entrevistados teriam uma opinião diferente caso as duas ações fossem colocadas separadamente. Entretanto, diferentemente da educação ambiental, a participação da população na tomada das decisões de gestão dos recursos hídricos não foi uma necessidade apontada pelos moradores (questão n. 13) e nem pelos funcionários (questões n. 13 e 14) nas respostas apresentadas previamente. Tal resultado corrobora o apontamento de Guedes e Maia (2011) de que ainda há falta de tradição democrática nos processos decisórios adotados pelo poder público, mesmo quando a participação social é assegurada legalmente, através do Conselho Municipal de Meio Ambiente (CONDEMA), do Comitesinos e da Câmara de Vereadores, entre outras instâncias.

A avaliação da percepção ambiental dos moradores e dos funcionários permitiu

identificar que há necessidade de discutir ações mais sustentáveis na gestão dos recursos hídricos (como a reversão da descaracterização dos córregos urbanos), temática ausente nas respostas dos entrevistados, e de programas de educação ambiental e participação social, considerando ambos como imprescindíveis para uma efetiva mudança da relação entre a população e o ambiente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da qualidade da água identificou que o córrego José Joaquim apresenta, em toda sua extensão, altos níveis de poluição por esgotos domésticos, chegando a ser comparável a um canal de escoamento de esgotos a céu aberto. Especialmente na segunda campanha de monitoramento (período mais seco) e na parte mais central e urbanizada da sub-bacia foram encontradas elevadas concentrações de coliformes termotolerantes, $DBO_{5,20}$, fosfato total, além de alta condutividade elétrica.

A qualidade da água superficial foi predominantemente compatível, em ambas as campanhas, com a Classe 4 da Resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005), impossibilitando usos mais nobres da água. Também, a aplicação do IQA-Comitesinos na segunda campanha conferiu a classificação de "ruim" às águas. Portanto, é inegável que as águas do córrego José Joaquim são de má qualidade, característica que o situa como mais um afluente poluído do Rio dos Sinos.

A melhora sanitária das águas do córrego José Joaquim depende da coleta e do tratamento dos esgotos domésticos do município, mas o problema da qualidade da água da bacia do Rio dos Sinos é mais amplo. A ETE Novo Esteio, como outras ETE, não conta com tratamento avançado dos esgotos domésticos, não tendo capacidade para remover eficientemente a matéria orgânica, coliformes termotolerantes, patógenos, fósforo, nitrogênio amoniacal e outras substâncias relacionados à ocupação e às atividades antrópicas, que acabam sendo despejadas no Rio dos Sinos junto com o efluente tratado. Medidas que possam se refletir na despoluição e preservação desse manancial devem englobar o aumento na eficiência do tratamento de esgotos e a substituição de elementos nos produtos e nos processos produtivos por outros menos poluentes.

Os resultados da avaliação da integridade física, através da adaptação e aplicação do PAR-CA, classificou o ambiente da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim como: "bom", no PR (170 pontos) e no P1 (130 pontos); "ruim", no P2 (15 pontos), no P3 (30 pontos) e no P4 (20 pontos); e "regular" no P5 (85 pontos). Revelou-se, assim, que além da degradação da qualidade da água, a sub-bacia apresenta significativos impactos antrópicos decorrentes da urbanização e da canalização do curso fluvial, prejudicando a disponibilidade de habitats para a biota e a integridade ecológica.

No PR, a avaliação da qualidade das águas foi mais apropriada do que a avaliação

de integridade física para perceber indícios de uma degradação ambiental que não era tão aparente. No P1, o protocolo apontou, junto com o decréscimo da qualidade da água, para uma leve redução da integridade física do ambiente. Nos pontos P2, P3 e P4, onde a qualidade da água estava degradada por esgotos domésticos, o protocolo registrou a deterioração da integridade física, através da identificação da canalização do leito (alteração antrópica), da presença de resíduos, da deposição de sedimentos e da remoção da vegetação ripária. No P5, tanto a avaliação da qualidade da água quanto a da integridade física apontaram para uma leve melhora nas características ambientais em relação aos pontos situados a montante. A avaliação da integridade física permitiu, portanto, a ampliação da compreensão sobre a qualidade ambiental do córrego e de seus afluentes.

Em síntese, os resultados da avaliação de aspectos da qualidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego José Joaquim apontam para um declínio da qualidade ambiental de montante para jusante, embora o declínio não seja constante devido a uma pequena melhora registrada no último ponto de avaliação (P5). A menor qualidade ambiental está associada às áreas em que a urbanização é mais significativa e onde o córrego está canalizado.

O restabelecimento da qualidade ambiental do curso fluvial necessita, além de melhor qualidade da água, que se aprimore o planejamento urbano das áreas ocupadas e que seja revertida a descaracterização física do curso fluvial ou que, por ora, seja interrompida a obra de ampliação da sua canalização. Se isso não ocorrer, a recuperação ambiental da sub-bacia do córrego José Joaquim ficará prejudicada e dificilmente poderá ocorrer em curto ou médio prazo.

O estudo da percepção ambiental, através de entrevistas com dezenove moradores do entorno do córrego José Joaquim, foi elucidativo para apontar, de maneira qualitativa, uma predominância de pensamento antropocêntrico junto aos moradores. A maioria dos entrevistados considera que é função do córrego prestar serviços sanitários à população, como o afastamento da água em excesso e diluição de esgotos domésticos não tratados, sem atribuir a ele a sua importância como integrante de um ecossistema complexo.

Revelou-se que a população tem consciência da poluição das águas do córrego José Joaquim. Do total de moradores entrevistados, a maioria deseja a exclusão integral do córrego da paisagem, através da canalização (89%) e/ou do recobrimento do seu leito (42%). Pouco mais da metade dos entrevistados conhece o percurso do córrego (52%), apesar de ele atravessar áreas centrais do município. As ações de gestão ambiental do

município parecem ser bem recebidas pela população, que aprova a revitalização do córrego José Joaquim, embora continue sendo identificado o lançamento de esgotos não tratados e de resíduos no seu leito. Percebe-se que, além da melhoria de aspectos da qualidade ambiental, é necessário, ainda, promover a revalorização do curso fluvial dentro da paisagem urbana.

Os funcionários da Prefeitura Municipal de Sapucaia do Sul entrevistados apontaram dificuldades para a gestão dos recursos hídricos, a saber: falta de apoio e colaboração da população (40%); falta de conscientização e educação ambiental (40%); destinação incorreta dos resíduos pela população (30%); e falta de tratamento de esgotos domésticos (20%). Chama atenção que a falta de tratamento de esgotos tenha sido lembrada apenas por dois entrevistados, dada a contaminação do córrego, explicitada nesta pesquisa.

A pesquisa de percepção ambiental permitiu identificar que há baixo incentivo à participação social nos processos de gestão ambiental e que ainda há predominância da visão higienista no tratamento das águas urbanas. Como potenciais para melhoria, visando alcançar a gestão sustentável dos recursos hídricos, aponta-se que tanto a população quanto os funcionários da Prefeitura reconhecem a importância de ações de educação e conscientização ambiental e que a população se reconhece como um dos agentes responsáveis pela gestão dos recursos hídricos.

Ações de educação e conscientização ambiental, indicando a importância dos cursos fluviais urbanos, são fundamentais para promoção de uma nova relação entre a população e o córrego José Joaquim. Junto com a capacitação dos técnicos e gestores municipais, essas ações podem viabilizar ações concretas de preservação ambiental. Nesse sentido, sugere-se a adoção do PAR-CA pela gestão municipal, uma ferramenta que alia o monitoramento participativo do córrego José Joaquim à educação e conscientização ambiental.

A avaliação dos três aspectos relacionados à qualidade ambiental apresentada nesta pesquisa e o banco de dados criado – composto por mapas e quadros – estão à disposição da população e, especialmente, dos técnicos e gestores municipais, oportunizando que se direcionem políticas públicas e estratégias para a recuperação ambiental da sub-bacia. Ressalta-se que há necessidade de trabalhos complementares que dêem continuidade à avaliação da qualidade da ambiental, a fim de conhecer a dimensão da degradação ambiental e acompanhar os resultados de ações de recuperação. Tem-se a expectativa de que o presente estudo tenha sido capaz de evidenciar os problemas

ambientais de maneira que eles não possam ser ignorados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA O GLOBO. Belo Horizonte discute se canalização dos rios contribuiu para tragédias. **Exame**. Disponível em: https://exame.com/brasil/belo-horizonte-discute-se-canalizacao-dos-rios-contribuiu-para-tragedias/. Acesso em 10 de agosto de 2020.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do arroio da Cria, Montenegro, RS, com aplicação de um índice de qualidade da água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 81-97, jan/mar 2003. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=37&SUMARIO=557&ST=avaliacao_sazonal_da_qualidade_das_aguas_do_arroio_da_cria_montenegro_rs_com_aplicacao_de_um_indice_de_qualidade_de_agua_iqa. Acesso em: 18 maio 2020.

ANTUNES, C. M. M. *et al*. Qualidade das águas e percepção de moradores sobre um rio urbano. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, v. 32, p. 75-87, junho 2014. Disponível em: http://www.rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/250. Acesso em: 18 maio de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9896: Glossário de poluição das águas — Terminologia**. Rio de Janeiro, 1993.

BARBOUR, M. T. *et al*. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers**: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish, Second Edition. Washington, D.C., [s.n.], 1999.

BARRELLA, W. *et al*. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2001, p. 187-207.

BASSÔA, F. Segunda fase de obras de canalização de arroio em Sapucaia está 50% concluída. **Correio do Povo**, Porto Alegre, 25 out. 2017. Disponível em: https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/cidades/segunda-fase-de-obras-de-canaliza%C3%A7%C3%A3o-de-arroio-em-sapucaia-est%C3%A1-50-conclu%C3%ADda-1.244985. Acesso em: 9 jan. 2020.

BENDATI, M. M. *et al*. Avaliação da qualidade da água do Lago Guaíba (Rio Grande do Sul, Brasil) como suporte para gestão da Bacia Hidrográfica. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: Abes, 2000. Não paginado.

BERLINCK, C. N. *et al*. Contribuição da educação ambiental na explicitação e resolução de conflitos em torno dos recursos hídricos. **Ambiente e Educação**, Rio Grande, v. 8, n. 1, p. 117-129, 2003. Disponível em: https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/901. Acesso em: 18 maio 2020.

BINDER, W. **Rios e córregos: preservar, conservar, renaturalizar**: a recuperação de rios, possibilidades e limites da engenharia ambiental. 3. ed. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2001.

BONTEMPO, V. L *et al*. Gestão de águas urbanas em Belo Horizonte: avanços e retrocessos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 9, n. 1, p. 5-16, jan./jun. 2012. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=2&ID=79&SUMARIO=897&ST=gestao_de_aguas_urbanas_em_belo_horizonte_avancos_e_retrocessos. Acesso em: 21 maio 2020.

BRAGA, B. *et al*. **Introdução à Engenharia Ambiental:** o desafio do desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União.** Brasília, v. 1, p. 58-63, 18 mar. 2005.

_____**.** Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União.** Brasília, 28 maio 2012.

_____. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da União.** Brasília, p. 9529, 16 set. 1965.

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União.** Brasília, 9 jan. 1997.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento:** Série Histórica 2019. Disponível em: http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#. Acesso em: 19 abr. 2020.

BRENNER, V. C. **Proposta metodológica para renaturalização de trecho retificado do rio Gravataí-RS**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Porto Alegre, 2016.

BROOKES, A. **Channelized rivers:** perspectives for environmental management**.** Chinchester: Wiley Interscience, 1988.

CALLISTO, M. *et al.*. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002. Disponível em: https://www.ablimno.org.br/publiActa.php?issue=v14n1. Acesso em: 20 maio 2020.

CAMPOS, J. C; NUCCI, J. C. Protocolo de avaliação rápida: uma proposta para rios urbanos. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 267-286, 2019. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/59176. Acesso em: 18 maio 2020.

CASAGRANDE, D. G. The human component on urban wetland restoration. In: _____ (Ed.). **Restoration of an urban salt marsh:** an interdisciplinary approach. Yale School of Forestry & Environmental Bulletin Series, New Haven, n. 100, p. 245-271, 1997. Disponível em: https://elischolar.library.yale.edu/yale_fes_bulletin/100. Acesso em: 18 maio 2020.

CECATO, B. de O. **Percepção ambiental das associações comunitárias de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, em relação ao Lago Guaíba e sua gestão participativa**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Porto Alegre, 2017.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2° ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COIMBRA, J. de A. A. Linguagem e percepção ambiental. In: PHILLIPPI JUNIOR, A; ROMERO, M. de A; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2014, p. 515-559.

COMITÊ DE PRESERVAÇÃO, GERENCIAMENTO E PESQUISA DA BACIA DO RIO DOS SINOS (COMITESINOS). **Utilização de um índice de qualidade da água no Rio dos Sinos**. Porto Alegre: COMITESINOS, 1990.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2018:** Apêndice D — Índices da Qualidade das Águas**.** São Paulo: CETESB, 2019a. Disponível em: https:// cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios. Acesso em: 21 maio 2020.

_____. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2018:** Apêndice E — Significado ambiental das variáveis. São Paulo: CETESB, 2019b. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios. Acesso em: 21 maio 2020.

COMUNICAÇÃO SOCIAL DA PREFEITURA MUNICIPAL DE SAPUCAIA DO SUL (PMSS). **Estação para monitoramento do arroio José Joaquim é instalada em Sapucaia**. 2016. Disponível em: http://www.sapucaiadosul.rs.gov.br/estacao-para-monitoramento-do-arroio-jose-joaquim-e-instalada-em-sapucaia/. Acesso em: 9 janeiro 2020.

_____. **Obra do Arroio José Joaquim está perto da conclusão**. 2019. Disponível em: http://www.sapucaiadosul.rs.gov.br/obra-do-arroio-jose-joaquim-esta-perto-da-conclusao/. Acesso em: 25 maio 2020.

_____. **Primeira fase da Obra do Arroio José Joaquim está quase concluída**. 2017. Disponível em: http://www.sapucaiadosul.rs.gov.br/primeira-fase-da-obra-do-arroio-jose-joaquim-esta-quase-concluida/. Acesso em: 25 maio 2020.

_____. **Segue obra do arroio José Joaquim com embelezamento de suas margens**. 2014. Disponível em: http://www.sapucaiadosul.rs.gov.br/segue-obra-do-arroio-jose-joaquim-com-embelezamento-de-suas-margens/. Acesso em: 25 maio 2020.

CORONA, H. M. P. **A reprodução social da agricultura familiar na região metropolitana de Curitiba em suas múltiplas interrelações**. 2006. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Curitiba, 2006.

COSTA, G. M. da. *et al*. Monitoramento químico e do potencial genotóxico para o diagnóstico da qualidade de corpos hídricos. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 65-74, jun. 2014. Disponível em: http://www.rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/249. Acesso em: 18 maio 2020.

DALLA COSTA, S. **Estudo da viabilidade de revitalização de curso d'água em área urbana:** estudo de caso no rio Córrego Grande em Florianópolis, Santa Catarina. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2008.

DAVIS, N.M. *et al*. An assessment of water quality, physical habitat, and biological integrity of an urban stream in Wichita, Kansas, prior to restoration improvements (phase I). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 44, n. 3, p. 351-359, abr. 2003. Disponível em https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-002-2043-0. Acesso em: 24 maio 2020.

DESLANDES, S. F. O projeto de pesquisa como exercício científico e artesanato intelectual. In: MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2012, cap. 2, p. 31-60.

DIAS, F. de A.; GOMES, L. A.; ALKMIM, J. K. de. Avaliação da qualidade ambiental urbana da bacia do Ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá/MT. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 23, n. 1, p. 127-147, jun. 2011. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/11389. Acesso em: 28 jul. 2020.

FERNANDES, M. **O que é faixa não edificável após a Lei nº 13.913/19 e a regularização de moradias em faixas de domínio de rodovias**. Disponível em: https://direitoambiental.com/o-que-e-faixa-nao-edificavel. Acesso em: 18 maio 2020.

FERNANDES, R. S. *et al*. Uso da percepção ambiental como instrumento de gestão em aplicações ligadas às áreas educacional, social e ambiental. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE -ANPPAS, 2., 2004, Indaiatuba. **Anais**... Belém: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 2004. Disponível em: http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT10/roosevelt_fernandes.pdf. Acesso em: 27 maio 2020.

FIA, R *et al*. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 267-275, jan./mar. 2015. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=176&SUMARIO=5046&ST=qualidade_da_agua_de_um_ecossistema_lotico_urbano. Acesso em: 18 maio 2020.

FINDLAY. S. J; TAYLOR, M. P. Why rehabilitate urban river systems? **Area**, v. 38, n. 3, p. 312-325, set. 2006. Disponível em: https://rgsibg.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-4762.2006.00696.x. Acesso em: 21 maio 2020.

FINKLER, R. Planejamento, manejo e gestão de bacias. **UNIDADE 1: Bacia hidrográfica**. 2012. Disponível em: http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf. Acesso em: 13 setembro 2019.

FIRMINO, P. F.; MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. de L. Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de rios localizados no município de Ipameri, sudoeste do estado de Goiás, através de um protocolo de avaliação rápida. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, v. 15, n. 2, p.1-12, jul./dez. 2011. Disponível em: https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/bjast/article/view/2102. Acesso em: 26 maio 2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). **Limite Estadual**: base cartográfica digital do RS 1:250.000. 2005a. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp. Acesso em: 26 jul. 2020.

_____. **Limite Municial**: base cartográfica digital do RS 1:250.000. 2005b. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp. Acesso em: 26 jul. 2020.

_____. **Recursos Hídricos - polígonos**: base cartográfica digital do RS 1:250.000. 2005c. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp. Acesso em: 26 jul. 2020.

_____. **Qualidade Ambiental: Região Hidrográfica do Guaíba, índice da qualidade das águas**. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitor_agua.asp. Acesso em: 22 jul. 2020.

_____. **Relatório da qualidade da água superficial no Estado do Rio Grande do Sul 2019**. 2019. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/noticias/arq/aguas_QUALIDADE_AGUA_SUPERFICIAL_RS.pdf. Acesso em: 28 julho 2020.

GARCIAS, C. M.; AFONSO, J. A. C. Revitalização de rios urbanos. **Gesta — Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, Salvador, v. 1, n. 1, p. 131-144, 2013. Disponível em: https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7111 Acesso em: 18 maio 2020.

GAÚCHA ZH. **CORSAN projeta ampliação de tratamento de esgoto com PPPs para mais 18 municípios**. 2019. Disponível em: https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2019/12/corsan-projeta-ampliacao-de-tratamento-de-esgoto-com-ppps-para-mais-18-municipios-ck4lpfhct007l01k8b1yiecb7.html. Acesso em: 16 maio 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GONÇALVES, F. de S. **A expansão urbana sobre o relevo do município de Sapucaia do Sul-RS**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Porto Alegre, 2013.

GONZATTO, M. Os maiores desastres ambientais do RS: o que eles ensinaram aos gaúchos. **Gaúcha ZH**, Porto Alegre, 21 set. 2017. Especiais. Disponível em: http://especiais.zh.clicrbs.com.br/especiais/desastres-ambientais. Acesso em: 9 nov. 2018.

GUEDES, J. A.; MAIA, J. L. Percepção ambiental dos recursos hídricos no município de Francisco Dantas, RN. **Sociedade e Território**, v. 23, n. 2, p. 90-106, jul./dez. 2011. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/3501. Acesso em: 9 nov. 2019.

GUIMARÃES, A.; RODRIGUES, A. S. de L.; MALAFAIA, G. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de rios para ser usado por estudantes de ensino fundamental. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 241-260, dez. 2012. Disponível em: http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/996. Acesso em: 26 maio 2020.

HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T.; RESH, V. H. Training reduces observer variability in visual-based assessment of stream habitat. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 16, n. 4, p. 853-860, 1997. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/1468176?seq=1. Acesso em: 28 de julho de 2020.

HECK, T. M. da S. *et. al*. Avaliação da água através de parâmetros microbiológicos e físico-químicos em áreas populacionais do arroio Luiz Rau, afluente do rio dos Sinos, Município de Novo Hamburgo, RS. **Conhecimento Online**, Novo Hamburgo, v.2, s/n, p. 105-117, jul./dez. 2017. Disponível em: https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistaconhecimentoonline/article/view/1146. Acesso em: 20 maio 2020.

HERRICK, E. E. Water quality issues in river channel restoration. In: BROOKES, A.; SHIELDS JR. F. D. (Ed.). **River channel restoration: guiding principles for sustainable projects**. Chinchester: John Wiley & Sons, 1996, p. 179-199.

HINATA, S. da S. **Qualidade da água associada ao cultivo de banana na sub-bacia hidrográfica do rio das Pacas- RS**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Porto Alegre, 2014.

HOEFFEL, J. L; SORRENTINO, M; MACHADO, M. K. Concepções sobre a natureza e sustentabilidade um estudo sobre percepção ambiental na bacia hidrográfica do rio Atibainha, Natureza Paulista/SP. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE -ANPPAS, 2., 2004, Indaiatuba. **Anais**... Belém: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 2004. Disponível em: http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT10/luis_hoffel.pdf. Acesso em 29 de julho de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Tabela 3928. Média anual do Índice de Qualidade das Águas - IQA, em corpos d'água selecionados. **Indicadores do Desenvolvimento Sustentável (IDS) Edição 2017**. 2017. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3928. Acesso em: 27 jun. 2020.

_____. **Manuais técnicos em geociências 7:** manual técnico de uso da terra. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf. Acesso em: 16 jul. 2020.

_____. **Cidades**. Panorama. Sapucaia do Sul. 2020. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/sapucaia-do-sul/panorama. Acesso em: 29 de julho de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Cadernos de Formação Volume 1:** Política Nacional de Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2006. Disponível em: https://www.mma.gov.br/ estruturas/dai_pnc/_arquivos/volume1.pdf. Acesso em: 11 dez. 2019.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Plano de Manejo RPPN Fazenda Morro Sapucaia**. 2007. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/rppn_fazenda_morro_sapucaia_pm.pdf. Acesso em: 29 maio 2020.

JORDAO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Abes, 2017.

LAGANARO, R. A; ARNESEN, A. S; MACEDO, A. Técnicas de avaliação de gosto e odor utilizadas em águas para abastecimento público pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). In: CONGRESSO ABES/FENASAN, edição do congresso, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABES, 2017. Disponível em: http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/ TrabalhosCompletosPDF/I-373.pdf. Acesso em: 18 maio 2020.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento da água**. Campinas: Átomo, 2016.

LIMA, W. de P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas.** 2ª ed. Piracicaba: USP, 2008, 253p.

LOBO, E. A.; VOOS, J. G.; ABREU JÚNIOR, E. F. de. Utilização de um protocolo de avaliação rápida de impacto ambiental em sistemas lóticos do sul do Brasil. **Caderno de Pesquisa Série Biologia**, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 1, p. 18-32, 2011. Disponível em: https://online.unisc.br/seer/index.php/cadpesquisa/article/view/4726. Acesso em: 18 maio 2020.

MACEDO, D. R. **Avaliação de projeto de restauração de curso d'água em área urbanizada: estudo de caso no Programa DRENURBS em Belo Horizonte**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2009.

MACEDO, D. R.; CALLISTO, M.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Restauração de cursos d'água em áreas urbanizadas: perspectivas para a realidade brasileira. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 127-139, jul./set. 2011. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=2&SUMARIO=32&ST=. Acesso em: 18 maio 2020.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; MARQUES, C. P. M. Artificialização de cursos d'água urbanos e transferência de passivos ambientais entre territórios municipais: reflexões a partir do caso do Ribeirão Arrudas, Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO (APPURBANA), 3., 2014, Belém. **Anais**... Belém: UFPA, 2014. Disponível em: http://anpur.org.br/app-urbana-2014/anais/html/gt1.html. Acesso em: 18 maio 2020.

MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. de L. Percepção ambiental de jovens e adultos de uma escola municipal de ensino fundamental. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 266-274, jul./set. 2009. Disponível em: http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1178. Acesso em: 18 maio 2020.

MARQUES, P. P. Programa de Qualidade de Águas. **A Água em Revista**, v.1, n.1, p. 35-41, nov.1993. Disponível em: http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/docreader.aspx?bib=Revistas&pasta=A%20Agua%20em%20Revista&pesq=. Acesso em: 20 maio 2020.

MELAZO, G. C. Percepção ambiental e educação ambiental: uma reflexão sobre as relações interpessoais e ambientais no espaço urbano. **Olhares & Trilhas**, Uberlândia, v. 6, n. 1, p. 45-51, 2005. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/olharesetrilhas/article/view/3477. Acesso em: 27 maio 2020.

MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD, A. C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: aspectos físicos. **Revista Saúde e Ambiente**, Joinville, v. 7, n.1, p. 39-47, 2006.

MINAYO, M. C. S. Trabalho de campo: contexto de observação, interação e descoberta. In: _____ (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2012, p. 61-77.

MORETTI, R de S. Recuperação de cursos d'água e terrenos de fundo de vale urbanos: a necessidade de uma ação integrada. **Bioikos**, Campinas, v. 19, n. 1/2, p.17-21, jan./dez. 2005. Disponível em: https://seer.sis.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/bioikos/article/view/859. Acesso em: 21 maio 2020.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da qualidade da água do arroio Portão, Portão, RS. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 32, n. 1, p. 27-35, maio/ago. 2005. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/19535. Acesso em: 3 abr. 2020.

NAIME, R; NASCIMENTO, C. A. Monitoramento de metais pesados no arroio Pampa em Novo Hamburgo/RS. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n. 2, p. 433-450, maio/ago. 2009a. Disponível em: http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=234&layout=abstract. Acesso em: 20 maio 2020.

_____. Monitoramento físico-químico e microbiológico das águas do arroio Pampa em Novo Hamburgo/RS. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 410-432, maio/ago. 2009b. Disponível em: http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=235&layout=abstract. Acesso em: 20 maio 2020.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) spatial metadata dataset**. Sioux Falls, South Dakota: U.S. Geological Survey, 2002.

OLIVEIRA, E. L. de A.; RECKZIEGEL, B. W.; ROBAINA, L. E. de S. Modificações na morfologia dos canais de drenagem da bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria/RS. **RAEGA — O espaço geográfico em análise**, Curitiba, v. 11, [s.n.], p. 103-113, 2006. Disponível em https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/7752. Acesso em: 18 maio 2020.

OLIVEIRA, K. A. de; CORONA, H. M. P. A percepção ambiental como ferramenta de propostas educativas e de políticas ambientais. **ANAP Brasil**, v. 1, n. 1, p. 53-71, jul 2008. Disponível em: http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/anap_brasil/article/view/4. Acesso em: 27 maio 2020.

OLIVEIRA, L. de. O lixo urbano: um problema de percepção ambiental. In: SIMPÓSIO ANUAL DA ACIESP, 7., 1983, São Paulo. **Anais…** São Paulo: [s.n.], 1983, p. 48-56.

PADIN, G. **História de São Paulo explica crises com chuvas e enchentes na cidade**. Disponível em: https://noticias.r7.com/sao-paulo/historia-de-sao-paulo-explica-crises-com-chuvas-e-enchentes-na-cidade-16022020. 2020. Acesso em: 27 fev. 2020.

PAUL, M. J.; MEYER, J. L. Streams in urban landscape. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, n. 1, p. 333-65, nov. 2001. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114040. Acesso em: 24 maio 2020.

PAVANELLI, L. **Comerciantes de BH contabilizam prejuízo de R$ 41 milhões com chuva**. 2020. Disponível em: https://noticias.r7.com/minas-gerais/comerciantes-de-bh-contabilizam-prejuizo-de-r-41-milhoes-com-chuva-03022020. Acesso em: 27 fev. 2020.

PENTEADO, A. de F; FUJIMOTO, N. S. V. M. Análise dos aspectos físicos e das intervenções antrópicas na bacia hidrográfica do arroio Kruze-RS. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 1-19, jul./dez. 2006. Disponível em https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/6837/4855. Acesso em: 20 maio 2020.

PEREIRA, P. P; ITO, A. H. Efeitos da urbanização e soluções sustentáveis para o sistema de drenagem. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 12, n. 1, p. 183-195, nov 2017. Disponível em: http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/2254. Acesso em: 29 de julho de 2020.

PINHEIRO, A *et al*. Concentrações e cargas de nitrato e fosfato na Bacia do Ribeirão Concórdia, Lontras, SC. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 17, n.1, p. 86-93, jan. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n1/v17n01a12.pdf. Acesso em: 29 maio 2020.

POL, J. J. *et. al*. Avaliação ambiental da água superficial do arroio Schmidt (Campo Bom, RS), por meio de análises físico-química, biológica e toxicológica em dois pontos. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 159-171, jul/set 2019. Disponível em: http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/7101. Acesso em: 26 maio 2020.

POMPEO, C. A. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 15-23, jan./mar. 2000. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=46&SUMARIO=656&ST=drenagem_urbana_sustentavel. Acesso em: 18 maio 2020.

POMPEO, C. A.; RIGOTTI, J. A.; FREITAS FILHO, M. D. Urban stream condition assessment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN DRAINAGE, 12., 2011, Porto Alegre. **Anais**… Porto Alegre: ABRH, 2011, p. 1-7.

PORTO, R.L. *et al*. Drenagem urbana. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2ª ed. Porto Alegre: UFRGS & ABRH, 2000, p. 805-848.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SAPUCAIA DO SUL (PMSS). **Plano Municipal de Saneamento Básico:** Relatório do Diagnóstico (minuta). Sapucaia do Sul: [s.n.], 2014.

_____. **Termo de Referência para elaboração de estudo de concepção para gestão das águas pluviais:** manejo de águas pluviais e drenagem urbana da bacia do arroio José Joaquim. 2011. Disponível em: http://www.sapucaiadosul.rs.gov.br/wp-content/uploads/2014/07/TR-SAPUCAIA-FINAL-_2011-Arroio-JJ_Rev01.pdf. Acesso em: 18 maio 2020.

PROFILL. **Contratação de serviços de consultoria relativos ao processo de planejamento Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, Fase C, Relatório Técnico 2 (RT2) Fase B:** Complementação do Enquadramento. Disponível em: https://www.sema.rs.gov.br/g020-bacia-hidrografica-do-rio-dos-sinos. Acesso em: 20 maio 2020.

RADTKE, L. **Protocolos de avaliação rápida:** uma ferramenta de avaliação participativa de cursos d'água urbanos. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Santa Maria, 2015.

RANGEL, M. L. **A percepção sobre a água na paisagem urbana:** bacia hidrográfica da barragem Mãe D'Água — região metropolitana de Porto Alegre-RS. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, 2008.

REIGOTA, M. A. S. **Meio ambiente e representação social**. 7ª ed. São Paulo: Cortez, 2007.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, v., p., 1º jan. 1995.

RITTER, J. **Informação nº 119/2020**. Departamento de Controle de Esgotos (DECE), Superintendência de Tratamento (Sutra), Diretoria de Operações, Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). Porto Alegre, 11 maio 2020. Arquivo digital.

RODRIGUES, A. S. de L. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais). Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Ouro Preto, 2008.

RODRIGUES, A. S. de L.; CASTRO, P. de T. A. Adaptation of a rapid assessment protocol for rivers on rocky meadows. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 20, n. 4, p. 291-303, 2008a. Disponível em: https://www.ablimno.org.br/acta/pdf/03_200409.pdf. Acesso em: 27 maio 2020.

_____. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 161-170, jan/mar 2008b. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=15&SUMARIO=188&ST=protocolos_de_avaliacao_rapida_instrumentos_complementares_no_monitoramento_dos_recursos_hidricos. Acesso em: 18 maio 2020.

RODRIGUES, A. S. de L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. de T. A. Protocolos de avaliação rápida de rios e a inserção da sociedade no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 143-155, 2008. Disponível em: http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/160 Acesso em: 26 maio 2020.

RODRIGUES, M. L. *et al*. A percepção ambiental como instrumento de apoio na gestão e na formulação de políticas públicas ambientais. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 21, suppl. 3, p. 96-110, dez 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/sausoc/v21s3/09.pdf. Acesso em: 18 maio 2020.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Porto Alegre, 2011.

RUTHERFURD, I. D.; JERIE, K.; MARSH, N. **A rehabilitation manual for Australian streams**. Brisbane: Co-operative Research Centre for Catchment Hydrology, 2000.

SANDER, C. *et al*. Intervenções antrópicas em canais fluviais em áreas urbanizadas: rede de drenagem do igarapé Caranã, Boa Vista-RR. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 6, n. 12, p. 59-84, maio/ago. 2012. Disponível em: https://revista.ufrr.br/actageo/article/view/730. Acesso em: 26 maio 2020.

SANTOS, H. G. dos *et al*. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, K. P. dos; KOPP, K.; OLIVEIRA, W. N. de. Métodos de avaliação rápida da integridade ambiental aplicados à Bacia do Ribeirão Sozinha, Goiás. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 462-471, abr./jun. 2015. Disponível em:https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=157&SUMARIO=5071&ST=metodos_de_avaliacao_rapida_da_integridade_ambiental_aplicados_a_bacia_do_ribeirao_sozinha_goias. Acesso em: 18 maio 2020.

SAPUCAIA DO SUL. Lei nº 2846, de 11 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor, as diretrizes, adequando-o ao estatuto das cidades e dá outras providências. **Diário Oficial de Sapucaia do Sul.** Sapucaia do Sul, 2006.

SARAIVA, P. D. L. **Influência das ações antropogênicas no transporte de carbono, nitrogênio e fósforo particulado em bacias hidrográficas no sul da Bahia**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais, Ilhéus, 2018.

SCHMEIER, N. P. **Bioengenharia na recuperação das margens do arroio Forquetinha/RS**. 2012. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Centro Universitário Univates. Programa de Graduação em Engenharia Ambiental, Lajeado 2012.

SCHWARZBOLD, A. O que é um rio? **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 21, [s.n.], p. 57-68, jul./dez. 2000.

SEPE, P. M; PEREIRA, H. M. S. B; BELLENZANI, M. L. O novo Código Florestal e sua aplicação em áreas urbanas: uma tentativa de superação de conflitos? In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO - APPURBANA, 3., 2014, Belém. **Anais**... Belém: UFPA, 2014. http://anpur.org.br/app-urbana-2014/anais/ARQUIVOS/GT2-243-120-20140710190757.pdf. Acesso em: 18 maio 2020.

SERVIÇO DE APOIO A MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO RIO GRANDE DO SUL (SEBRAE-RS). **Perfil das cidades gaúchas, 2020, Sapucaia do Sul**. Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2019. Disponível em https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Sapucaia_do_Sul.pdf. Acesso em: 28 maio 2020.

SOUZA, J. R. de *et. al*. A importância da qualidade da água e seus múltiplos usos: caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista eletrônica do Prodema (REDE)**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 26-45, abril 2014. Disponível em: http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217. Acesso em: 22 jul. 2020.

SOUZA, V. C. B. de. Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade. **Gesta — Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, Salvador, v. 1, n. 1, p. 57-72, 2013. Disponível em: https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105. Acesso em: 18 maio 2020.

SUESS, R. C; BEZERRA, R. G; CARVALHO SOBRINHO, H. de. Percepção ambiental de diferentes atores sobre o lago do Abreu em Formosa - GO. **HOLOS**, Natal, ano 29, v. 6, p. 241-258, 2013. Disponível em: http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1287. Acesso em: 13 dez. 2019.

TONELLO, M. F. *et. al*. Situação ambiental do igarapé Mirandinha (canalização). **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 2, n. 4, p. 41-55, jul./dez. 2008. Disponível em: https://revista.ufrr.br/actageo/article/view/195. Acesso em: 18 maio 2020.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. 3ª ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 399-432.

_____. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, janeiro 2008a. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295. Acesso em: 24 maio 2020.

_____. Gerenciamento integrado das águas inundações urbanas no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 1, n.1, p. 59-73, jan./jun. 2004. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=2&ID=63&SUMARIO=787&ST=gerenciamento_integrado_das_inundacoes_urbanas_no_brasil. Acesso em: 25 maio 2020.

_____. Gestão integrada das águas urbanas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 5, n. 2, p. 71-81, jul./dez. 2008b. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=2&ID=72&SUMARIO=863&ST=gestao_integrada_das_aguas_urbanas. Acesso em: 24 maio 2020.

_____. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. de. (Org.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1995, p. 15-31.

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS (UNISINOS); CONSÓRCIO PRÓ-SINOS; COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS (COMITESINOS). **Plano Sinos — Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos Meta 3:** Atividade 3.3 — Síntese da Situação Atual dos Recursos Hídricos, Revisão 1. Disponível em: http://www.prosinos.rs.gov.br/downloads/Meta%203%20-%20Ativ.%203.3%20-%20Situa%C3%A7%C3%A3o%20Rec.%20H%C3%ADdricos.pdf. Acesso em: 18 maio 2020.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). SENTINEL 2A. MSI. Nível 1C. **L1C_T22JDN_A025203_20200419T132233**. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/scene/metadata/full/5e83a42ca9977c30/10185471/. Acesso em: 25 set. 2020.

VARGAS, J. R. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida na caracterização da qualidade ambiental de duas microbacias do rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 161-168, jan./mar. 2012. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=61&SUMARIO=811&ST=aplicacao_de_um_protocolo_de_avaliacao_rapida_na_caracterizacao_da_qualidade_ambiental_de_duas_microbacias_do_rio_guandu_afonso_claudio_es. Acesso em: 18 maio 2020.

VARGAS, M. O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, s/v, n. 5, p. 109-134, jul./dez. 1999. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X1999000200009&lng=en&nrm=isoMARIO=811&tlng=pt. Acesso em: 21 maio 2020.

VON SPERLING, E. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

_____. Qualidade da água. In: PRUSKI, F. F. & SILVA, D. D. (Org.). **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável na agricultura**. Viçosa: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1997, p. 89-113.

WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C.J.S. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia, 2004. Disponível em: http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo. Acesso em: 28 maio 2020.

WERNEK, G. A BH das 200 enchentes. **Jornal Estados de Minas**, Belo Horizonte, 7 de janeiro de 2012. Seção Gerais. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2012/01/07/interna_gerais,271132/a-bh-das-200-enchentes.shtml. Acesso em: 27 fev. 2020.

WHITE, A. V. T. **La perception de l'environnement: lignes directives méthodologiques pour les études sur le terrain**. Paris: UNESCO, 1978. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000024707_fre. Acesso em: 27 maio 2020.

WREGE, M. S. *et al*. (ed.). **Atlas Climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 2ª ed. Brasília: Embrapa, 2012. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1045852/atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil-estados-do-parana-santa-catarina-e-rio-grande-do-sul. Acesso em: 28 maio 2020.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZENI, A *et al*. Comparação da qualidade da água entre o Rio dos Sinos no ponto de captação de água bruta para abastecimento público e seu afluente arroio Pampa. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 5., 2016, Bento Gonçalves. **Anais**... Bento Gonçalves: Fundação PROAMB, 2016. Disponível em: https://siambiental.ucs.br/congresso/anais/trabalhosTecnicos?ano=2016. Acesso em: 20 maio 2020.

APÊNDICE A – Comparação entre os principais protocolos adaptados no Brasil (PAR-DH, PAR-RR e PAR-CR), o protocolo-base (PAR-RU) e o protocolo-resultante (PAR-CA) - aspectos e parâmetros.

Aspecto	PAR-DH	PAR-RR	PAR-CR	PAR-RU	PAR-CA
Autores	Callisto *et al*. (2002)	Minatti-Ferreira e Beaumord (2006)	Rodrigues (2008) e Rodrigues e Castro (2008b)	Campos e Nucci (2019)	-
Protocolos originais (modelos para adaptação)	Hannaford, Barbour e Resh (1997) e EPA (1987).	Barbour e Stribling (1991, 1994).	Barbour *et al.* (1999).	Callisto *et al*. (2002) e Rodrigues e Castro (2008b).	Campos e Nucci (2019), Minatti-Ferreira e Beaumord (2006) e Rodrigues (2008)
Título	PAR de Diversidade de Habitats em Trechos de Bacias Hidrográficas.	PAR de Integridade Ambiental para Ecossistemas de Rios e Riachos: Aspectos Físicos.	PAR para o Monitoramento e Avaliação Ambiental de cursos d'água inseridos em Campos Rupestres.	PAR para Rios Urbanos.	PAR da Integridade Física para Córregos Antropizados.
Número de parâmetros	22	6	Alto curso: 10. Baixo curso: 11. (total de 13 parâmetros diferentes)	12	Alto curso: 15. Baixo curso: 15 (total de 16 parâmetros diferentes)
Categorias de classificação por parâmetro (pontos)	Parâmetros 1 a 10: situação natural (4), leve (2) ou severamente alterada (0). Parâmetros 11 a 22: situação natural (5), levemente (3 a 2) ou severamente alterada (0).	Ambiente ótimo (20), bom (15), razoável (10) e ruim (5).	Situação ótima (de 16 a 20), boa (de 11 a 15), regular (de 6 a 10) e péssima (de 0 a 5).	Condição do rio boa (10), regular (5) ou ruim (0)	Ambiente bom (10), regular (5) ou ruim (0)

APÊNDICE A - Continuação (1/6)

Aspecto		PAR-DH	PAR-RR	PAR-CR	PAR-RU	PAR-CA
Categoria de classificação por trecho avaliado (pontos)		Situação natural (acima de 61), alterada (de 41 a 60) e impactada (de 0 a 40).	Ambiente ótimo (120 a 110), bom (105 a 90), razoável (85 a 70), ruim (65 a 50) e péssimo (45 a 30).	Alto curso: situação ótima (200 a 151), boa (150 a 101), regular (100 a 51) e péssima (50 a 0); Baixo curso: situação ótima (220 a 166), boa (165 a 111), regular (110 a 56) e péssima (55 a 0).	Condição do rio boa (80 a 120), regular (40 a 80) e ruim (0 a 40)	Ambiente bom (acima de 120), regular (65 a 115) e ruim (abaixo de 60).
Área de estudo/bioma		Mata Atlântica, RJ, e Cerrado, MG (aplicado no Parque Nacional do Bocaina e no Parque Nacional da Serra do Cipó).	Mata Atlântica, SC (aplicado na bacia hidrográfica do rio Itajaí-Mirim)	Cerrado (campo sujo e campo limpo), MG (aplicado no Parque Estadual do Itacolomi)	Paisagens urbanas (aplicado no rio Palmital, região metropolitana de Curitiba, PR)	Paisagens urbanas no trecho baixo da bacia do Rio Sinos, RS (aplicado à sub-bacia do José Joaquim, em Sapucaia do Sul)
Parâmetro		**PAR-DH**	**PAR-RR**	**PAR-CR**	**PAR-RU**	**PAR-CA**
Alterações antrópicas	Impactos na estrutura do canal fluvial	(17) Presença ou ausência de modificações antrópicas no canal fluvial e proporção relativa (%) de modificações nas margens.	Não avalia.	(8) Análogo à Callisto *et al*. (2002)[12].	(5) Presença ou ausência de alterações como aterros, barragens, estabilização das margens etc.	(1) Presença ou ausência de modificações antrópicas no canal fluvial e proporção relativa (%) de canalização[12].

APÊNDICE A – Continuação (2/6)

Parâmetro		PAR-DH	PAR-RR	PAR-CR	PAR-RU	PAR-CA
Alterações antrópicas	Impactos nas margens (poluição pontual)	(3) Presença ou ausência de alterações visíveis como resíduos, canalização etc.	Não avalia.	Não avalia.	(4) Presença ou ausência de lançamentos de efluentes líquidos e resíduos sólidos.	(2) e (3) Presença ou ausência de fontes de poluição pontual, separados em canalizações de esgoto e resíduos[12].
	Impactos no entorno (poluição difusa)	(1) Tipo de ocupação predominante nas margens (vegetação natural, residencial, agricultura etc.).	Não avalia.	Não avalia.	(3) Análogo à Callisto *et al.* (2002).	(4) Tipo de ocupação predominante na bacia hidrográfica (acima de 50 %)[12].
Estrutura física	Deposição de sedimentos	(16) Presença ou ausência de deposição de sedimentos em poços e remansos e proporção relativa (%) do fundo coberto por sedimentos.	Não avalia.	(6) Análogo à Callisto *et al*. (2002)[12].	(6) Presença de feições deposicionais, deposição de cascalhos novos, sedimento fino etc.	(5) Análogo à Campos e Nucci (2019)[12].
	Diversidade de poços	Não avalia	Não avalia.	(5) Presença ou ausência de diferentes tipos de poços (tamanho e profundidade)[2].	Não avalia.	Não avalia.
	Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	(2) Presença ou ausência de erosão e/ou assoreamento	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.

APÊNDICE A - Continuação (3/6)

Parâmetro		PAR-DH	PAR-RR	PAR-CR	PAR-RU	PAR-CA
Estrutura física	Estabilidade das margens.	(20) Presença ou ausência de erosão e proporção relativa (%) das margens afetadas.	(4) Análogo à Callisto *et al.* (2002), avalia presença ou ausência de erosão e potencial para futuros deslizamentos. Sem análise de %.	(11) Análogo à Callisto *et al.* (2002).Cada margem é avaliada separadamente[12].	(1) Análogo à Callisto *et al.* (2002), avalia potencial para futuros deslizamentos. Sem análise de %.	(6) Análogo à Campos e Nucci (2019)[12].
	Tipo de fundo	(10) Constituição preponderante do fundo (pedras, lama, cimento etc.).	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.
	Tipos de substrato de fundo	(14) Predominância de determinados tipos de substratos (seixos, cascalho, lama).	(1) Proporção relativa (%) de substratos e diversidade.	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.
	Substratos em poços	Não avalia	Não avalia.	(2) Variedade e tamanho das estruturas naturais presentes nos fundos de poços (raízes, vegetação submersa, areia, argila)[2].	Não avalia.	Não avalia.
	Sinuosidade do canal	Não avalia	Não avalia.	(9) Presença ou ausência de sinuosidades no canal[2].	Não avalia.	(7) Análogo à Rodrigues (2008)[2].
	Soterramento	(15) Proporção relativa (%) do fundo coberto por lama.	Não avalia.	(3) Proporção relativa de (%) superfícies (cascalhos, seixos e galhos) cobertas por sedimentos finos[1].	(12) Presença ou ausência de sedimentos finos cobrindo o fundo.	(8) Análogo à Campos e Nucci (2019)[1].

APÊNDICE A - Continuação (4/6)

Parâmetro		PAR-DH	PAR-RR	PAR-CR	PAR-RU	PAR-CA
Habitat Aquático	Presença de plantas aquáticas no curso d'água	(22) Presença ou ausência de vegetação aquática (macrófitas), algas filamentosas, musgos, perifíton e biofilme distribuídos pelo rio.	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.
	Complexidade dos *habitats*	(11) Proporção relativa de substratos diversificados (%) e estabilidade.	(2) Presença ou ausência de estruturas diversificadas (troncos, galhos, seixos rolados, vegetação aquática, barrancos submersos).	(1) Proporção relativa (%) de habitats diversificados e adequados para a colonização da epifauna[12].	(11) Presença ou ausência de habitats diversificados e estabilidade dos substratos.	(9) Análogo à Campos e Nucci (2019)[12].
Hidrologia	Extensão de rápidos	(12) Presença ou ausência de rápidos (corredeiras) e relação entre a largura e o comprimento dos rápidos e a largura do rio.	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.
	Frequência de rápidos	(13) Relação entre a distâncias entre os rápidos e a largura do rio.	Não avalia.	(10) Frequência de corredeiras (raras a frequentes) e a formação de remansos.[1]	Não avalia.	Não avalia.
	Qualidade dos remansos	Não avalia.	(3) Presença ou ausência de remansos e proporção relativa de remansos (%) de acordo com a largura e a profundidade.	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.

APÊNDICE A - Continuação (5/6)

Parâmetro		PAR-DH	PAR-RR	PAR-CR	PAR-RU	PAR-CA
Hidrologia	Condições do escoamento do canal	(18) Proporção relativa (%) de cobertura do canal do rio pela lâmina d'água e de exposição do substrato.	Não avalia.	(7) Análogo à Callisto *et al*. (2002), porém, diferenciando período de chuvas ou estiagem[12].	(7) Preenchimento do leito menor do curso fluvial e exposição de substratos	(10ab) Análogo à Campos e Nucci (2019), porém, diferenciando período de chuvas ou estiagem[12].
	Regimes de velocidade/ profundidade	Não avalia	Não avalia.	(4) Presença ou ausência de diferentes tipos de regimes de velocidade/profundidade[12].	Não avalia.	Não avalia.
Qualidade da água	Odor da água	(5) Presença ou ausência de odor na água.	Não avalia.	Não avalia.	(8) Presença ou ausência de odor na água	(11) Análogo à Campos e Nucci (2019)[12].
	Odor do sedimento (fundo)	(8) Presença ou ausência de odor no sedimento	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.
	Oleosidade da água	(6) Presença ou ausência de óleos e graxas na água.	Não avalia.	Não avalia.	(9) Presença ou ausência de óleos, graxas e espumas na água.	(12) Análogo à Campos e Nucci (2019)[12].
	Oleosidade do fundo	(9) Presença ou ausência de oleosidade no sedimento de fundo	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.	Não avalia.
	Transparência da água	(7) Presença ou ausência de transparência na água	Não avalia.	Não avalia.	(10) Avalia cor e turbidez da água	(13) Análogo à Campos e Nucci (2019)[12].

APÊNDICE A - Continuação (6/6)

Parâmetro		PAR-DH	PAR-RR	PAR-CR	PAR-RU	PAR-CA
Vegetação ripária	Estado de conservação da vegetação ripária.	Não avalia.	Não avalia.	(13) Estado de conservação da vegetação nativa e/ou exótica e evidências de atividades antrópicas no entorno (queimadas, desmatamento). Cada margem é avaliada separadamente[1,2].	Não avalia.	Não avalia.
	Largura da vegetação ripária	(21) Largura da vegetação ripária (metros) e presença ou ausência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas etc.).	Não avalia.	Não avalia.	(2) Largura da vegetação ripária (m).	(14) Largura da vegetação (metros)[1,2]. Cada margem é avaliada separadamente.
	Presença de vegetação ripária.	(19) Proporção relativa de vegetação ripária nativa (%), evidências de desflorestamento e proporção da vegetação atingindo altura "normal."	(4) Proporção relativa (%) das margens cobertas por vegetação ripária, lajes, pedras ou outras estruturas.	(12) Avalia a proteção das margens coberta pela vegetação. Cada margem é avaliada separadamente[1,2].	Não avalia.	(15) Análogo à Minatti-Ferreira e Beaumord (2006)[1,2]. Cada margem é avaliada separadamente.
	Sombreamento pela cobertura vegetal das margens.	(4) Presença ou ausência de cobertura por vegetação no leito.	(6) Presença ou ausência de sombreamento diversificado na superfície da água.	Não avalia.	Não avalia.	(16) Análogo à Minatti-Ferreira e Beaumord (2006)[1,2].

Obs.: Entre parênteses (), o número do parâmetro no protocolo original; [1]específico para o alto curso; [2]específico para o baixo curso.
Fonte: adaptado de Rodrigues (2008), Rodrigues e Castro (2008b), Callisto *et al*. (2002), Minatti-Ferreira e Beaumord (2006) e Campos e Nucci (2019).

APÊNDICE B – Entrevista com moradores do entorno do córrego José Joaquim.

ENTREVISTA MORADORES DO ENTORNO DO ARROIO JOSÉ JOAQUIM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA (POSGEA)
ENTREVISTA PARA AVALIAÇÃO
DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE O CÓRREGO JOSÉ JOAQUIM

a. Caracterização do entrevistado

1. Qual a sua idade? _____ anos.

2. Qual o seu gênero sexual? ( ) F ( ) M

3. Há quanto tempo você reside (mora) próximo ao arroio José Joaquim? _____ anos.

4. Qual a sua escolaridade?

( ) ensino fundamental incompleto;
( ) ensino médio incompleto;
( ) curso técnico incompleto
( ) superior incompleto;
( ) fundamental completo;
( ) ensino médio completo;
( ) curso técnico completo;
( ) superior completo.

5. Na sua opinião, em que classe econômica você se enquadra (rendimento familiar per capita)? ( ) E ( ) D ( ) C ( ) B ( ) A ( ) Não sei

b. Percepção sobre a água no meio urbano

6. Você conhece o arroio José Joaquim? O que ele representa para você (o que você associa ao arroio)? ( ) gosta ( ) indiferente ( ) não gosta ( ) não sei
_____
_____

7. Você conhece o curso do arroio José Joaquim? Ou seja, onde ele nasce e para onde ele vai?
( ) Não ( ) Sim. Nasce: _____ Vai para: _____

8. Você acha que a água do arroio José Joaquim está:
( ) natural, limpa ( ) nem limpa e nem poluída, intermediário ( ) poluída, suja
( ) não sei

9. Em sua opinião, o córrego José Joaquim tem alguma importância ou utilidade? Se sim, qual (ou quais)?
_____
_____

10. De 1 a 5, onde 1 é muito pouco e 5 é muito, quanto você acha que o arroio José Joaquim é importante para o município de Sapucaia do Sul?
( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5

APÊNDICE B – Continuação (1/1)

11. Você nota ou já notou mudanças no arroio? ( ) Não ( ) Sim. Se sim, como ele era antes (e quando)?

_____
_____

12. Você já teve algum problema/prejuízo relacionado ao arroio José Joaquim, como ( ) doença relacionada à água ou ( ) inundação? E/ou algum conhecido

_____
_____

c. Cuidados com a água no meio urbano

13. Em sua opinião, quais ou qual medidas/ações deveriam ser tomadas em relação ao arroio José Joaquim? (marque quantas opções desejar)

( ) nenhuma
( ) tapar o canal, leito
( ) arborizar (plantar árvores)
( ) deixar mais natural/original
( ) cercar as margens do arroio
( ) recolher de esgotos
( ) outros: _____
( ) dragar (retirar sedimento, areia, lixo)
( ) canalizar (revestir fundo e margens com concreto)
( ) recolher lixo
( ) criar de parque/praça no entorno do arroio
( ) remover residências das margens do arroio
( ) conscientizar/educação ambiental

14. Em sua opinião, quem você acha que é responsável por manter o arroio José Joaquim em boas condições? (marque quantas opções desejar)

( ) população
( ) setor privado
( ) setor público (prefeitura, estado etc.)
( ) outro: _____

15. De 1 a 5. onde 1 é muito pouco e 5 é muito, você acha que ações de educação ambiental e que incentivem a participação da população na gestão (cuidado) dos recursos hídricos (da água) são importantes?

( ) 1, muito pouco importantes
( ) 3, mais ou menos importantes
( ) 5, muito importantes
( ) outro: _____
( ) 2, pouco importantes
( ) 4, importantes
( ) não sei

Espaço livre para comentários, sugestões e considerações:
_____
_____

APÊNDICE C – Entrevista com funcionários da Prefeitura de Sapucaia do Sul.

ENTREVISTA FUNCIONÁRIOS DA PREFEITURA DE SAPUCAIA DO SUL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA (POSGEA)
ENTREVISTA PARA AVALIAÇÃO
DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE O CÓRREGO JOSÉ JOAQUIM

a. Caracterização do entrevistado

1. Qual a sua idade? _____ anos.

2. Qual o seu gênero sexual? ( ) F ( ) M

3. Você mora (reside) em qual município? _____

4. Há quanto tempo você trabalha junto à Prefeitura de Sapucaia do Sul? _____ anos.

5. Qual o seu cargo/função? _____

6. Qual a sua escolaridade?

( ) ensino fundamental incompleto;
( ) ensino médio incompleto;
( ) curso técnico incompleto
( ) superior incompleto;
( ) fundamental completo;
( ) ensino médio completo;
( ) curso técnico completo;
( ) superior completo.

7. Em sua opinião, em que classe econômica você se enquadra (rendimento familiar per capita)? ( ) E ( ) D ( ) C ( ) B ( ) A ( ) Não sei

b. Percepção sobre a água no meio urbano

8. Você conhece o arroio José Joaquim? O que ele representa para você (o que você associa ao arroio)? (por exemplo: gosta, não gosta, indiferente, não sabe)
_____
_____

9. Você acha que a água do arroio José Joaquim está:
( ) natural, limpa ( ) nem limpa e nem poluída, intermediário ( ) poluída, suja
( ) não sei

10. Você nota ou já notou mudanças no Arroio José Joaquim? ( ) Não ( ) Sim. Se sim, como ele era antes?
_____
_____

11. Em sua opinião, os córregos urbanos, como o José Joaquim, têm alguma importância/utilidade? Se sim, qual?
_____

APÊNDICE C – Continuação (1/1)

12. De 1 a 5, onde 1 é muito pouco e 5 é muito, quanto você acha que o arroio José Joaquim é importante para o município de Sapucaia do Sul?
( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5

c. Cuidados com a água no meio urbano

13. Quais ações/medidas devem ser implementadas para gerenciar os arroios urbanos, como o arroio José Joaquim?

_____
_____

14. Em sua opinião, quais os principais problemas/dificuldades relacionados à gestão do arroio José Joaquim (se houver):

_____
_____

15. De 1 a 5. onde 1 é muito pouco e 5 é muito, você acha que ações de educação ambiental e que incentivem a participação da população na gestão (cuidado) dos recursos hídricos (da água) são importantes?

( ) 1, muito pouco importantes
( ) 2, pouco importantes
( ) 3, mais ou menos importantes
( ) 4, importantes
( ) 5, muito importantes
( ) não sei

Espaço livre para comentários, sugestões e considerações:
_____
_____
__

APÊNDICE D - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Prezado (a) Senhor (a),

O (a) Sr(a). está sendo convidado (a) para participar da pesquisa: **"Avaliação da integridade ambiental do córrego José Joaquim, Sapucaia do Sul-RS"**, que tem por objetivo avaliar a qualidade ambiental do arroio (através de características físicas e da qualidade da água) e verificar qual a percepção ambiental dos moradores do entorno e de funcionários da Prefeitura Municipal sobre a água no meio urbano.

A pesquisa sobre a percepção ambiental sobre a água no meio urbano será realizada, de preferência, com moradores da bacia hidrográfica do córrego José Joaquim que residam no local há vinte anos e funcionários da Prefeitura de Sapucaia do Sul que trabalham nas Secretarias de Planejamento Urbano e de Meio Ambiente. Sua participação consistirá em responder 15 questões sobre a água no meio urbano, com duração estimada em, mais ou menos, 10 minutos.

Os riscos da pesquisa são mínimos, sendo que o (a) senhor (a) pode se sentir desconfortável para responder alguma pergunta, mas o (a) senhor (a) tem a liberdade de não responder ou interromper a pesquisa a qualquer momento.

O (a) sr(a). tem a liberdade de não participar da pesquisa, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, mesmo após o início da entrevista, sem qualquer prejuízo. O (a) sr(a). tem a liberdade de autorizar ou não a gravação do áudio da entrevista. Está assegurado o sigilo das suas informações. O (a) senhor (a) não terá qualquer despesa e não há compensação financeira relacionada à sua participação na pesquisa.

Caso tenha alguma dúvida sobre a pesquisa, o (a) sr (a). poderá entrar em contato com o coordenador responsável pelo estudo: professor Luís Alberto Basso pelo e-mail iacorregourbano@gmail.com. O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) também poderá ser consultado caso o (a) sr(a). tenha alguma consideração ou dúvida sobre a ÉTICA da pesquisa pelo telefone (51) 3308-3738 ou pelo e-mail etica@propesq.ufrgs.br.

Sua participação é importante e voluntária e vai gerar informações importantes para o planejamento de ações públicas para melhoria da qualidade de vida da população e de recuperação do córrego José Joaquim. Os resultados da pesquisa serão disponibilizados no repositório digital da UFRGS (https://lume.ufrgs.br/).

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito e li ou foi lido para mim, sobre a pesquisa: "Avaliação da integridade ambiental do córrego José Joaquim, Sapucaia do Sul-RS." Discuti com o pesquisador Luís Alberto Basso ou com seu substituto, responsável pela pesquisa, sobre minha decisão em participar do estudo. Ficaram claros para mim os propósitos do estudo, os procedimentos, garantias de sigilo, de esclarecimentos permanentes e isenção de despesas. Concordo voluntariamente em participar deste estudo.

_____ _____/_____/2019.

Assinatura do entrevistado.

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido deste entrevistado para sua participação neste estudo.

_____ _____/_____/2019.

Assinatura do responsável pelo estudo

APÊNDICE E - Respostas dos moradores circunvizinhos ao córrego José Joaquim à entrevista de percepção ambiental.

ID	Data da entrevista	Respostas às questões 1 a 10.									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
M1	17/07/19	64	M	38	FC	NS	I	S	Poluída	*"O arroio serve para limpar, ele leva a sujeira embora (esgoto e lixo). Se fosse parado..." / "abandonado, assoreado"*	4
M2	17/07/19	53	F	34	SI	B	I	S	Poluída	*"O arroio é um fluxo da natureza que deve ser mantido e cuidado. Árvores mantém o ambiente mais úmido e arejado."*	-
M3	17/07/19	67	F	35	MC	C	I	N	Poluída	*"O arroio escoa a água para não haver inundação."*	5
M4	17/07/19	48	M	25	MC	D	I	N	Poluída	*"O arroio escorre a água. Pessoas da invasão estão jogando os esgotos na água. A água é vida. É preciso educar as crianças para termos uma geração diferente."*	5
M5	17/07/19	59	F	40	FI	NS	NG	S	Poluída	*"O arroio serve para escoar o lixo." / "Está péssimo"*	1
M6	27/07/19	20	F	20	MC	NS	NG	S	Poluída	*"Não gosta do arroio pelas enchentes, estrutura precária, insegurança." / "A importância do arroio é receber os esgotos domésticos. Poderia ter outro uso."*	5
M7	27/07/19	66	M	30	FI	NS	G	N	Poluída	*"A importância do arroio é o escoamento da água para o rio. A bacia corresponde a 70% da água do município."*	5
M8	27/07/19	45	F	6	MC	NS	I	S	Poluída	*"Precisa dele." / "Mau cheiro" / "Está oco por baixo de algumas calçadas." / "É importante para o escoamento da vertente. Pessoas lançam esgotos diretamente. É perigoso por causa do lixo, corpos e cachorros."*	3
M9	09/08/19	89	M	6	NE	NS	G	S	Poluída	*"Não serve para nada. Teremos que aproveitar a água no futuro para beber por causa da falta de água. Antes tinha umidade, agora não tem mais."*	5
M10	09/08/19	63	M	26	FI	NS	G	S	Poluída	*"O arroio faz parte da natureza. Nossa geração ainda não sabe que precisa preservar. Se o arroio falasse, ele iria chorar. Ele tem importância para a nossa vida. Faz falta a natureza"*	5
M11	09/08/19	63	M	42	FI	NS	G	S	Intermediário	*"Importante para o escoamento da água da cidade."*	5

APÊNDICE E – Continuação (1/7)

ID	Data da entrevista	Respostas às questões 1 a 10.									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
M12	09/08/19	71	F	40	FI	NS	G	S	Poluída	*"Gosta quando está limpo, mas como está é um problema, um transtorno." / "Serve para escoar os esgotos."*	5
M13	13/08/19	34	F	3	MC	NS	NG	N	Poluída	"*Sim, pois todo o esgoto é lançado no arroio." / "O esgoto deveria ser encanado. Preferia que não tivesse o arroio, apesar de saber que ele é importante.*"	5
M14	13/08/19	51	F	51	MC	NS	NG	N	Poluída	"*Não vejo importância. Se não tivesse o arroio seria melhor." / "O arroio não é bom, tenho enchentes em casa. O arroio não é o culpado, é o povo que joga lixo. Educação vem do povo."*	1
M15	13/08/19	51	M	30	FC	NS	G	S	Poluída	*"A única importância do arroio é o escoamento da água da chuva, agora que está desobstruído. Se fosse tratado, teria importância." / "A água está poluída, mas o entorno está limpo. Ainda tem gente no sistema antigo jogando esgotos."*	2
M16	13/08/19	53	M	15	MC	NS	G	S	Intermediário	*"Sim, ele absorve a maioria das águas dos bairros no entorno. É muito importante para o escoamento e que deveria ser melhor tratado, para que o esgoto não seja lançado in natura no rio."*	5
M17	17/08/19	31	F	15	MC	NS	I	S	Poluída	*"Deveria receber mais cuidado. É importante porque escorre água, mas, ao mesmo tempo, traz o risco de transbordamento."*	1
M18	17/08/19	58	M	20	FC	NS	G	S	Poluída	*"Conhece o arroio desde quando as pessoas lavavam roupa nele. Gosta do arroio, o problema é que jogam muita porcaria nele." / "O arroio tem grande importância para a cidade. Há muito tempo as pessoas traziam animais (vacas) para beber água. Mais para cima do Morro ele ainda é usado para criação de peixes e animais."*	4
M19	17/08/19	59	F	30	FI	NS	NG	N	Poluída	*"Para nada, só serve para feder." / "Cheiro ruim."*	1

Onde: ID = idetificação do entrevistado; F = feminino; M = masculino; NE = não escolarizado; FI = Fundamental Incompleto; FC = Fundamental Completo; MC = Médio Completo; SI = Superior Incompleto; NS = Não sabe; G = Gosta; NG = Não Gosta; I = Indiferente; S = sim e N = não

APÊNDICE E – Continuação (2/7)

ID	Respostas às questões 10 a 15 e observações.					
	11	**12**	**13**	**14**	**15**	**Observações**
M1	*"Mudou, antes não tinha entorno, fizeram o calçamento e evitou transbordamentos (há 3 anos). Há 30 anos era quase tudo arborizado, água limpa. Não era usado para lazer ou pesca."* *"Estão fazendo calçamento, o que é bom."*	"*Não, mas gente 'mais para cima' perdeu tudo, ainda acontece."*	Canalizar; tapar o canal; arborizar; recolher esgotos; dragar; recolher lixo; outro: manutenção. "*Manter o arroio limpo. Fazer a colocação de canos para futuramente fazer o tratamento dos esgotos*".	Pop; Púb; Pri.	5	"*Deve ser feito como em São Leopoldo." / "O arroio está sujo porque atiram coisas na beirada".*
M2	"*Antes não tinha revitalização, não tinha barreira (dique), não tinha piso (canalização). Não tinha o loteamento. Já foi pior.*"	Não. Sabe que uma ponte foi derrubada por enchente.	Recolher lixo; criar parque ou praça no entorno.	Pop; Pub.	4	"*Área de lazer*".
M3	"*Antes só existia um curso d'água sem cuidados (20 anos atrás). Era só um córrego sem pontes e sem casas. Depois fizeram os muros, os acessos, a urbanização. Por último foi feita a revitalização (calçada, coqueiros, ponte), agora as pessoas jogam menos lixo." /* Ocorriam acidentes por causa do mato. Sabe que houve um protesto para melhoria da visibilidade, há 2 anos e meio.	Sim, uma vez foi forte, mas não nos últimos anos. Inundação estragou alguns móveis.	Canalizar; tapar o canal; recolher esgotos; criar parque ou praça no entorno; recolher lixo; outro: manutenção; outro: dedetizar (mosquitos); "*Vem esgoto pro arroio causando mau cheiro*".	Pop; Púb.	5	*"Se existisse mais cuidado do povo, grama cortado, o arroio estaria melhor. Gosta de onde o arroio foi fechado e colocaram praça. Se melhorasse, frequentaria mais o arroio."/ "Se o povo se unisse deveria ficar melhor, se cada um fizer a sua parte".*

APÊNDICE E – Continuação (3/7)

ID	Respostas às questões 10 a 15 e observações.					
	11	**12**	**13**	**14**	**15**	**Observações**
M4	"*Antes era natural, era um rio 'normal'. Melhorou agora que fizeram o recapeamento, está sem erosão*." Relata que há um sistema de alertas, mas não sabe "formalmente".	Não, mas conhece pessoas que tiveram prejuízos.	Arborizar; recolher esgotos; criar parque ou praça no entorno; conscientização e educação ambiental; "*Primeiro passo seria descontaminar a água*".	Pop; Púb.	5	"*Não tem incentivo para o setor privado investir/adotar o curso d'água." / "Falta responsabilização coletiva, há problemas habitacionais mais amplos, problemas com esgotos".*
M5	Não notou mudança. "*Ele é sujo, tem mosquitos no verão e tem lixo. Sempre foi assim e piorou agora com a invasão. Lixo no curso d'água. Às vezes* [a Prefeitura] *limpa, mas não nota diferença."*	Sim, há 40 anos. Incômodo, mas não perdeu móveis.	Canalizar; tapar o canal; recolher lixo. "*Tapar o canal acabaria com a sujeira e os mosquitos."*	Púb.	1	-
M6	*"Antes era puro mato e terra, com moradias no entorno. Água era mais limpa. A partir de 2014, houve revitalização, quando aumentaram a infraestrutura (paredes de concreto, afundaram e aumentaram a largura).*" / "*Onde está revitalizado está bom.*"	Não, mora em uma área que não inunda. Ainda tem inundações por perto, onde trabalha teve uma inundação que entrou em casas (há 10 anos). Uma ponte caiu com a chuva, estão refazendo.	Canalizar; tapar o canal; criar parque ou praça no entorno; conscientização e educação ambiental. Sugere fazer área de lazer porque "as pessoas não precisariam buscar outras cidades para lazer."	Pop; Púb.	5	"*Ocorre muito descarte de resíduo que é carregado com a chuva. Não adianta a Prefeitura vir limpar se as pessoas continuarem jogando resíduos no arroio. Prefeitura limpa todo mês, vêm carros de longe para largar lixo, precisaria de uma ação com a cidade toda."*

APÊNDICE E – Continuação (4/7)

ID	Respostas às questões 10 a 15 e observações.					
	11	**12**	**13**	**14**	**15**	**Observações**
M7	"*Onde canalizaram ficou bonito. Percebe a mudança com a canalização, pois antes era tudo chão e enchia de água no pátio de casa. Mudou para outra casa há 10 anos."*	Sim, há 13 ou 14 anos perdeu tudo (cadeira, mesa, sofá).	Canalizar; dragar.	Púb.	3	Morador estava utilizando ganchos para retirar resíduos sob uma ponte, faz toda vez que chove para não inundar sua casa.
M8	*"Está cada vez pior. Há 30 anos era um esgoto, um valo que alagava com a chuva. Há seis anos não enchia tanto".* Acha que pode ser muito lixo que estreita o canal. "*Tem assoreamento (tem margens ocas).*"	Não, mas chegou perto de sua casa.	Canalizar; tapar o canal; Outro: fiscalização (impedir o descarte de imóveis).	Pop; Púb; Pri.	4	*"Pessoas não tem consciência de que também são prejudicadas." / "Tapar o canal para dar mais segurança para as pessoas e os bichos"*
M9	*"Agora estão fazendo melhorias. Está ficando muito bom. Era descuidado. Antes não tinha calçada, era só chão."*	Não.	Canalizar. *"O que a Prefeitura fez está bom."*	Púb.	5	*"Prefeitura arruma e as pessoas não se interessam em cuidar.*"
M10	"*Via o arroio limpo, tinha lambari, rã, sapo e aguapé. Água limpa e pura. Foi aumentando a população a montante e ficando com água escura e sem vida. Pessoas estragaram o arroio.*"	Não.	Canalizar; criar parque ou praça no entorno; outro: fiscalização; outro: punição.	Pop.	5	*"Nota 10 para as ações da Prefeitura." / "Prefeitura faz a parte dela, falta o povo colaborar e punição."*
M11	"*Árvores que caíam dentro, acúmulo de lixo e galhos que trancavam e represavam o escoamento (até recentemente). Agora está calçado, melhorou a visibilidade, está mais agradável e seguro (era região de assaltos). "Gostaria que o arroio fosse 'mais aberto', para maior segurança".*	Sim, tranca a rua. Atinge a casa de vizinhos (não a dela). "*Revitalização vai resolver as inundações".*	Canalizar; criar parque ou praça entorno; conscientização e educação ambiental; outro: manutenção; outro: remover árvores	Pop.	5	*"Não dá para tapar, pois é preciso limpar.*" /*"Se tiver gente para conscientizar, a coisa vai se multiplicar, um vai ensinar para o outro. Moradores são responsáveis e precisam se conscientizar"*

APÊNDICE E – Continuação (5/7)

ID	Respostas às questões 10 a 15 e observações.					
	11	**12**	**13**	**14**	**15**	**Observações**
M12	"*Atravessava-se a pé, pois era estreito. Era um brejo. Depois que foi calçado, melhorou a estrutura (5 anos).*" Recorda que houve um abaixo assinado para limpeza do valão. "*Tem muito esgoto caindo no valão, mas acho que não tem como resolver porque as vias não foram planejadas.*"	Sim, nos anos dois mil viveu diversas enchentes. Chegou a perder tudo e está até hoje remobiliando.	Canalizar; recolher lixo; outro: manutenção; outro: fazer calçada. *"Aprovo a canalização já realizada no arroio.*"	Púb.	5	Lamenta que a população não se envolve. "*Se as pessoas se conscientizassem seria melhor. Se pudessem manter limpo seria melhor.*"
M13	*"Não, fora a obra recente de canalização."*	Não, mas relata que a mãe teve problemas.	Canalizar; tapar o canal. *"Colocar rua ou avenida sobre o leito para evitar doenças."*	Pop; Púb.	5	*"Não adianta fazer obras se as pessoas continuarem jogando lixo. A população precisa ajudar e não tem noção. Reuniões poderiam ajudar."*
M14	"*Ele era um córrego com águas mais limpas, onde era possível tomar banho [algo bom]. Nesse tempo, era limpo, apesar de haver casas nas margens. Era área verde. Depois, retiraram os moradores para alargar o valão (há 20 anos). Está melhorando o problema de inundações, mas, mesmo assim, as pessoas continuam jogando lixo."* Não vê mudanças fortes atualmente. Relata que muita gente já se mudou por causa do arroio e que também gostaria de poder sair.	Sim, inundação, mas a frequência diminuiu. Preocupação é com mobilidade, pois tem filha cadeirante. Em 2013, teve de ser resgatada pelos bombeiros.	Canalizar; tapar o canal; arborizar; criar parque ou praça no entorno. *"Prefeitura já faz sua parte."*	Pop.	5	"*Gostaria que fosse como em Canoas (arroio tapado e praça)." "É preciso dar mais informação para o povo, então não iriam ocorrer tantas enchentes." / "Falta educação. O problema são as pessoas e os papeleiros que jogam lixo."* Não sabe da existência de um sistema de alerta.

APÊNDICE E – Continuação (6/7)

ID	Respostas às questões 10 a 15 e observações.					
	11	**12**	**13**	**14**	**15**	**Observações**
M15	"*Ele [o arroio] era completamente sem estrutura (concreto), com árvores grandes e erosão. Agora está melhor com cimento, tem menos assoreamento (de uns 10 anos para cá, pararam as inundações). Agora também está sendo ajeitado, mas os próprios usuários depredam. Já tem coleta seletiva, não teria o porquê jogar lixo no córrego".*	Sim, duas foram grandes. Há dez anos que não ocorre mais.	Canalizar; criar parque ou praça no entorno. Utiliza a praça ao lado do arroio para caminhadas. *"Quanto mais arrumado melhor."*	Pop; Púb; Pri.	5	Gosta do arroio agora que arrumaram (10 anos), antes não gostava por causa das enchentes. Vê gente parar o carro para jogar lixo no valão. Não são os moradores locais que fazem isso, necessariamente. Está combinando com outras pessoas para impedir que joguem resíduos no arroio e para ajardinamento.
M16	*"Conheço desde que ele era saudável. Há 15 anos ele era um córrego cheio de casas, era mais sinuoso (foi retificado), dava para andar dentro dele, pessoas tomavam banho e tinha peixe. Depois a população cresceu em direção ao morro. Com obras do governo federal, ele passou a ser canalizado para a vazão escoar mais rápido. Pessoas que moravam na beira do valão foram transferidas para o Morro. O aumento da população não foi acompanhado de tratamento de esgotos. Há 3 anos, iniciaram obras quanto aos esgotos.*	Sim, inundação, esse ano inclusive. Antes o arroio trancava nas pontes e chegou a perder móveis. Mas está otimista com as mudanças.	Canalizar; recolher esgotos; criar parque ou praça no entorno; conscientização e educação ambiental. outro: fiscalização.	Púb.	5	*"Setor público precisa atuar, principalmente, na questão de esgotos."*

APÊNDICE E – Continuação (7/7)

ID	Respostas às questões 10 a 15 e observações.					
	11	**12**	**13**	**14**	**15**	**Observações**
M17	Não vê mudanças no entorno. *"A água ficou mais escura (acho que seja por causa das obras de revitalização). Fizeram uma praça há dois anos. Até pouco tempo a população jogava muito lixo. Antes de cercarem, as pessoas colocavam muito lixo no entorno do arroio, mas agora colocam um pouco antes da cerca. Acha que tem muito mosquito."*	Não.	Canalizar. outro: dedetizar (mosquitos); outro: fazer calçada. "*Educação ambiental pode ajudar, mas não é suficiente"*	Pop; Púb.	5	"*Tem pessoas que largam sujeira, se colocassem container não teria tanto lixo na beirada. Pessoas vem de longe jogar resíduo. Falta conscientização".*
M18	*"Há 20 anos, as pessoas tomavam banho no arroio e lavavam roupas. Depois vieram as invasões e as pessoas foram morar envolta. Antigamente as casas eram na beira do arroio, com esgoto. Agora faz 20 anos que tiraram os esgotos. O arroio vazava e com a canalização não teve mais inundações. Ele tinha ficado estreito e raso e depois ficou mais largo e fundo. Piorou a sujeira da água, mas as inundações diminuíram."*	Não, mas um sobrinho que teve leptospirose. Pessoas perdiam as casas no arroio.	Canalizar; recolher o lixo. *"O que foi feito até agora está bom." / "Teria que pegar o pessoal da reciclagem para educação ambiental, porque o que não serve para reciclar vai para o valão."*	Pop.	5	*"Precisa conscientização da população." "Problema são os loteamentos. A água desce toda. Se não estivesse largo o bastante, inundaria."*
M19	"*Não vê mudanças com o arroio*". Cita como benefício as pessoas morarem na beira, pois evita a saída de ratos. "*Em alguns dias a água fica mais embarrada e com espumas".*	Não.	Canalizar; tapar o canal.	Púb.	1	*"Cheiro é muito ruim."*

Onde: ID= identificação do entrevistado; Pop = população; Púb.= setor público; Pri.= setor privado.

APÊNDICE F - Respostas dos funcionários das Secretarias de Meio Ambiente e de Planejamento Urbano à entrevista de percepção ambiental.

ID	Respostas às questões 1 a 10.								
	1	**2**	**3**	**4**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
F1	52	M	Sapucaia do Sul	10	SC	C	*"Sim, é um dos, se não o, mais importante arroio em Sapucaia"*	Poluída, suja	*"Antes da obras de revitalização da fase 1, o arroio recebia mais esgotos in natura, e transbordava com facilidade em períodos de chuvas, atingindo centenas de famílias. Mudou para melhor."*
F2	57	F	Sapucaia do Sul	32	SC	B	*"Sim, eu gosto. Boa parte da urbanização do município se deu ao longo de sua extensão."*	Poluída, suja	*"Sim, quando eu era criança ele era um arroio, agora ele é um canal irregular de despejo de esgoto sanitário."*
F3	40	F	Sapucaia do Sul	-	SI	NS	*"Não gosto do que vejo nos dias de hoje."*	Poluída, suja	*"Sim, antes a água era limpa, moradores podiam se banhar, havia peixes e tartarugas."*
F4	43	M	Sapucaia do Sul	-	SC	-	*"Não gosto."*	Poluída, suja	*"Sim, agora o município tem feito a manutenção no arroio."*
F5	25	M	Sapucaia do Sul	2	SI	B	*"Conheço e acho importantíssimo para o município e população em geral."*	Poluída, suja	*"Sim, o município está fazendo constantes manutenções para que haja melhor fluxo do arroio."*
F6	61	M	Sapucaia do Sul	19	SC	-	"*Não gosto do jeito que está hoje.*"	Poluída, suja	*"Conheço desde criança, naquela época tomávamos banho e fazíamos pescaria. Apesar de estar sofrendo revitalização, o problema de poluição irá continuar até que seja feito o tratamento do esgoto que ele recebe."*
F7	49	M	Sapucaia do Sul	30	SC	NS	*"Sim, é um arroio muito importante, porém está poluído e descuidado em relação ao lançamento de esgoto sem tratamento."*	Poluída, suja	*"Sim, era mais limpo e tinha menos cheiro."*
F8	34	F	Sapucaia do Sul	3	SI	NS	*"Sim, não sei."*	Poluída, suja	*"Sim. Com a revitalização de algumas áreas estão se tornando mais apresentáveis."*

APÊNDICE F – Continuação (1/3)

ID	Respostas às questões 1 a 10.								
	1	**2**	**3**	**4**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
F9	45	M	Sapucaia do Sul	18	SC	NS	*"Importante e com a reforma (canalização) evitará alagamentos"*	Nem limpa e nem poluída	*"Antes da canalização aconteciam muitos alagamentos nos bairros."*
F10	46	F	Sapucaia do Sul	3	SI	NS	*"Importante"*	Poluída, suja	*"Sim, principalmente contenções."*

Onde: ID = identificação do entrevistado; F = feminino; M = masculino; SI = Superior Incompleto; SC = Superior Completo; NS = Não sabe.

APÊNDICE F – Continuação (2/3)

ID	Respostas às questões 11 a 15 e observações.					
	11	**12**	**13**	**14**	**15**	**Observações**
F1	*"Sim, são condutores e coletores de águas, que deságuam no rio dos Sinos, que são captadas e tratadas pela CORSAN (unidade Esteio) e acabam retornando às nossas torneiras."*	5	*"Primeiro é necessário conscientização e educação ambiental. Nossa população não tem o mínimo de cuidado e respeito com a própria água que no final acabam precisando para a vida."*	*"Conscientização, tratamento de esgoto e destinação dos resíduos sólidos."*	5	*"Mais pesquisa e financiamentos para educação ambiental, tratamento de esgoto e destinação de resíduos sólidos."*
F2	*"Sim, eles regulam a temperatura do ar e, numa situação ideal, devolvem ao rio dos Sinos os efluentes líquidos e tratados mesmo que primariamente."*	5	*"Educação sobre a diferença de drenagem pluvial e de esgotamento sanitário. Fiscalização das ligações irregulares de esgoto sanitário no arroio."*	*"Falta educação e fiscalização efetiva."*	5	-
F3	*"Sim, na minha opinião ele faz parte da nascente transportando água para o rio onde tem muitos peixes e vida. Se o arroio não estiver em condições boas, pode prejudicar o rio."*	5	*"A conscientização da população, junto a órgãos públicos e privados."*	*"A população não respeita, joga lixo e não participa na colaboração da limpeza."*	5	-
F4	*"Tem importância e faz parte do saneamento básico do município."* (escoamento de água da chuva, escoamento de efluentes tratados)	5	*"Além de limpeza e manutenção, é importante um trabalho de conscientização."*	*"Falta de colaboração da população em preservar o arroio."*	5	-

APÊNDICE F – Continuação (3/3)

ID	Respostas às questões 11 a 15 e observações.					
	11	**12**	**13**	**14**	**15**	**Observações**
F5	*"Sim, muita importância para o escoamento do esgoto servido no município."*	5	*"Limpeza, desassoreamento e conscientização educacional da população."*	*"Custo financeiro e falta de apoio de moradores próximos ao córrego."*	5	-
F6	*"Sim, para a preservação das espécies."*	5	*"Educação ambiental contínua. Controle da ocupação de suas margens. Gestão de efluentes líquidos e sólidos."*	*"Conscientização ambiental, tratamento dos efluentes que recebe, ocupação das margens (mata ciliar)."*	5	-
F7	*"Evita possíveis enchentes e mantém a natureza."*	5	*"Deveria ser evitado construções às margens e todo e qualquer lançamento ao arroio deveria ser tratado."*	*"Educação da população e seriedade dos órgãos públicos."*	5	"*Água é vida, então educação e bom senso é fundamental para que arroios, lagos e rios tenham vida."*
F8	*"As águas pluviais necessitam ser escoadas, e sim, os arroios são muito importantes."*	5	*"Deveriam fazer reuniões com a população para a preservação do mesmo."*	*"Não sei"*	5	-
F9	*"Escoamento das águas e com a canalização e reforma evitam os alagamentos."*	5	*"Fiscalização e busca por recursos para realização das obras necessárias."*	*"Não sei."*	5	-
F10	*"Sim, potenciais fontes de água potável são sempre importantes"*	4	*"Limpeza, manutenção e conscientização da importância do mesmo."*	*"Colaboração por parte da população quanto a limpeza e despejo de lixo no arroio."*	5	-

Onde: ID = identificação do entrevistado

ANEXO A – Resultados de análise de parâmetros do líquido efluente e afluente a ETE Novo Esteio, no período de agosto de 2019 a março de 2020.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO
DIRETORIA DE OPERAÇÕES
SUPERINTENDÊNCIA DE TRATAMENTO
DEPARTAMENTO DE CONTROLE DE ESGOTOS
Page: www.corsan.com.br / E-mail: dece@corsan.com.br

Inf. 119/2020 – DECE/SUTRA **Porto Alegre, 11 de maio de 2020.**

Assunto: Resultados de análise da ETE Novo Esteio – Esteio/RS.

Conforme solicitado seguem os resultados de análises referentes ao esgoto tratado na ETE Novo Esteio, localizada em Esteio para o período de agosto de 2019 a março 2020. Dentro do solicitado temos disponível:

DIA	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	DQO (mg/L O_2)		DBO_5 (mg/LO_2)		Nitrogênio Amoniacal (mg/L N/NH_3)	
	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
21/08/2019	<13	214	56	125	14	58	42
18/09/2019	20	134	67	26	6,3	29	52
23/10/2019	<20	401	76	314	7,9	69	40
26/11/2019	<13	230	64	110	8,3	35	28
26/12/2019	<13	582	67	294	7,0	77	35
30/01/2020	<20	-	64	-	7,1	-	33
26/02/2020	<13	115	55	32	3,8	24	32
31/03/2020	<20	-	58	-	4,1	-	20

DIA	Fósforo Total (mg/L P)		*Escherichia coli* (NMP/100 mL)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
21/08/2019	5,5	2,0	11.190.000	26.900
18/09/2019	5,8	2,5	3.654.000	78.900
23/10/2019	7,9	2,4	11.060.000	16.070
26/11/2019	4,3	1,7	5.120.000	78.900
26/12/2019	9,4	2,9	8.160.000	35.900
30/01/2020	-	3,8	-	1.203
26/02/2020	2,5	3,5	5.540.000	20.980
31/03/2020	-	3,0	-	9.804

Disponibilizamos os dados do esgoto bruto (afluente) a fim de que possa ser calculado o percentual de remoção (ou eficiência) da forma mais adequada ao estudo proposto frente ao esgoto tratado (efluente).

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO – CORSAN
Rua Caldas Júnior, 120 – 18° andar – Edifício Banrisul – CEP 90.010 – 260 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul
www.corsan.com.br

ANEXO A – Continuação (1/4)

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO
DIRETORIA DE OPERAÇÕES
SUPERINTENDÊNCIA DE TRATAMENTO
DEPARTAMENTO DE CONTROLE DE ESGOTOS
Page: www.corsan.com.br / E-mail: dece@corsan.com.br

pH								
Dia	ago-19		set-19		out-19		nov-19	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
1	7,4	7,4	7,5	7,6	-	-	7,6	7,1
2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,2	7,6	7,7	7,1
3	7,4	7,4	7,4	-	7,3	-	-	7,7
4	7,5	7,7	7,4	7,5	7,0	7,9	-	-
5	7,7	7,7	7,4	7,5	-	-	7,5	7,6
6	7,4	7,7	7,8	7,7	-	7,9	6,9	7,0
7	7,2	7,4	-	-	7,4	8,2	6,4	7,2
8	7,0	6,9	7,7	7,6	8,2	8,2	6,6	7,4
9	7,2	7,0	7,2	7,2	7,4	8,1	7,0	7,3
10	7,0	7,0	7,5	7,3	7,9	7,6	6,8	7,5
11	7,2	6,9	7,1	-	7,4	-	7,2	7,0
12	-	7,6	7,0	7,4	7,4	7,8	7,3	7,4
13	7,8	7,5	7,0	7,4	7,5	8,1	7,0	6,8
14	7,6	7,5	7,3	7,4	8,0	8,0	7,0	7,9
15	7,6	-	7,2	7,3	8,3	8,1	7,1	7,6
16	7,4	-	-	-	7,5	7,9	7,8	7,8
17	7,1	-	7,5	7,8	7,8	7,7	7,1	7,1
18	7,2	7,4	7,3	7,5	-	-	-	-
19	7,8	-	7,3	7,4	7,9	8,1	6,9	7,1
20	7,3	-	7,3	-	8,1	8,4	6,8	7,3
21	7,5	7,5	7,2	-	8,0	7,9	6,9	6,8
22	7,3	7,4	7,2	7,3	-	8,2	7,2	6,8
23	7,4	-	7,2	7,3	7,8	7,8	7,2	7,1
24	7,5	-	7,0	7,5	-	8,2	7,0	7,1
25	7,6	-	7,1	7,4	-	8,1	7,1	7,3
26	7,3	-	6,8	-	-	-	6,7	6,8
27	7,4	-	7,2	-	-	-	6,7	6,8
28	7,6	7,6	7,1	-	7,9	8,1	7,3	7,5
29	-	-	7,2	-	7,3	8,1	7,5	7,0
30	-	-	7,0	-	-	-	7,0	7,2
31	7,2	-			7,8	7,8		

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO - CORSAN
Rua Caldas Júnior, 120 – 18° andar - Edifício Banrisul - CEP 90.010 - 260 - Porto Alegre - Rio Grande do Sul
www.corsan.com.br

ANEXO A – Continuação (2/4)

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO
DIRETORIA DE OPERAÇÕES
SUPERINTENDÊNCIA DE TRATAMENTO
DEPARTAMENTO DE CONTROLE DE ESGOTOS
Page: www.corsan.com.br / E-mail: dece@corsan.com.br

pH								
Dia	dez-19		jan-20		fev-20		mar-20	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
1	7,2	6,8	7,0	6,8	-	-	-	6,6
2	6,9	6,7	-	6,6	-	-	-	-
3	6,5	6,9	7,2	-	7,3	7,2	-	-
4	6,7	6,5	7,2	7,0	7,1	7,3	-	-
5	-	7,2	6,2	6,6	6,7	6,8	-	6,6
6	-	7,1	6,7	7,4	6,4	6,5	-	7,2
7	-	-	6,7	7,1	7,8	7,8	-	7,0
8	-	-	6,7	7,3	7,5	8,1	7,1	6,9
9	7,5	7,2	7,2	6,9	7,3	7,4	7,3	-
10	6,4	6,6	7,0	6,8	6,9	7,1	-	-
11	6,5	6,6	6,8	7,0	6,7	6,7	7,0	-
12	-	-	7,0	6,7	7,6	7,1	7,0	6,7
13	-	-	6,9	6,6	6,9	6,9	-	6,7
14	-	-	-	-	7,4	7,3	-	-
15	6,9	-	6,9	7,3	7,3	7,2	-	-
16	6,8	6,5	6,8	7,0	7,0	7,2	6,0	-
17	-	-	-	7,1	6,9	7,0	6,8	6,6
18	6,6	6,7	6,8	6,9	7,4	7,1	6,9	6,8
19	6,8	6,9	-	-	7,3	7,1	-	7,1
20	6,9	6,7	6,8	7,1	7,5	7,0	6,8	7,0
21	6,7	6,9	6,6	6,7	7,5	6,8	-	-
22	6,9	7,1	6,7	6,8	-	-	-	-
23	6,9	6,8	6,6	6,8	-	-	6,7	6,9
24	6,9	7,1	7,2	7,0	-	-	-	-
25	7,1	6,5	6,8	6,7	-	-	-	6,9
26	6,9	6,6	6,8	7,2	6,7	7,3	-	-
27	-	7,2	-	7,1	6,7	6,4	-	-
28	6,7	6,8	-	6,8	-	6,9	-	-
29	6,4	6,6	-	-	-	-	6,7	6,8
30	6,7	6,6	-	6,6			6,9	6,8
31	6,6	6,7	6,7	6,9			-	6,8

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO - CORSAN
Rua Caldas Júnior, 120 – 18° andar - Edifício Banrisul - CEP 90.010 - 260 - Porto Alegre - Rio Grande do Sul
www.corsan.com.br

ANEXO A – Continuação (3/4)

CORSAN

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO
DIRETORIA DE OPERAÇÕES
SUPERINTENDÊNCIA DE TRATAMENTO
DEPARTAMENTO DE CONTROLE DE ESGOTOS
Page: www.corsan.com.br / E-mail: dece@corsan.com.br

DIA	EFLUENTE Oxigênio Dissolvido (mg/L O2)	DIA	EFLUENTE Oxigênio Dissolvido (mg/L O2)
01/08/2019	3,2	27/11/2019	1,4
07/08/2019	3,0	04/12/2019	2,0
09/08/2019	2,0	11/12/2019	2,0
14/08/2019	1,8	18/12/2019	0,4
28/08/2019	1,0	24/12/2019	0,6
04/09/2019	2,0	02/01/2020	1,2
18/09/2019	1,4	11/01/2020	0,4
25/09/2019	3,0	17/01/2020	1,0
02/10/2019	0,0	23/01/2020	1,0
09/10/2019	1,0	06/02/2020	1,4
16/10/2019	1,0	12/02/2020	0,8
25/10/2019	3,0	19/02/2020	1,0
06/11/2019	1,6	27/02/2020	1,4
13/11/2019	1,6	18/03/2020	1,2
20/11/2009	1,4	25/03/2020	2

Dia	Fe tot (mg/L)	Cd tot (mg/L)	Cu tot (mg/L)	Pb tot (mg/L)	Cr tot (mg/L)	Ni tot (mg/L)	Zn tot (mg/L)
23/10/2019	0,354	<0,001	<0,006	<0,030	<0,007	<0,005	<0,03
31/01/2020	0,208	<0,001	<0,006	<0,030	<0,006	<0,005	<0,03

Salientamos que os dados somente podem ser utilizados para o estudo solicitado, sendo vedada sua divulgação para fora deste escopo sem a expressa autorização da CORSAN.

Sem mais, atenciosamente,

Jackson Ritter
Coordenador Técnico Interior
DECE/SUTRA
Matr. 157768

Página 4

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO – CORSAN
Rua Caldas Júnior, 120 – 18° andar – Edifício Banrisul – CEP 90.010 – 260 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul
www.corsan.com.br

Fonte: Ritter (2020).

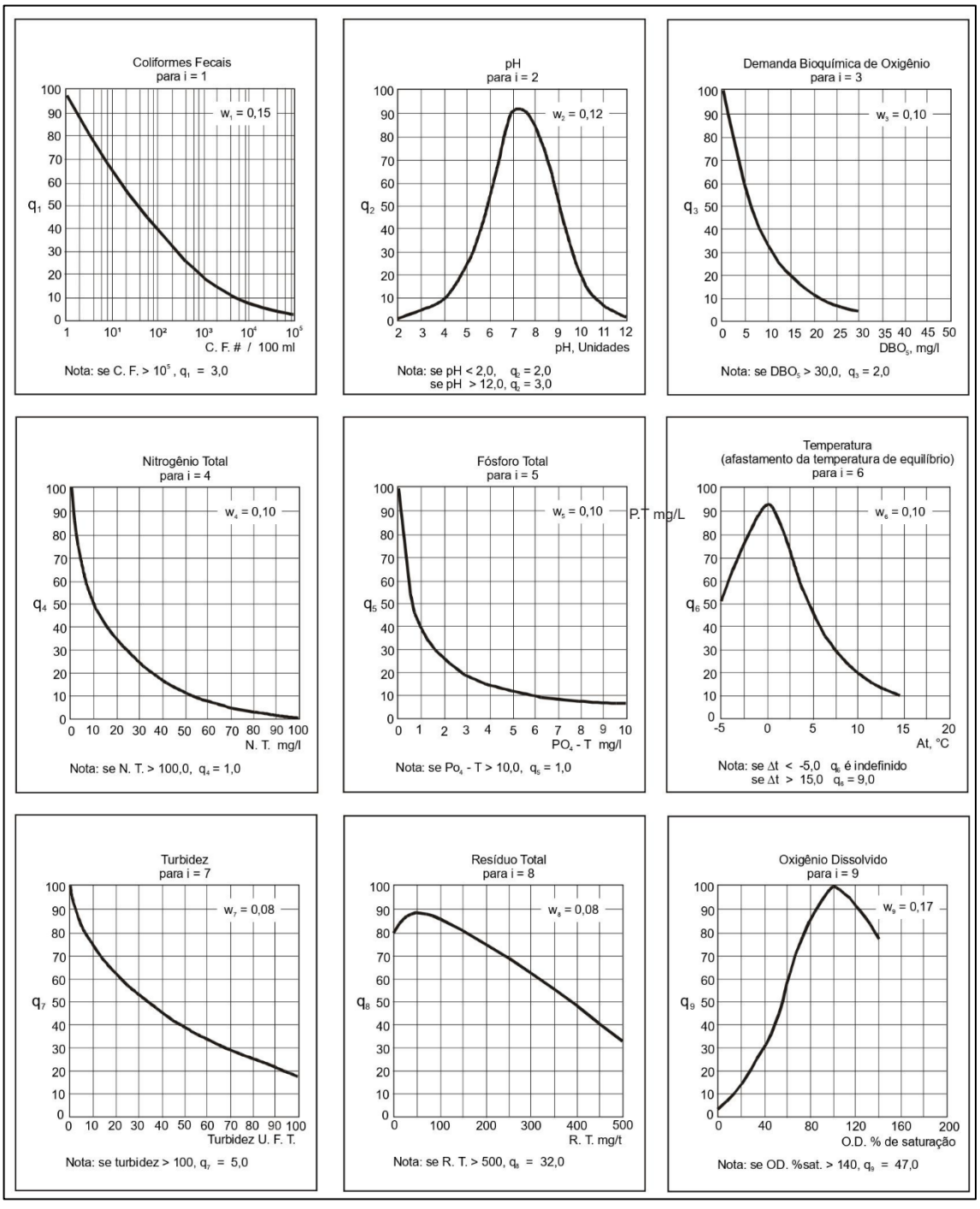
ANEXO A – Continuação (4/4)

Ensaios químicos, físico químicos e microbiológicos da água realizados pela CORSAN

Descrição do ensaio	Faixa de operaçao ou Limite de Quantificação (LQ)	Norma ou procedimento
Escherchia coli: ensaio quantitativo – Método Substrato Ensimático	LQ = 1 NMP/100mL	Standard Methods -23rd Edition (2017) – Método 9223 B.2.b
Nitrogênio amoniacal – Método titulométrico	LQ = 2,0 mg/L N	Standard Methods -23rd Edition (2017) – Método 4500-NH3 B e C
Fósforo total – Método colorimétrico do ácido ascórbico	LQ = 0,03 mg/L P	Standard Methods -23rd Edition (2017) – Método 4500-P E
Demanda Química de Oxigênio – refluxo fechado – método colorimétrico	LQ = 33 mg/L O_2	Standard Methods -23rd Edition (2017) – Método 5220-D
Determinação de Sólidos Suspensos Totais – Método Gravimétrico	LQ = 20 mg/L	Standard Methods -23rd Edition (2017) – Método 2540-D
Determinação de pH – Método potenciométrico	2-12	Standard Methods -23rd Edition (2017) – Método 4550
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	LQ = 2 mg/L	Standard Methods -23rd Edition (2017) – Método 5210 B
Cádmio total	LQ = 0,0013 mg/L	EPA – Método 6010 D
Chumbo total	LQ = 0,035 mg/L	EPA – Método 6010 D
Cobre total	LQ = 0,009 mg/L	EPA – Método 6010 D
Cromo total	LQ = 0,007 mg/L	EPA – Método 6010 D
Níquel total – Método espectrometria de emissão óptica com plasma	LQ = 0,006 mg/L	EPA – Método 6010 D
Zinco total – Método espectrometria de emissão óptica com plasma	LQ = 0,04 mg/L	EPA – Método 6010 D

Ensaios reconhecidos pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISSO/IEC 17025:2017.
Obs.: informações fornecidas pela CORSAN-DESCER/SUTRA – DEPARTAMENTO DE ENSAIOS E CONTROLE DE EFLUENTES LÍQUIDOS E RESÍDUOS.

ANEXO B – Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas.



Fonte: CETESB (2019a, p. 4)

ANEXO C – Protocolo de Avaliação Rápida para Rios Urbano (PAR-RU)

Critério	Condição do rio e pontuação		
	Boa (10 pontos)	**Regular (5 pontos)**	**Ruim (0 ponto)**
Estabilidade das margens.	Margens estáveis, ausência ou mínima evidência de erosão ou falhas.	Margens moderadamente estáveis, com erosões cicatrizadas.	Margens instáveis e muitas áreas erodidas. Erosão frequente ao longo da seção reta e das curvas.
Largura da mata ciliar	Maior que 30 metros.	-	Menor que 30 metros.
Tipo de uso e ocupação predominante do entorno	Mata ciliar em estágio médio/avançado de sucessão.	Agricultura com práticas de manejo e conservação dos solos.	Uso residencial, comercial, industrial ou mineração, agricultura sem práticas de conservação dos solos, solo exposto, pastagens.
Poluição pontual	Lançamento não perceptível de efluentes líquidos e resíduos sólidos no rio.	-	Pontos de lançamento de efluentes líquidos e de resíduos sólidos no rio.
Alterações antrópicas na estrutura do rio	Sem alterações no rio, como aterros, barragens e estabilização artificial das margens.	Pouca modificação presente no leito e nas margens.	Leito e margens bastante modificados.
Deposição de sedimentos	Feições deposicionais (ilhas ou barras) ausentes ou alargamento não perceptível.	Deposição moderada de cascalhos novos, areia ou sedimento fino com pouca alteração nas feições deposicionais.	Elevada deposição de cascalhos novos, areia ou sedimento fino e aumento no desenvolvimento de feições deposicionais.

ANEXO C – Continuação (1/1).

Critério	**Condição do rio e pontuação**		
	Boa (10 pontos)	**Regular (5 pontos)**	**Ruim (0 ponto)**
Condições de escoamento do leito fluvial	A água preenche todo o leito menor e há uma quantidade mínima de substratos expostos.	A água preenche parte do leito menor e a maioria dos substratos nas corridas estão expostos.	Pouquíssima água no leito menor, sendo a maioria de água parada em poços.
Odor na água	Não perceptível.	-	Perceptível.
Óleos, graxas e espumas na água	Não perceptível.	-	Perceptível.
Cor ou turbidez na água.	Não perceptível.	Levemente turva.	Turva, opaca ou colorida.
Substratos e/ou *habitats* disponíveis	Vários tipos e tamanhos de substratos para a epifauna e abrigo para insetos, anfíbios ou peixes, tais como rochas, troncos, margens escavadas ou outros habitats estáveis.	*Habitats* estáveis mesclados. A velocidade da água não permite a estabilização dos substratos.	*Habitats* monótonos ou com pouca diversificação. Não há presença galhos, cascalhos, seixos rolados ou vegetação aquática.
Soterramento	Fundo pouco ou nada coberto por sedimentos finos.	Cerca da metade do fundo coberto por sedimentos finos.	Quase todo o fundo coberto por sedimentos finos.

Fonte: Campos e Nucci (2019, p. 271-272).

ANEXO D – Relatórios de ensaios da qualidade da água superficial

Ponto de Referência (PR) – Campanha 1 (15 de agosto de 2019)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 226884/19 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Anne Krummenauer
Local de Amostragem: Ponto 6- Nascente
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 15/08/2019 — Data de Recebimento no Laboratório: 15/08/2019
Peso/Volume Amostrado: 1,6L — Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	*Data Análise*
Cádmio *	Standard Methods 3111 B	< 0,001	mg/L Cd	---	*0,001*	*28/08/2019*
Chumbo *	Standard Methods 3111 B	< 0,01	mg/L Pb	---	*0,01*	*28/08/2019*
Cobre *	Standard Methods 3111 B	< 0,007	mg/L Cu	---	*0,007*	*28/08/2019*
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	3,3 x 10^1	NMP/100mL	---	*1,8*	*16/08/2019*
Cromo Total *	Standard Methods 3111 B	< 0,027	mg/L Cr	---	*0,027*	*28/08/2019*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	2,3	mg/L O_2	---	*1*	*15/08/2019*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	< 0,05	mg/L PO_4	---	*0,05*	*19/08/2019*
Níquel *	Standard Methods 3111 B	< 0,02	mg/L Ni	---	*0,02*	*28/08/2019*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	8,6	mg/L O_2	---	*0,5*	*15/08/2019*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	5,73	NTU	---	*0,76*	*15/08/2019*
Zinco Total *	Standard Methods 3111 B	< 0,03	mg/L Zn	---	*0,03*	*28/08/2019*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition..
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2005.

Plano de amostragem sob responsabilidade do solicitante.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.

Porto Alegre, 29 de Agosto de 2019.

Marcelo Lega
Químico / Responsável Técnico
CRQ-05201042 / 5ª Região

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025
Laboratório Químico e Físico-Químico

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00031/2019

Chave de Validação: 1FE13DC1AD8E10233D094BA05B5F800FF52723BF
Relatório de Ensaio nº 226884/19 Última Atualização: 15/08/2019

Tecnologia e Serviço do Meio Ambiente
www.quimioambiental.com.br

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

Observação: a nomenclatura do local de amostragem “Ponto 6-Nascente” foi posteriormente substituída por “Ponto de Referência”.

ANEXO D – Continuação (1/11)

Ponto de Referência (PR) – Campanha 2 (04 de março de 2020)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 235807/20 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Arroio José Joaquim - Sapucaia do Sul - RS
Local de Amostragem: Nascente
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 04/03/2020 — Data de Recebimento no Laboratório: 04/03/2020
Peso/Volume Amostrado: 3,1L — Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	Data Análise
Cádmio *	Standard Methods 3111 B	< 0,005	mg/L Cd	---	*0,005*	*06/03/2020*
Chumbo *	Standard Methods 3111 B	< 0,01	mg/L Pb	---	*0,01*	*06/03/2020*
Cobre *	Standard Methods 3111 B	< 0,007	mg/L Cu	---	*0,007*	*06/03/2020*
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	> 1,6 x 10^3	NMP/100mL	---	*1,8*	*05/03/2020*
Cromo Total *	Standard Methods 3111 B	< 0,027	mg/L Cr	---	*0,027*	*06/03/2020*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	79,4	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	0,06	mg/L PO_4	---	*0,05*	*09/03/2020*
Níquel *	Standard Methods 3111 B	< 0,02	mg/L Ni	---	*0,02*	*06/03/2020*
Nitrogênio Amoniacal *	EPA 350.2	< 0,05	mg/L N	---	*0,05*	*06/03/2020*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	8,6	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
pH *	NBR 9251:1986	8,3	---	---	*1*	*04/03/2020*
Sólidos Totais *	Standard Methods 2540 B	28	mg/L	---	*23*	*10/03/2020*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	4,9	NTU	---	*0,76*	*04/03/2020*
Zinco Total *	Standard Methods 3111 B	< 0,045	mg/L Zn	---	*0,045*	*06/03/2020*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition..
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2017.

Resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.
Porto Alegre, 20 de Março de 2020.

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUINDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025

Ramona da Rocha Monteiro
Técnico Químico
CRQ 05407697 5ªRegião

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00004/2020

Chave de Validação: 74EAB90CFBBCD49C5CA864E20E2CA4F4A46BCEB4

Relatório de Ensaio nº 235807/20 Última Atualização: 18/12/2019

Tecnologia & Serviço do Meio Ambiente www.quimioambiental.com.br

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

Observação: a nomenclatura do local de amostragem "Nascente" foi posteriormente substituída por "Ponto de Referência".

ANEXO D – Continuação (2/11)

Ponto 1 (P1) – Campanha 1 (15 de agosto de 2019)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 226879/19 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Anne Krummenauer
Local de Amostragem: Ponto 1
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 15/08/2019
Data de Recebimento no Laboratório: 15/08/2019
Peso/Volume Amostrado: 1,6L
Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	*Data Análise*
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	$> 1,6 \times 10^3$	NMP/100mL	---	*1,8*	*16/08/2019*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	1,1	mg/L O_2	---	*1*	*15/08/2019*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	0,25	mg/L PO_4	---	*0,05*	*19/08/2019*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	8,2	mg/L O_2	---	*0,5*	*15/08/2019*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	10,2	NTU	---	*0,76*	*15/08/2019*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition..
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2005.

Plano de amostragem sob responsabilidade do solicitante.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.

Porto Alegre, 27 de Agosto de 2019.

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025
Laboratório Químico e Físico-Químico

Marcelo Lopes
Químico / Responsável Técnico
CRQ-05201042 / 5ª Região

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00031/2019

Chave de Validação: 0540B734BB2B91F2073AD5F849E4EC5313070286

Relatório de Ensaio nº 226879/19 Última Atualização: 15/08/2019

Tecnologia e Serviço do Meio Ambiente
www.quimioambiental.com.br

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

ANEXO D – Continuação (3/11)

Ponto 1 (P1) – Campanha 2 (04 de março de 2020)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 235803/20 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Arroio José Joaquim - Sapucaia do Sul - RS
Local de Amostragem: Ponto 1
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 04/03/2020
Data de Recebimento no Laboratório: 04/03/2020
Peso/Volume Amostrado: 2,6L
Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	Data Análise
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	> 1,6 x 10^3	NMP/100mL	---	*1,8*	*05/03/2020*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	158,9	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	1,4	mg/L PO_4	---	*0,05*	*09/03/2020*
Nitrogênio Amoniacal *	EPA 350.2	< 0,05	mg/L N	---	*0,05*	*06/03/2020*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	8,7	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
pH *	NBR 9251:1986	7,4	---	---	*1*	*04/03/2020*
Sólidos Totais *	Standard Methods 2540 B	124	mg/L	---	*23*	*10/03/2020*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	11,0	NTU	---	*0,76*	*04/03/2020*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition..
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2017.

Resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.
Porto Alegre, 20 de Março de 2020.

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025

Ramona da Rocha Monteiro
Técnico Químico
CRQ 05407697 5ªRegião

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00004/2020

Chave de Validação: 6EB4DA82DAA3700706BB4C0B6EB96DE6CC728750

Relatório de Ensaio nº 235803/20 Última Atualização: 18/12/2019

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

ANEXO D – Continuação (4/11)

Ponto 2 (P2) – Campanha 1 (15 de agosto de 2019)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 226880/19 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Anne Krummenauer
Local de Amostragem: Ponto 2
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 15/08/2019 — Data de Recebimento no Laboratório: 15/08/2019
Peso/Volume Amostrado: 1,6L — Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	*Data Análise*
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	$7,9 \times 10^1$	NMP/100mL	---	*1,8*	*16/08/2019*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	1,7	mg/L O_2	---	*1*	*15/08/2019*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	2,4	mg/L PO_4	---	*0,05*	*19/08/2019*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	8,4	mg/L O_2	---	*0,5*	*15/08/2019*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	17,0	NTU	---	*0,76*	*15/08/2019*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition..
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2005.

Plano de amostragem sob responsabilidade do solicitante.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.

Porto Alegre, 27 de Agosto de 2019.

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025
Laboratório Químico e Físico-Químico

Marcelo Lopes
Químico / Responsável Técnico
CRQ-05201042 / 5ª Região

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00031/2019

Chave de Validação: DE659B964D36804A09D93CBB30FB34BF40C5756C

Relatório de Ensaio nº 226880/19 Última Atualização: 15/08/2019

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

Tecnologia e Serviço do Meio Ambiente
www.quimioambiental.com.br

ANEXO D – Continuação (5/11)

Ponto 2 (P2) – Campanha 2 (04 de março de 2020)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 235804/20 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Arroio José Joaquim - Sapucaia do Sul - RS
Local de Amostragem: Ponto 2
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 04/03/2020
Data de Recebimento no Laboratório: 04/03/2020
Peso/Volume Amostrado: 2,6L
Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	Data Análise
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	> 1,6 x 10^3	NMP/100mL	---	*1,8*	*05/03/2020*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	79,4	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	9,2	mg/L PO_4	---	*0,05*	*09/03/2020*
Nitrogênio Amoniacal *	EPA 350.2	3,5	mg/L N	---	*0,05*	*06/03/2020*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	7,9	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
pH *	NBR 9251:1986	7,0	---	---	*1*	*04/03/2020*
Sólidos Totais *	Standard Methods 2540 B	268	mg/L	---	*23*	*10/03/2020*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	16,0	NTU	---	*0,76*	*04/03/2020*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition..
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2017.

Resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.
Porto Alegre, 20 de Março de 2020.

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025

Ramona da Rocha Monteiro
Técnico Químico
CRQ 05407697 5ªRegião

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00004/2020

Chave de Validação: F1DA192059452D6AB43EFD2AB2C76D4781C08508

Relatório de Ensaio nº 235804/20 Última Atualização: 18/12/2019

Tecnologia e Serviço do Meio Ambiente
www.quimioambiental.com.br

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

ANEXO D – Continuação (6/11)

Ponto 3 (P3) – Campanha 1 (15 de agosto de 2019)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 226881/19 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Anne Krummenauer
Local de Amostragem: Ponto 3
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 15/08/2019 — Data de Recebimento no Laboratório: 15/08/2019
Peso/Volume Amostrado: 1,6L — Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	*Data Análise*
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	1,7 x 10^2	NMP/100mL	---	*1,8*	*16/08/2019*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	1,6	mg/L O_2	---	*1*	*15/08/2019*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	2,6	mg/L PO_4	---	*0,05*	*19/08/2019*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	8,5	mg/L O_2	---	*0,5*	*15/08/2019*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	281,0	NTU	---	*0,76*	*15/08/2019*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition..
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2005.

Plano de amostragem sob responsabilidade do solicitante.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.

Porto Alegre, 27 de Agosto de 2019.

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025
Laboratório Químico e Físico-Químico

Marcelo Lopes
Químico / Responsável Técnico
CRQ-05201042 / 5ª Região

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00031/2019

Chave de Validação: 5E3A397A865A6A7EE9C5AB49FD19153710329FED

Relatório de Ensaio nº 226881/19 Última Atualização: 15/08/2019

Tecnologia e Serviço do Meio Ambiente
www.quimioambiental.com.br

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

ANEXO D – Continuação (7/11)

Ponto 3 (P3) – Campanha 2 (04 de março de 2020)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 235805/20 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Arroio José Joaquim - Sapucaia do Sul - RS
Local de Amostragem: Ponto 3
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 04/03/2020
Data de Recebimento no Laboratório: 04/03/2020
Peso/Volume Amostrado: 2,6L
Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	Data Análise
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	> 1,6 x 10^3	NMP/100mL	---	*1,8*	*05/03/2020*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	188,7	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	9,9	mg/L PO_4	---	*0,05*	*09/03/2020*
Nitrogênio Amoniacal *	EPA 350.2	1,7	mg/L N	---	*0,05*	*06/03/2020*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	8,9	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
pH *	NBR 9251:1986	7,1	---	---	*1*	*04/03/2020*
Sólidos Totais *	Standard Methods 2540 B	200	mg/L	---	*23*	*10/03/2020*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	19,0	NTU	---	*0,76*	*04/03/2020*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition..
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2017.

Resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.
Porto Alegre, 20 de Março de 2020.

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025

Ramona da Rocha Monteiro
Técnico Químico
CRQ 05407697 5ªRegião

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00004/2020

Chave de Validação: FE1E6514A29E32260C76FECC2C7CBE8BFAE2F880

Relatório de Ensaio nº 235805/20 Última Atualização: 18/12/2019

Tecnologia e Serviço do Meio Ambiente
www.quimioambiental.com.br

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

ANEXO D – Continuação (8/11)

Ponto 4 (P4) – Campanha 1 (15 de agosto de 2019)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 226882/19 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Anne Krummenauer
Local de Amostragem: Ponto 4
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 15/08/2019
Data de Recebimento no Laboratório: 15/08/2019
Peso/Volume Amostrado: 1,6L
Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	*Data Análise*
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	$> 1,6 \times 10^3$	NMP/100mL	---	*1,8*	*16/08/2019*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	1,7	mg/L O_2	---	*1*	*15/08/2019*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	2,0	mg/L PO_4	---	*0,05*	*19/08/2019*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	8,5	mg/L O_2	---	*0,5*	*15/08/2019*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	10,4	NTU	---	*0,76*	*15/08/2019*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition..
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2005.

Plano de amostragem sob responsabilidade do solicitante.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.

Porto Alegre, 27 de Agosto de 2019.

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025
Laboratório Químico e Físico-Químico

Marcelo Lopes
Químico / Responsável Técnico
CRQ-05201042 / 5ª Região

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00031/2019

Chave de Validação: 3BD5FB316D21D09BE4F651DB19E5131E524320A2

Relatório de Ensaio nº 226882/19 Última Atualização: 15/08/2019

Tecnologia e Serviço do Meio Ambiente
www.quimioambiental.com.br

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

ANEXO D – Continuação (9/11)

Ponto 4 (P4) – Campanha 2 (04 de março de 2020)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 235806/20 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Arroio José Joaquim - Sapucaia do Sul - RS
Local de Amostragem: Ponto 4
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 04/03/2020
Data de Recebimento no Laboratório: 04/03/2020
Peso/Volume Amostrado: 2,6L
Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	Data Análise
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	> 1,6 x 10^3	NMP/100mL	---	*1,8*	*05/03/2020*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	208,5	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	0,8	mg/L PO_4	---	*0,05*	*13/03/2020*
Nitrogênio Amoniacal *	EPA 350.2	3,2	mg/L N	---	*0,05*	*06/03/2020*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	8,6	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
pH *	NBR 9251:1986	7,3	---	---	*1*	*04/03/2020*
Sólidos Totais *	Standard Methods 2540 B	148	mg/L	---	*23*	*10/03/2020*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	7,4	NTU	---	*0,76*	*04/03/2020*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition..
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2017.

Resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.
Porto Alegre, 20 de Março de 2020.

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025

Ramona da Rocha Monteiro
Técnico Químico
CRQ 05407697 5ªRegião

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00004/2020

Chave de Validação: 2ECABE7089A81D0FD15C2CE0BCC85127E8BCBD9B

Relatório de Ensaio nº 235806/20 Última Atualização: 18/12/2019

Tecnologia e Serviço do Meio Ambiente
www.quimioambiental.com.br

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

ANEXO D – Continuação (10/11)

Ponto 5 (P5) – Campanha 1 (15 de agosto de 2019)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 226883/19 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Anne Krummenauer
Local de Amostragem: Ponto 5 - Foz
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 15/08/2019 — Data de Recebimento no Laboratório: 15/08/2019
Peso/Volume Amostrado: 1,6L — Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	*Data Análise*
Cádmio *	Standard Methods 3111 B	< 0,001	mg/L Cd	---	*0,001*	*28/08/2019*
Chumbo *	Standard Methods 3111 B	< 0,01	mg/L Pb	---	*0,01*	*28/08/2019*
Cobre *	Standard Methods 3111 B	< 0,007	mg/L Cu	---	*0,007*	*28/08/2019*
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	9,2 x 10^2	NMP/100mL	---	*1,8*	*16/08/2019*
Cromo Total *	Standard Methods 3111 B	< 0,027	mg/L Cr	---	*0,027*	*28/08/2019*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	1,7	mg/L O_2	---	*1*	*15/08/2019*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	1,6	mg/L PO_4	---	*0,05*	*19/08/2019*
Níquel *	Standard Methods 3111 B	< 0,02	mg/L Ni	---	*0,02*	*28/08/2019*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	8,8	mg/L O_2	---	*0,5*	*15/08/2019*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	10,4	NTU	---	*0,76*	*15/08/2019*
Zinco Total *	Standard Methods 3111 B	< 0,03	mg/L Zn	---	*0,03*	*28/08/2019*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition..
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2005.

Plano de amostragem sob responsabilidade do solicitante.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.

Porto Alegre, 29 de Agosto de 2019.

Marcelo Lega
Químico / Responsável Técnico
CRQ-05201042 / 5ª Região

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025
Laboratório Químico e Físico-Químico

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00031/2019

Chave de Validação: BA96EAF8B80D7FCF4505A62AF414080C0D0AA38A

Relatório de Ensaio nº 226883/19 Última Atualização: 15/08/2019

Tecnologia e Serviço do Meio Ambiente
www.quimioambiental.com.br

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

Observação: a nomenclatura do local de amostragem “Ponto 5 - Foz” foi posteriormente substituída por “Ponto 5”.

ANEXO D – Continuação (11/11)

Ponto 5 (P5) – Campanha 2 (04 de março de 2020)

QUIMIOAMBIENTAL®
LABORATÓRIO

Relatório de Ensaio nº 235808/20 - 1
Solicitante: Anne Krummenauer
Endereço: Rua Fernando Machado, 265 /501 - Porto Alegre - RS

Dados Gerais
Procedência: Arroio José Joaquim - Sapucaia do Sul - RS
Local de Amostragem: Foz
Amostra Identificada como: Água Superficial
Responsável pela Amostragem: Solicitante
Data da Amostragem: 04/03/2020 — Data de Recebimento no Laboratório: 04/03/2020
Peso/Volume Amostrado: 3,1L — Material de Coleta Fornecido por: Laboratório Quimioambiental Ltda.
Tipo de Análise: Físico-Química e Microbiológica

Parâmetro	Método	Resultado	Unidade	VMP	LQ	Data Análise
Cádmio *	Standard Methods 3111 B	< 0,005	mg/L Cd	---	*0,005*	*06/03/2020*
Chumbo *	Standard Methods 3111 B	< 0,01	mg/L Pb	---	*0,01*	*06/03/2020*
Cobre *	Standard Methods 3111 B	< 0,007	mg/L Cu	---	*0,007*	*06/03/2020*
Coliformes Fecais (*E. coli*) *	Standard Methods 9223 B	1,1 x 10^2	NMP/100mL	---	*1,8*	*05/03/2020*
Cromo Total *	Standard Methods 3111 B	< 0,027	mg/L Cr	---	*0,027*	*06/03/2020*
DBO_5 *	Standard Methods 5210 B	288,0	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
Fosfatos	NBR 12772 / 1992	0,9	mg/L PO_4	---	*0,05*	*13/03/2020*
Níquel *	Standard Methods 3111 B	< 0,02	mg/L Ni	---	*0,02*	*06/03/2020*
Nitrogênio Amoniacal *	EPA 350.2	7,3	mg/L N	---	*0,05*	*06/03/2020*
Oxigênio Dissolvido *	Standard Methods O C	9,5	mg/L O_2	---	*1*	*04/03/2020*
pH *	NBR 9251:1986	7,2	---	---	*1*	*04/03/2020*
Sólidos Totais *	Standard Methods 2540 B	76	mg/L	---	*23*	*10/03/2020*
Turbidez *	Standard Methods 2130 B	4,9	NTU	---	*0,76*	*04/03/2020*
Zinco Total *	Standard Methods 3111 B	< 0,045	mg/L Zn	---	*0,045*	*06/03/2020*

Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition.
UFC: Unidade Formadora de Colônia; NMP: Número Mais Provável; LQ: Limite de Quantificação;
POP G 21 - Procedimento Operacional Padrão de Coleta de Águas e Efluentes, aplicável quando a coleta for realizada pelo Laboratório Quimioambiental.
NBR: Norma Brasileira; POP: Procedimento Operacional Padrão
*Ensaio(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica/RS, conforme NBR ISO/IEC 17025:2017.

Resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita à amostra analisada, só podendo ser reproduzidos na íntegra e com autorização formal.
O Laboratório Quimioambiental garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade da amostra.
Porto Alegre, 20 de Março de 2020.

REDE METROLÓGICA RS
LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO A NORMA NBR ISO/IEC 17025

Ramona da Rocha Monteiro
Técnico Químico
CRQ 05407697 5ªRegião

FEPAM
Laboratório Cadastrado
CCLAAM Nº 00004/2020

Chave de Validação: 08F439DFDA940B12E6C733C0BADC870A4CAC3203

Relatório de Ensaio nº 235808/20 Última Atualização: 18/12/2019

Tecnologia e Serviço do Meio Ambiente
www.quimioambiental.com.br

Laboratório Quimioambiental Ltda.- CNPJ: 01.767.883/0001-22
Rua Barão do Amazonas, 200 - Petrópolis - Porto Alegre - RS - Fone (51)3904.3600
CEP 90670-000 - www.quimioambiental.com.br - quimio@quimioambiental.com.br

Observação: a nomenclatura do local de amostragem “Foz” foi posteriormente substituída por “Ponto 5”.