

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL  
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**GERMANO BASSANESI ZUANAZZI**

**PLANO DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO  
ARROIO CRISTAL**

**CAXIAS DO SUL**

**2024**

**GERMANO BASSANESI ZUANAZZI**

**PLANO DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO  
ARROIO CRISTAL**

Trabalho de conclusão de curso entregue como parte dos requisitos para obter o grau de bacharel em Engenharia Ambiental na Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Panizzon

**CAXIAS DO SUL**

**2024**

**GERMANO BASSANESI ZUANAZZI**

**PLANO DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO  
ARROIO CRISTAL**

Trabalho de conclusão de curso entregue como parte dos requisitos para obter o grau de bacharel em Engenharia Ambiental na Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Panizzon

**Aprovado em:** \_\_/\_\_/\_\_

**Banca examinadora**

---

Prof. Dr. Tiago Panizzon  
Universidade de Caxias do Sul

---

Prof. Dra. Renata Cornelli  
Universidade de Caxias do Sul

---

Me. Janaina Ribeiro Velho  
SAMAE - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a meus pais, por todo apoio desde os primeiros momentos da graduação até o momento atual, por nunca deixarem faltar nada, e principalmente a minha mãe por ser meu suporte e sempre me motivar.

Agradeço a minha namorada Eduarda, por toda compreensão, paciência e ajuda neste último ano de graduação.

Agradeço a todos professores e coordenadoras de curso que fizeram parte da minha graduação, por todo conhecimento adquirido, toda minha evolução pessoal e profissional, em especial o meu orientador, professor Dr. Tiago Panizzon, que nunca mediu esforços para me auxiliar e apoiar nos momentos de aperto, que sempre me ajudou a seguir o foco principal e chegar aos meus objetivos.

Agradeço ao ISAM, em especial ao Químico e Técnico em qualidade William Luan Deconto, pelo auxílio nos procedimentos de amostragem em campo e realização dos relatórios de ensaio.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das bacias hidrográficas urbanas de Caxias do Sul.....	17
Figura 2 - Localização da sub-bacia do arroio Cristal .....	18
Figura 3 - Delimitação dos setores censitários perante a sub-bacia hidrográfica.....	19
Figura 4 - Uso e ocupação do solo no ano 2002.....	22
Figura 5 - Urbanização da área central de Parada Cristal no ano 2002.....	22
Figura 6 - Uso e ocupação de solo no ano 2011 .....	23
Figura 7 - Avanço nos centros urbanizados da área no ano 2011 .....	23
Figura 8 - Uso e ocupação do solo no ano 2018.....	24
Figura 9 - Uso e ocupação de solo no ano 2024.....	25
Figura 10 - Avanço da urbanização em APP - ano 2024 .....	25
Figura 11 - Classificação climática de Koppen no Brasil.....	27
Figura 12 - Regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul.....	28
Figura 13 - Regiões geomorfológicas do Rio Grande do Sul .....	29
Figura 14 - Mapa Geológico urbano de Caxias do Sul.....	30
Figura 15 - Tipos de solos do Rio Grande do Sul e região de estudo.....	31
Figura 16 - Biomas do Estado do Rio Grande do Sul.....	33
Figura 17 - Mapa da Reserva de Biosfera da Mata Atlântica - RS.....	34
Figura 18 - Mapa Reserva de Biosfera da Mata Atlântica na sub-bacia do arroio Cristal .....	36
Figura 19 - Mapa APPs de corpos hídricos na sub-bacia do arroio Cristal .....	37
Figura 20 - APPs ocupadas na porção Norte do bairro.....	38
Figura 21 - Ocupação em APP.....	38
Figura 22 - APP recentemente degradada (31/08/2024).....	39
Figura 23 - Mapa APP degradada na porção norte da sub-bacia do arroio Cristal ...	40
Figura 24 - Mapa hidrológico da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal .....	41
Figura 25 - Microbacias hidrográficas dos Arroios A e B.....	43
Figura 26 - Localização das indústrias geradoras de efluentes.....	45
Figura 27 - Espuma na superfície da água no arroio Faxinal – Bacia hidrográfica do Faxinal.....	48
Figura 28- Local com maior acúmulo de espuma.....	49
Figura 29 - Acúmulo de resíduos plásticos visualizadas nas árvores .....	50
Figura 30 - Pontos de amostragem .....	52

Figura 31 - Cálculo do IQA - Ponto 01 .....	61
Figura 32 - Cálculo do IQA - Ponto 02 .....	61
Figura 33 - Principais locais para ocupação territorial futura – vetores de pressão ..	67
Figura 34 - Vetores de pressão .....	68
Figura 35 - Vetores de pressão - Agricultura.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das microbacias hidrográficas da área .....	42
Tabela 2 - Carga de constituintes em efluente doméstico.....	44
Tabela 3 - Carga total diária de constituintes - Efluente doméstico.....	44
Tabela 4 - Vazão máxima de efluentes outorgada por empresa .....	46
Tabela 5 - Parâmetros e padrões de emissão conforme licenças ambientais .....	46
Tabela 6 - Carga total máxima diária de constituintes - efluente industrial .....	46
Tabela 7 – Estimativa de lançamento de efluentes na sub-bacia do arroio Cristal ...	47
Tabela 8 - Carga orgânica diária máxima lançada na sub-bacia hidrográfica .....	47
Tabela 9 - Classificação da qualidade das águas .....	55
Tabela 10 - Resultados análise ponto 01 .....	57
Tabela 11 - Resultados análise ponto 02 .....	58
Tabela 12 - Comparação entre os resultados das análises e padrões da CONAMA 357 .....	59
Tabela 13 - Projeção populacional para a área da sub-bacia .....	64
Tabela 14 - Projeção da vazão diária de efluente doméstico .....	65
Tabela 15 - Projeção carga total de constituintes em efluente doméstico sem tratamento – ano 2044 .....	66

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição pontos de amostragem.....	53
Quadro 2 - Classificação do Estado Trófico .....	56
Quadro 3 – Ação de monitoramento e alerta – Rompimento de ETE industrial .....	70
Quadro 4 – Ação de monitoramento e alerta - Lançamento de efluente industrial sem tratamento .....	70
Quadro 5 – Ação de resposta à acidentes ou emergências – Derramamento de produtos químicos .....	71
Quadro 6 - Síntese dos programas e projetos do presente plano .....	72
Quadro 7 – ED.01 - Educação Ambiental nas Escolas .....	78
Quadro 8 - ED.02 - Educação ambiental informal - resíduos domésticos .....	79
Quadro 9 - GE.01 - Tratamento do efluente doméstico.....	80
Quadro 10 - GE.02 - Limpeza de fossas sépticas .....	81
Quadro 11 – GE.03 - Outorga para lançamento de efluentes industriais .....	82
Quadro 12 - RAD.01 - Recuperação de APPs – Matas ciliares.....	83
Quadro 13 - RAD.02 - Manutenção de áreas verdes .....	84
Quadro 14 - MA.01 - Monitoramento das condições ambientais dos arroios .....	85
Quadro 15 - MA.02 - Fiscalização ambiental.....	86
Quadro 16 - GRS.01 - Gestão de resíduos domésticos .....	87
Quadro 17 - UOS.01 - Gestão do uso e ocupação do solo na sub-bacia do arroio Cristal .....	88

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2. DIRETRIZES LEGAIS E NORMAS</b> .....	<b>12</b>
2.1 DIRETRIZES NACIONAIS .....	12
2.2 DIRETRIZES ESTADUAIS E MUNICIPAIS .....	13
2.3 NORMAS TÉCNICAS .....	15
<b>3. DIAGNÓSTICO</b> .....	<b>16</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA.....	16
<b>3.1.1 Localização</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1.2 Caracterização da sub-bacia hidrográfica</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1.3 Uso e ocupação do solo</b> .....	<b>18</b>
3.1.4.1 População residente na área da sub-bacia .....	19
3.1.4.2 Descrição geral do bairro Parada Cristal .....	20
3.1.4.3 Infraestrutura de saneamento básico .....	21
3.1.4.4 Histórico de uso e ocupação do solo .....	21
3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-BIÓTICA.....	26
<b>3.2.1 Aspectos climáticos</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2.2 Geologia</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2.3 Pedologia</b> .....	<b>30</b>
<b>3.2.4 Caracterização do bioma e tipologias vegetais</b> .....	<b>32</b>
<b>3.2.5 Reserva da Biosfera da Mata Atlântica</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2.6 Áreas de Preservação Permanente</b> .....	<b>36</b>
<b>3.2.7 Aspectos hidrológicos</b> .....	<b>40</b>
3.2.7.1 Rede de drenagem.....	40
3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS CARGAS POLUENTES .....	43
<b>3.3.1 Efluentes domésticos</b> .....	<b>43</b>
<b>3.3.2 Efluentes industriais</b> .....	<b>44</b>
<b>3.3.3 Estimativa máxima da carga total de efluentes</b> .....	<b>47</b>
<b>3.3.4 Eventos de poluição visualizados no arroio Faxinal</b> .....	<b>48</b>
<b>3.3.5 Capacidade de diluição</b> .....	<b>50</b>

3.4	QUALIDADE DA ÁGUA NO ARROIO FAXINAL .....	51
3.4.1	<b>Plano de amostragem .....</b>	<b>51</b>
3.4.2	<b>Avaliação da qualidade de água através de índices.....</b>	<b>54</b>
3.4.2.1	Índice de Qualidade das Águas (IQA) .....	54
3.4.2.2	Índice de Estado Trófico (IET).....	55
3.4.2.3	Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE).....	56
3.4.3	<b>Avaliação dos resultados – Qualidade da água.....</b>	<b>57</b>
3.4.3.1	Avaliação das análises de qualidade da água.....	57
3.4.3.2	Avaliação do IQA – Índice de Qualidade da Água.....	60
3.4.3.3	Avaliação do IET – Índice de Estado Trófico.....	62
4.	<b>PROGNÓSTICO .....</b>	<b>64</b>
4.1	PROJEÇÃO POPULACIONAL.....	64
4.2.1	<b>Projeção da concentração de constituintes – efluente doméstico .</b>	<b>66</b>
4.3	VETORES DE PRESSÃO.....	67
4.4	AÇÕES DE CONTINGÊNCIA .....	69
4.4.1	<b>Monitoramento e alerta – Qualidade da água.....</b>	<b>70</b>
4.4.2	<b>Resposta à acidentes de transito.....</b>	<b>71</b>
4.5	PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES.....	71
4.5.1	<b>Descrição dos programas e ações.....</b>	<b>74</b>
4.5.1.1	Educação Ambiental.....	74
4.5.1.2	Gestão de efluentes .....	75
4.5.1.3	Recuperação de áreas degradadas .....	75
4.5.1.4	Monitoramento ambiental .....	76
4.5.1.5	Gestão de resíduos sólidos .....	77
4.5.1.6	Uso e ocupação do solo.....	77
4.5.2	<b>Apresentação das fichas de programas e ações.....</b>	<b>77</b>
4.5.2.1	Programa de Educação Ambiental: Educação Ambiental Formal .....	78
4.5.2.2	Programa de Educação Ambiental: Educação Ambiental Informal ....	79
4.5.2.3	Programa de gestão de efluentes: Tratamento de efluente doméstico .....	80

4.5.2.4 Programa de gestão de efluentes: Limpeza de fossas sépticas.....	81
4.5.2.5 Programa de gestão de efluentes: Gestão do lançamento de efluentes industriais .....	82
4.5.2.6 Programa de recuperação de áreas degradadas: Recuperação de APPs	83
4.5.2.7 Programa de recuperação de áreas degradadas: Manutenção de áreas verdes.....	84
4.5.2.8 Programa de monitoramento ambiental: Monitoramento dos corpos hídricos .....	85
4.5.2.9 Programa de monitoramento ambiental: Fiscalização.....	86
4.5.2.10 Programa de gestão de resíduos: Gestão dos resíduos sólidos domésticos .....	87
4.5.2.11 Programa de gestão do uso e ocupação do solo: Gestão do uso e ocupação do solo na sub-bacia do arroio Cristal.....	88
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>92</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação com o agravamento dos efeitos da atividade humana sobre o uso de recursos da natureza é cada vez mais considerada nas tomadas de decisão.

Segundo Magnago (2008), as atividades humanas geram alterações no meio, ocasionando desequilíbrios, ou seja, provocam novos equilíbrios diferentes do que existiam anteriormente, causando alterações à natureza. O resultado desses desequilíbrios, que é uma consequência das atividades humanas, é a poluição ou contaminação do meio ambiente.

Um dos grandes problemas ambientais vivenciados na atualidade é justamente a poluição e destruição dos recursos hídricos, poluição essa causada geralmente pela liberação indevida de efluentes sem tratamento prévio, diretamente ou indiretamente, mas destinando-se para dentro dos recursos hídricos.

O arroio Faxinal, do município de Caxias do Sul, é afetado pela descarga de efluentes provindos de arroios da localidade de Parada Cristal, se tratando principalmente de esgotamento sanitário, e também de efluentes industriais, que por lei, devem ser previamente tratados. Os causadores da poluição hídrica podem ser diversos, segundo Rebelo e Bavaresco (2008), as fontes de contaminação podem ser pontuais, como lançamentos de esgotos domésticos, efluentes industriais, aterros sanitários, entre outros, e difusos, como a aplicação de agrotóxicos em áreas agrícolas, gases de veículos, entre outros.

A sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal, a qual pertence a bacia do arroio Faxinal, localiza-se no bairro Parada Cristal, sendo composta por dois arroios principais que drenam a área urbana e rural da localidade, arroios os quais são os responsáveis pela drenagem pluvial, e também drenagem de efluentes domésticos e industriais da área.

Nesse contexto, o lançamento de efluentes nos arroios afluentes do arroio Faxinal acabam alterando a qualidade da água, interferindo dessa maneira na biota aquática e também terrestre, que tem ligação com os corpos hídricos afetados.

Além do problema ambiental causado pela contaminação hídrica, o local de estudo apresenta áreas de preservação permanente parcialmente desconfiguradas, sendo que as mesmas estão ocupadas por moradias irregulares, e não são preservadas de acordo com a legislação.

A poluição da bacia hidrográfica do arroio Faxinal, é de grande impacto regional, visto que o arroio deságua no rio São Marcos, o qual é afluente do Rio das Antas, dessa forma contaminando os rios da bacia hidrográfica do Taquari-Antas, que é de grande extensão e importância para a região.

Para avaliar as questões de poluição ambiental na área da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal, e propor melhorias buscando o equilíbrio ambiental, foi elaborado o plano de recuperação para essa área, buscando analisar, diagnosticar e caracterizar de forma geral, identificando também os principais problemas ambientais envolvidos, e a partir de então, definir os programas, projetos e ações cabíveis para buscar a remediação ambiental da área, e também benefícios socioambientais para a população que ali se encontra.

## 2. DIRETRIZES LEGAIS E NORMAS

No tópico a seguir, serão apresentadas as diretrizes e normas, que servem para embasamento teórico e com fins de orientar ou guiar a tomada de decisões nas áreas de interesse ambiental e social do presente plano.

### 2.1 DIRETRIZES NACIONAIS

Com relação à proteção do meio ambiente e principalmente à saneamento ambiental e áreas de preservação permanente, a nível federal, são destacadas as seguintes legislações e resoluções:

- **Lei nº 9.433/1997:** “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” (BRASIL, 1997).
- **Lei nº 9.795/1999:** “Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências” (BRASIL, 1999).
- **Lei nº 11.428/2006:** “Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências” (BRASIL, 2006).
- **Lei nº 11.445/2007:** “Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978” (BRASIL, 2007).
- **Lei nº 12.651/2012:** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 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 nº4.771, 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. (BRASIL, 2012).
- **Lei nº 14.026/2020:** “Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência

sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados” (BRASIL, 2020)

- **Lei nº 14.285/2021:** “Altera as Leis nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre regularização fundiária em terras da União, e 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para dispor sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d’água em áreas urbanas consolidadas” (BRASIL, 2021).
- **Resolução CONAMA nº 001/1986:** “Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental” (BRASIL, 1986).
- **Resolução CONAMA nº 357/2005:** “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” (BRASIL, 2005).
- **Resolução CONAMA nº 430/2011:** “Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA” (BRASIL, 2011).

## 2.2 DIRETRIZES ESTADUAIS E MUNICIPAIS

Nas esferas regionais, como estados e municípios, são apresentadas as seguintes legislações e resoluções:

- **Lei nº 15.434/2020:** “Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul” (RIO GRANDE DO SUL, 2020).
- **Lei nº 11.730/2023:** “Dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política Estadual de Educação Ambiental, cria o Programa Estadual de Educação Ambiental, que tem por objetivos o desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente e suas múltiplas e complexas relações; o estímulo e fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social e o incentivo à participação comunitária, ativa, permanente e responsável, na proteção, preservação e conservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania, dentre outros” (RIO GRANDE DO SUL, 2023).
- **Resolução CONSEMA nº 334/2016:** “Revoga a Resolução CONSEMA 129/2006 que dispõe sobre a definição de critérios e padrões de emissão para toxicidade de efluentes líquidos lançados em águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul” (RIO GRANDE DO SUL, 2016).
- **Resolução CONSEMA nº 355/2017:** “Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul” (RIO GRANDE DO SUL, 2017).
- **Resolução CRH nº 121/2012:** “Aprova o enquadramento das águas superficiais da Bacia hidrográfica do Taquari-Antas” (CRH-RS, 2012).
- **Lei Complementar nº 246/2005:** “Estabelece conceitos e funções da Zona das Águas – bacias de captação e acumulação de água para o abastecimento do município de Caxias do Sul, disciplina o uso e parcelamento do solo para estes espaços e dá outras providências” (CAXIAS DO SUL, 2005).
- **Lei nº 589/2019:** “Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) do Município de Caxias do Sul e dá outras providências” (CAXIAS DO SUL, 2019).

## 2.3 NORMAS TÉCNICAS

- **ABNT NBR 9.897/1987:** Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. “Fixa as condições exigíveis para a elaboração de planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos de água receptores” (ABNT, 1987).
- **ABNT NBR 9.898/1987:** Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. “Esta Norma fixa as condições exigíveis para a coleta e a preservação de amostras e de efluentes líquidos domésticos e industriais e de amostras de água, sedimentos e organismos aquáticos dos corpos receptores interiores superficiais” (ABNT, 1987).
- **ABNT NBR 17.025/2017:** “Rege os Sistemas de Gestão da Qualidade em laboratórios. Esta Norma especifica os requisitos gerais para procedimentos de ensaios e/ou calibrações, compreendendo amostras. Ela engloba os ensaios e as calibrações realizados. Estes procedimentos todos utilizam a metodologia contida na norma, como também métodos não normalizados e/ou utilizando métodos normalizados, métodos elaborados pelo laboratório” (ABNT,2017).
- **ABNT NBR 17.076/2024:** “Especifica os requisitos para sistema de tratamento de esgoto com vazão diária de esgoto até 12.000 L/dia e carga orgânica total até 3,80 kg DBO/dia em área não atendida por sistema de esgotamento sanitário.

### **3. DIAGNÓSTICO**

Neste item está apresentado o diagnóstico geral da sub-bacia hidrográfica em análise no presente plano, demonstrando aspectos relacionados a localização, rede de drenagem, e questões econômicas e sociais.

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA**

##### **3.1.1 Localização**

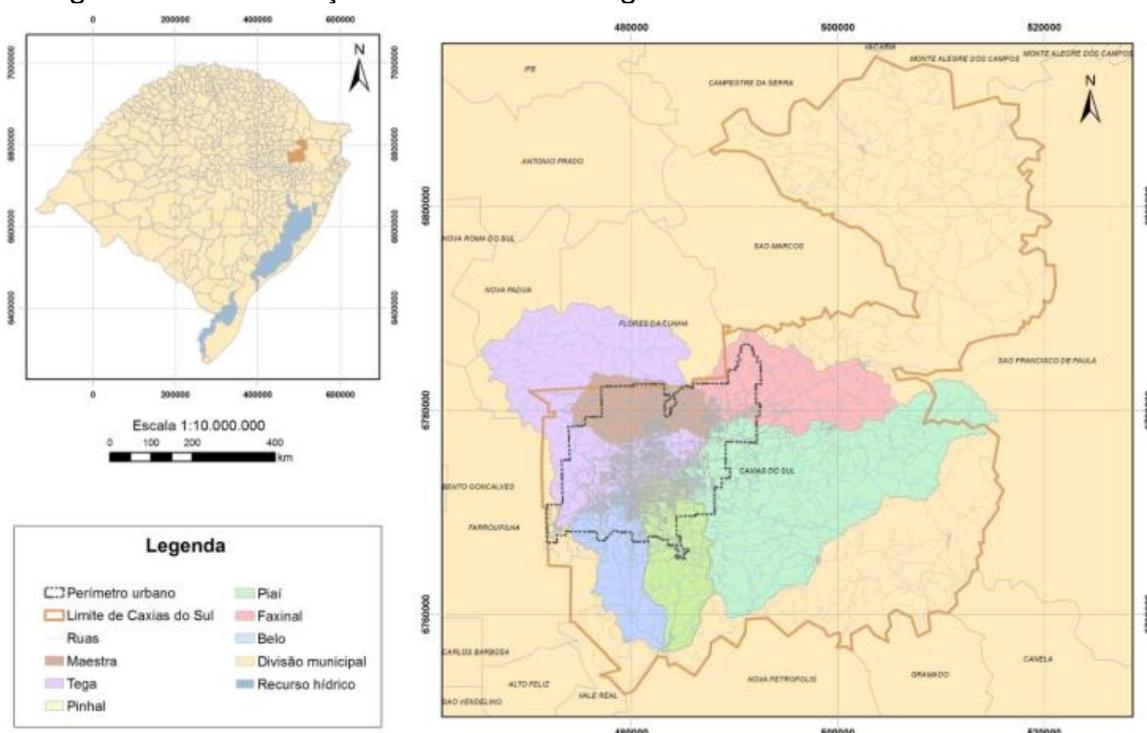
Caxias do Sul é um município localizado na porção nordeste do estado do Rio do Sul, sendo a maior cidade da Serra Gaúcha, à uma altitude de 817 metros. Segundo dados do IBGE (2022), a população no município de Caxias do Sul no ano de 2022 era de 463.501 pessoas, tendo uma densidade demográfica de 280,52 habitantes por quilômetro quadrado.

Segundo Vieceli (2013), Caxias do Sul tem a presença de 06 bacias hidrográficas urbanas, sendo elas: Maestra, Tega, Pinhal, Piaí, Faxinal, Belo, as quais estão demonstradas na Figura 01.

A bacia hidrográfica do arroio Faxinal totaliza uma área de 119 km<sup>2</sup>, consiste em uma sub-bacia do Rio São Marcos, estando localizada na porção norte do município de Caxias do Sul, englobando os distritos de Fazenda Souza e Vila Seca e os bairros Ana Rech e Parada Cristal, representada na cor rosa na Figura 01.

A sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal, está localizada cerca de 80% no bairro Parada Cristal, dividindo o restante da porcentagem com o bairro de Ana Rech e com a área rural de Flores da Cunha. A sub-bacia hidrográfica se caracteriza sendo a principal rede de drenagem pluvial do bairro Parada Cristal, drenando as águas da localidade para o arroio Faxinal e posteriormente para o rio São Marcos.

Figura 01 - Localização das bacias hidrográficas urbanas de Caxias do Sul



Fonte: Vieceli, et al (2013).

### 3.1.2 Caracterização da sub-bacia hidrográfica

De acordo com a resolução CONAMA 001, “as bacias hidrográficas são legalmente reconhecidas no Brasil desde 1986 como unidades de planejamento, devendo ser incluídas nos estudos de impactos ambientais, sendo posteriormente definida também como a unidade territorial para a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos” (BRASIL, 1986).

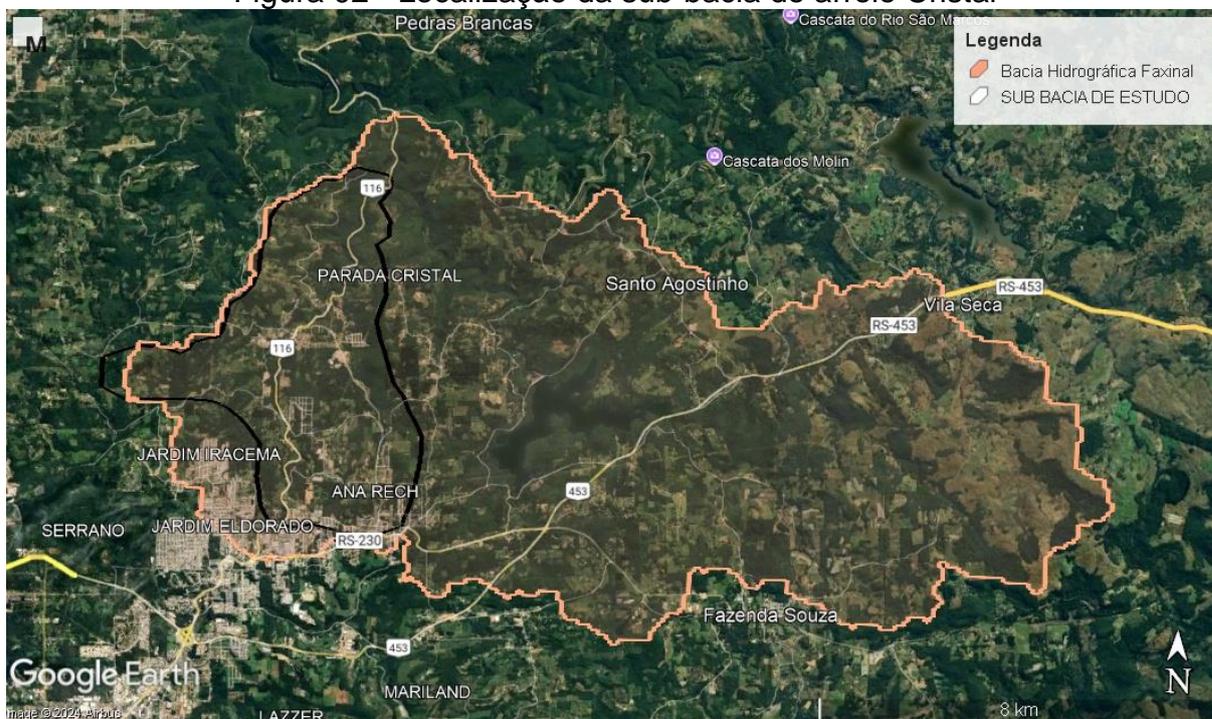
O conhecimento das condições naturais das bacias hidrográficas pode garantir uma maior eficiência das intervenções que venham a ser realizadas, e sob este contexto o planejamento ambiental deve considerar elementos importantes, como a caracterização destas unidades (CARELLI e LOPES, 2011).

O município de Caxias do Sul é dividido entre duas bacias hidrográficas de grande importância para a região, sendo elas a bacia do Taquari-Antas e a bacia do Rio Caí. Na porção norte, onde se encontra a área de estudo, a drenagem faz parte da bacia hidrográfica do Taquari-Antas.

Os arroios localizados no bairro Parada Cristal, drenam a área para o arroio Faxinal, que posteriormente desagua no rio São Marcos, afluente do Rio das Antas, caracterizando assim a sub-bacia hidrográfica em questão de análise.

Parada Cristal é um bairro de Caxias do Sul, localizado à cerca de 19 km do centro do município, às margens da BR 116 que liga Caxias do Sul à São Marcos. A sub-bacia do arroio Cristal, destacada na Figura 02 na cor preta, totaliza uma área de 22,8 km<sup>2</sup>, ou 2.285 hectares.

Figura 02 - Localização da sub-bacia do arroio Cristal



Fonte: Adaptado de Google Earth; SEMA (2024).

### 3.1.3 Uso e ocupação do solo

Em uso e ocupação do solo estão apresentados dados como população presente na área da sub-bacia, descrição geral do bairro Parada Cristal, e principalmente o histórico do uso e ocupação territorial da área da sub-bacia, demonstrando questões de evolução urbana e industrial atreladas aos impactos ambientais ocasionados pelas mesmas.

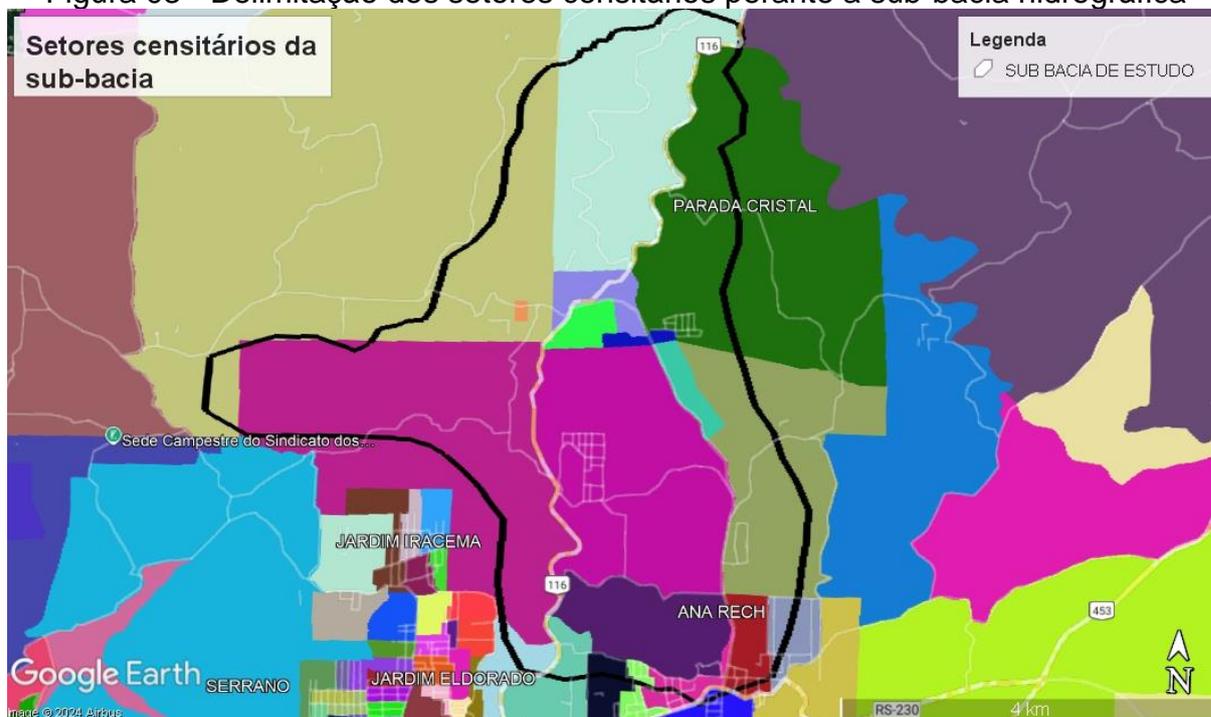
### 3.1.4.1 População residente na área da sub-bacia

Segundo dados da Secretaria Municipal de Planejamento de Caxias do Sul (2021), estima-se que a população do bairro Parada Cristal no ano de 2021 era de 1.936 pessoas. Ressalta-se que esse dado foi estimado através de uma projeção populacional para os bairros e distritos do município, se baseando no censo demográfico do IBGE de 2010.

Desta forma, buscando atualizar este dado com base no censo de 2020, tentou-se identificar a população da área da sub-bacia do arroio Cristal utilizando os setores censitários do censo 2020.

Segundo o IBGE (2024) setor censitário é a unidade territorial estabelecida para fins de controle cadastral, formado por área contínua, situada em um único quadro urbano ou rural, com dimensão e número de domicílios que permitam o levantamento feito por um recenseador. Aplicando o modelo dos setores censitários do IBGE, a área drenada pela sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal está subdividida entre 11 setores, havendo tanto setores urbanos quanto rurais. A delimitação dos setores censitários da área da sub-bacia está apresentada na Figura 03.

Figura 03 - Delimitação dos setores censitários perante a sub-bacia hidrográfica



Fonte: Adaptado de Google Earth; IBGE (2024).

Como pode ser observado na Figura 03, os setores censitários individuais do IBGE, abrangem uma área maior que a delimitada para a sub-bacia do arroio Cristal, contabilizando dessa forma uma população superestimada para a área de estudo. Sendo assim, optou-se por utilizar a população residente para as bases de cálculos, baseadas nos dados da Prefeitura Municipal de Caxias do Sul (2021), sendo essa de 1.936 pessoas. Utilizando da mesma proporção e a taxa de crescimento populacional de 1,67% ao ano, a população estimada para o ano de 2024 ficou em 2.034 pessoas.

#### 3.1.4.2 Descrição geral do bairro Parada Cristal

A caracterização socioeconômica para a sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal, se baseia nas informações do IBGE (2022) para o município de Caxias do Sul. Os indicadores econômicos e sociais foram considerados na totalidade do município.

Segundo dados do IBGE (2022), no ano de 2021 o município de Caxias do Sul obteve um Produto Interno Bruto - PIB per capita de R\$ 60.506,95 colocando-o na posição 158 de 497 entre os municípios do Estado. O salário médio mensal da população encontrava-se em torno de 2,9 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 38,3%.

A ocupação territorial da sub-bacia se dá principalmente na parte alta da mesma, ou seja, a maior parte da ocupação populacional se encontra na porção central e sul, sendo a parte norte a com menor ocupação, e conseqüentemente a mais preservada ambientalmente.

O bairro inserido na sub-bacia de análise, por ser considerado de pequeno porte, apresenta distribuição setorial sendo ocupada principalmente de pequenos comércios e indústrias, algumas de grande porte. Se tratando do setor secundário, ou seja, que consiste nas atividades de transformação de matéria-prima, há também presença de grande indústria no ramo frigorífico, além de outro frigorífico de menor porte, uma indústria do ramo de papel e celulose e também uma indústria do ramo de curtimento de peles animais (curtume).

#### 3.1.4.3 Infraestrutura de saneamento básico

Por mais que muitos loteamentos habitacionais no bairro Parada Cristal se encontrem de forma irregular, como consta no mapa digital de Caxias do Sul (GeoCaxias), o bairro conta com coleta seletiva e orgânica realizada uma vez por semana pela CODECA (Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul), porém, algumas extremidades da sub-bacia não apresentam a coleta de forma regular.

O abastecimento de água potável é feito pelo SAMAE, sendo que a água que abastece a localidade é provinda do sistema Marrecas.

Segundo consulta no portal Geocaxias (2024), a localidade não apresenta sistema de coleta e tratamento de efluente coletivo, bem como estações de tratamento para efluente doméstico. Sendo assim, todo efluente bruto lançado pela população do bairro que não tem sistema individual de tratamento (fossa e filtro) segue para os corpos hídricos da sub-bacia do arroio Cristal. Além disso, para o funcionamento dos sistemas individuais de tratamento, como fossa e filtro, os mesmos dependem da limpeza dos próprios usuários, pois o município de Caxias do Sul não apresenta programa de limpeza.

#### 3.1.4.4 Histórico de uso e ocupação do solo

Foram utilizadas imagens de satélite disponíveis no *Google Earth* visando demonstrar o avanço na urbanização e o uso e ocupação do solo dentro da sub-bacia do arroio Cristal.

Pode-se observar nas Figuras 04 e 05 respectivamente, a área da sub-bacia hidrográfica e a pequena urbanização que havia no bairro de Parada Cristal no ano de 2002. A área apresentava grande quantidade de áreas vegetadas, áreas com presença de cultivos na porção sudeste, e pequenos núcleos de urbanização, mas já com a presença das empresas que estão até hoje no local.

Figura 04 - Uso e ocupação do solo no ano 2002

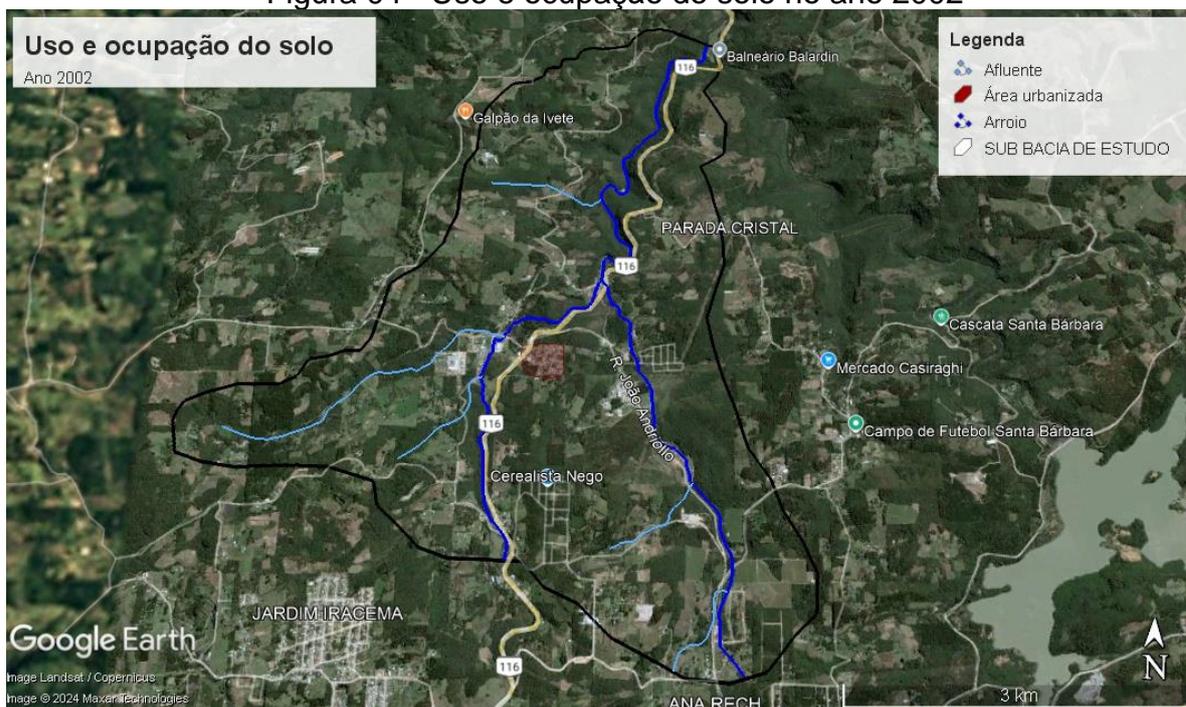


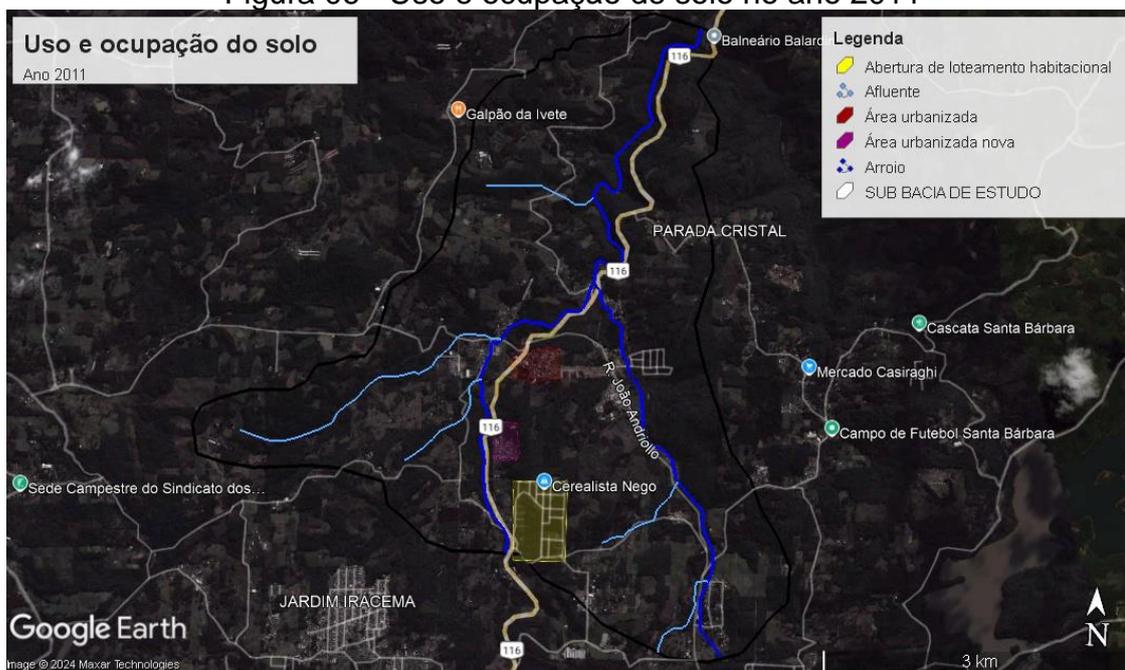
Figura 05 - Urbanização da área central de Parada Cristal no ano 2002



Nas Figuras 06 e 07, ambas do ano de 2011, é possível analisar o desenvolvimento dos núcleos populacionais principalmente no centro da sub-bacia onde se encontra a parte central do bairro de Parada Cristal, e também nas porções sul e sudeste, onde pode-se observar que as áreas vegetadas apresentadas nas

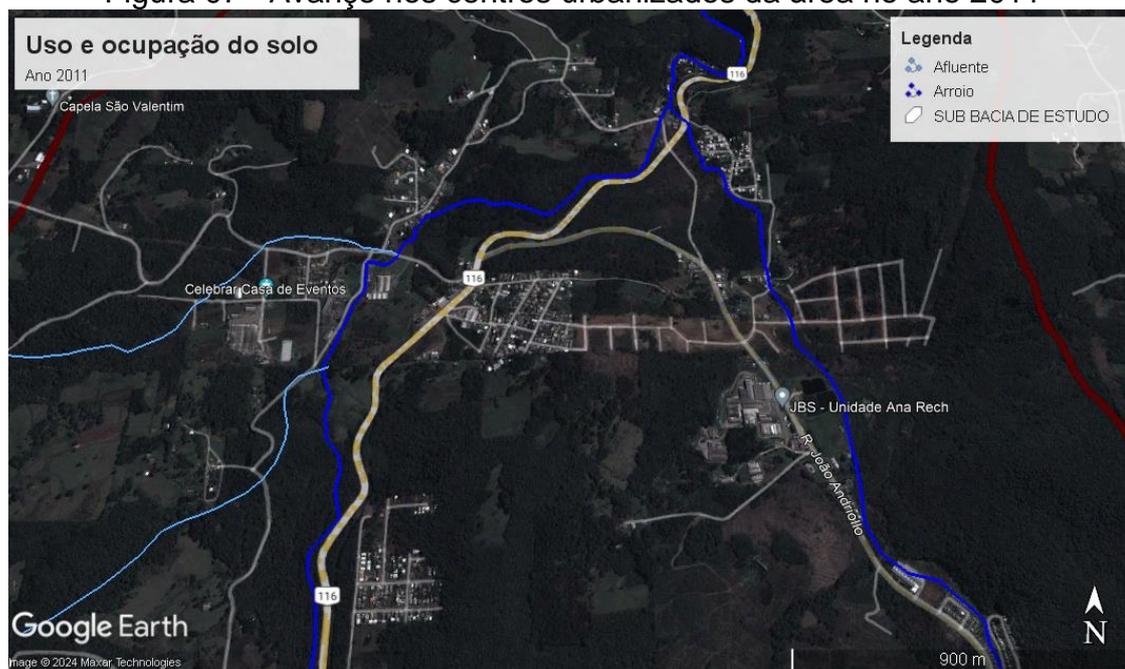
Figuras 04 e 05 dão lugar a novas áreas de maior urbanização e abertura de novos loteamentos populacionais, os quais podem ser observados com melhor precisão na Figura 07. Além disso, é possível observar o crescimento das zonas industriais da área.

Figura 06 - Uso e ocupação de solo no ano 2011



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

Figura 07 - Avanço nos centros urbanizados da área no ano 2011



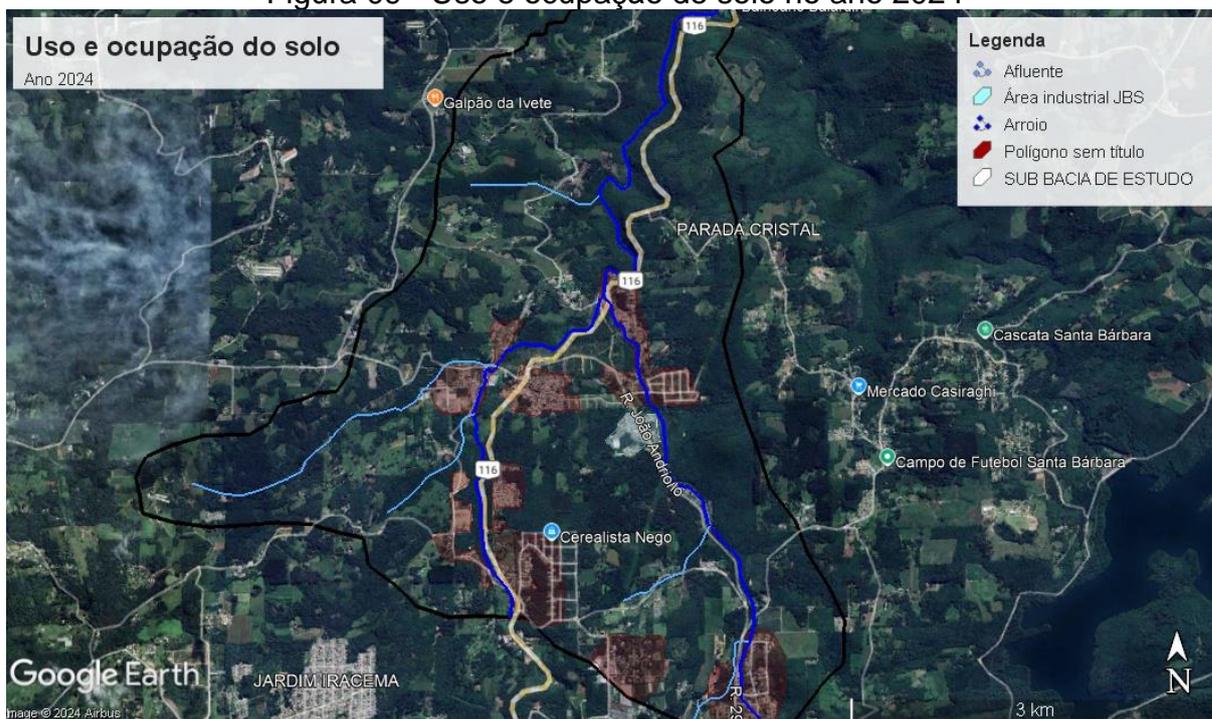
Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

Na Figura 08, pode-se observar o uso e ocupação de solo na área da sub-bacia em análise no ano de 2018, onde é possível observar principalmente o avanço nos loteamentos populacionais da área central e porção sul, os quais são irregulares segundo o próprio mapa digital do município. As áreas inicialmente vegetadas dão lugar cada vez mais a núcleos populacionais.



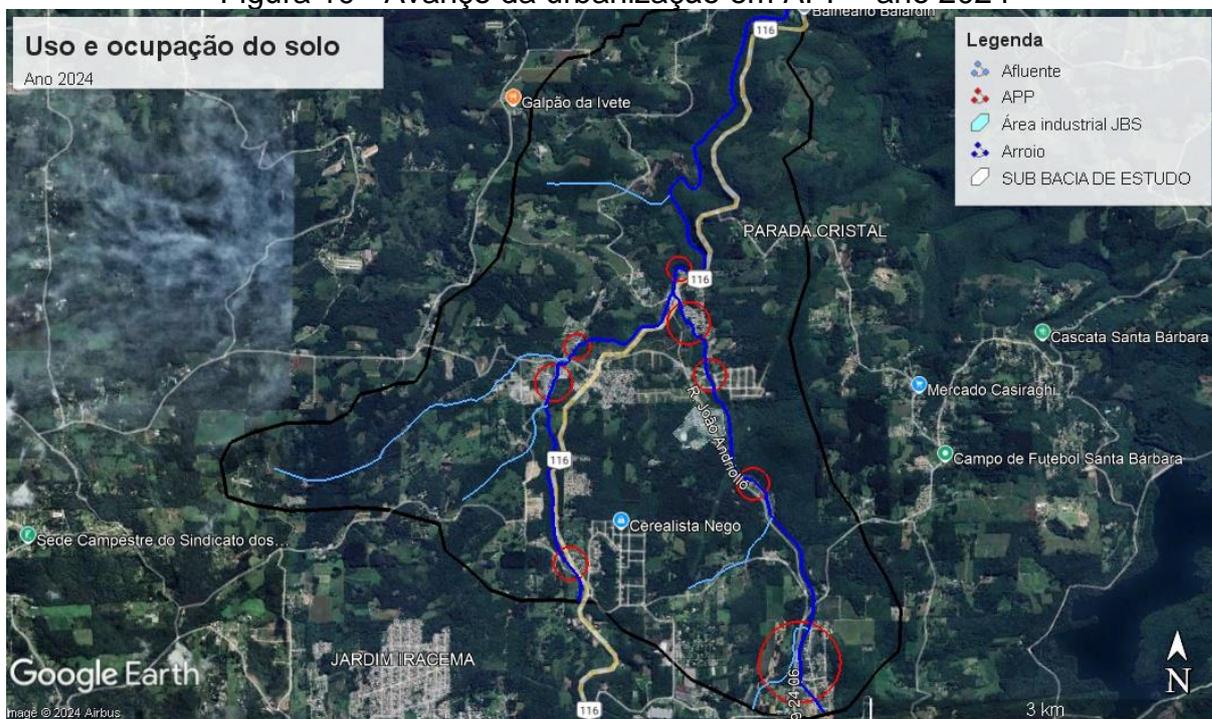
Nas Figuras 09 e 10, pode-se observar a área da sub-bacia no ano 2024. Comparando as imagens iniciais do ano de 2002, é possível analisar grande desenvolvimento urbano na área, fato que acaba gerando impactos ambientais como o desmatamento de áreas vegetadas, canalização de recursos hídricos, aumento na geração de resíduos sólidos e emissão de efluentes domésticos e industriais. Além disso, pode-se analisar também a presença de núcleos urbanizados em áreas consideradas de preservação permanente. As ocupações das Áreas de Preservação Permanente estão discutidas com maior detalhamento no tópico 3.2.5.

Figura 09 - Uso e ocupação de solo no ano 2024



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

Figura 10 - Avanço da urbanização em APP - ano 2024



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-BIÓTICA

No presente item estão apresentadas características relacionadas às questões físico-bióticas da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal, contendo informações climatológicas, geológicas e pedológicas.

### 3.2.1 Aspectos climáticos

A classificação climática de Koppen-Geiger é largamente utilizada, em sua forma original ou com modificações, e parte do pressuposto de que a vegetação natural é a melhor expressão do clima de uma região (Sá Junior, 2009). Essa classificação foi inicialmente publicada em 1901 e posteriormente atualizada nos anos de 1918, 1927 e 1936.

Segundo a classificação climática de Koppen-Geiger o Estado do Rio Grande do Sul é dividido entre os tipos climáticos Cfa e Cfb, sendo o grupo C caracterizado pelo clima Temperado. A porção da serra à nordeste do Rio Grande do Sul, onde está localizado o município de Caxias do Sul, está inserida entre os divisores das climáticas Cfa e Cfb como demonstrado na Figura 11, mas apresenta características mais relacionadas ao tipo Cfb.(Koppen-Geiger, 1931).

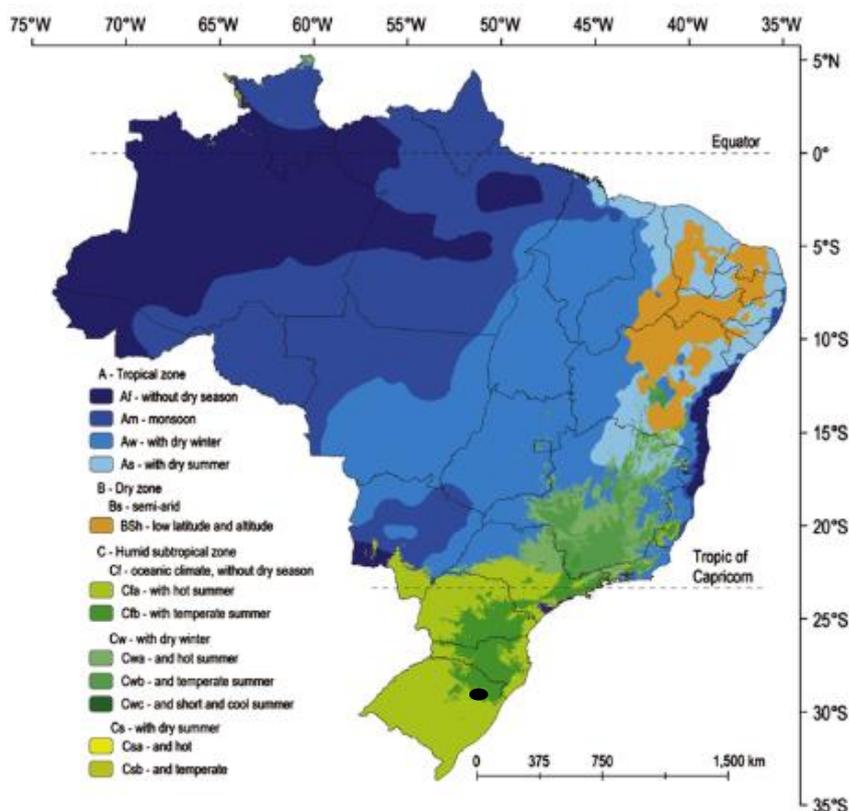
O Clima subtropical úmido (Cfa) com verão quente, apresentando temperaturas superiores a 22°C no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco. Caracterizado por ter o mês mais frio com uma média de temperaturas acima de 0°C. Não apresenta diferença significativa no nível de precipitação entre as estações, o que significa que não há estação seca em período algum do ano. (Embrapa, 1988)

O Clima oceânico temperado (Cfb) com verão ameno, se caracteriza apresentando chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do mês mais quente não chega a 22°C. Precipitação de 1.100 a 2.000 mm. Inverno com geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de dez a 25 dias anualmente. (Embrapa, 1988)

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024), Caxias do Sul apresenta verões relativamente quentes, invernos relativamente frios com geadas esporádicas, mais frequentes nas áreas não urbanizadas do município. Pode nevar nos meses mais frios, mas esse é um fenômeno bem mais raro e que, quando ocorre, é geralmente com pouca intensidade. A temperatura média compensada anual

do município é de 17 °C, havendo grande amplitude térmica anual. Quanto às precipitações, o índice pluviométrico é de 1.800 milímetros, sendo regularmente distribuídas durante o ano, não havendo assim uma estação seca.

Figura 11 - Classificação climática de Koppen no Brasil



Fonte: Alvares (2013).

De acordo com a Normal Climatológica dos anos de 1991-2020 (INMET, 2024), o município de Caxias do Sul possui temperatura máxima média anual de 22°C e mínima média anual de 13°C, com precipitação média mensal em 153 mm. Dados os quais podem ser alterados com a presença intensa de fenômenos como o El Niño e La Niña, vivenciados com maior frequência e intensidade nos últimos anos.

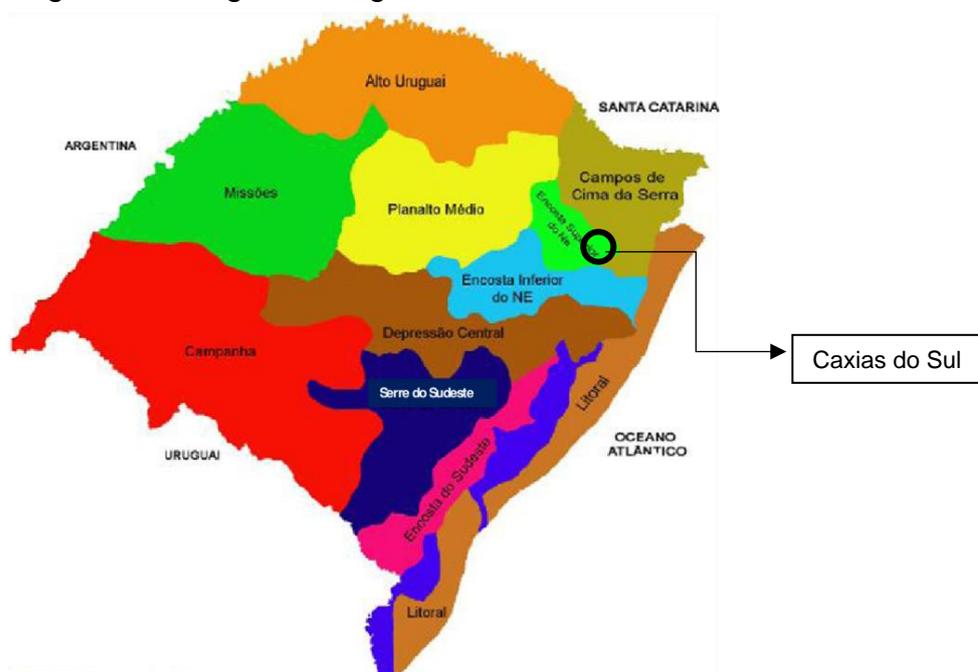
### 3.2.2 Geologia

Segundo Nunes (2004), o município de Caxias do Sul está localizado na região denominada Encosta Superior do Nordeste e, em parte, na Zona Planalto dos Campos de Cima da Serra, também conhecida como Planalto dos Campos Gerais.

A geologia do município é caracterizada sendo 70% localizada na região da Encosta Superior do Nordeste, a qual está encravada entre a Encosta Inferior do Nordeste e os campos do Planalto, como pode ser observado na Figura 12.

A área da Encosta Superior do Nordeste, de acordo com Fortes (1956), perfaz um total de 7.683 km<sup>2</sup>. A formação Geológica predominante é o basalto, e o relevo é muito montanhoso. A região é recortada profundamente por rios que formam vales estreitos. As altitudes variam de 300 a 600 metros nos vales, até 800 metros nos limites com o planalto.

Figura 12 - Regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado de Fortes (1956).

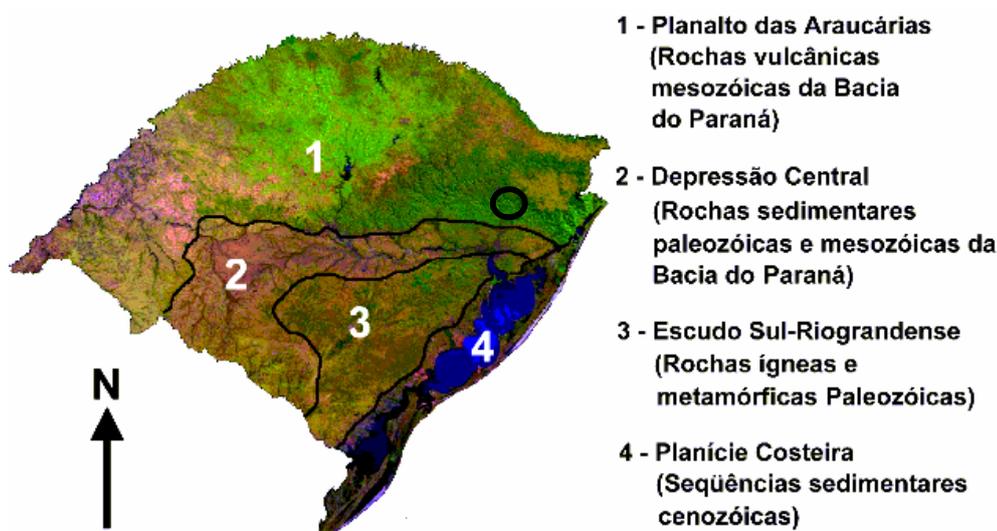
De acordo com o mapa de Regiões Geomorfológicas do Rio Grande do Sul (Figura 13) (Embrapa, 2000), a localidade da sub-bacia hidrográfica de estudo situa-se dentro da região geomorfológica denominada Planalto das Araucárias. As características geomorfológicas dessa formação são bastante heterogêneas, com formas de relevo que variam desde amplas e aplainadas até níveis mais profundos de entalhamento na área dos Aparados da Serra. As formas de relevo do Planalto das Araucárias foram esculpidas em rochas efusivas da formação Serra Geral.

De acordo com Nardy:

A Formação Serra Geral registra a presença de dois grandes grupos de rochas, denominadas de toleítico e toleítico-transicional. O primeiro disperso

pelo campo toleítico, é constituído por basaltos e por rochas ácidas do tipo Palmas, e o segundo, também disposto no campo toleítico, porém deslocado em direção ao transicional, é constituído por basaltos e rochas ácidas do tipo Chapecó. (Nardy, 2008)

Figura 13 - Regiões geomorfológicas do Rio Grande do Sul



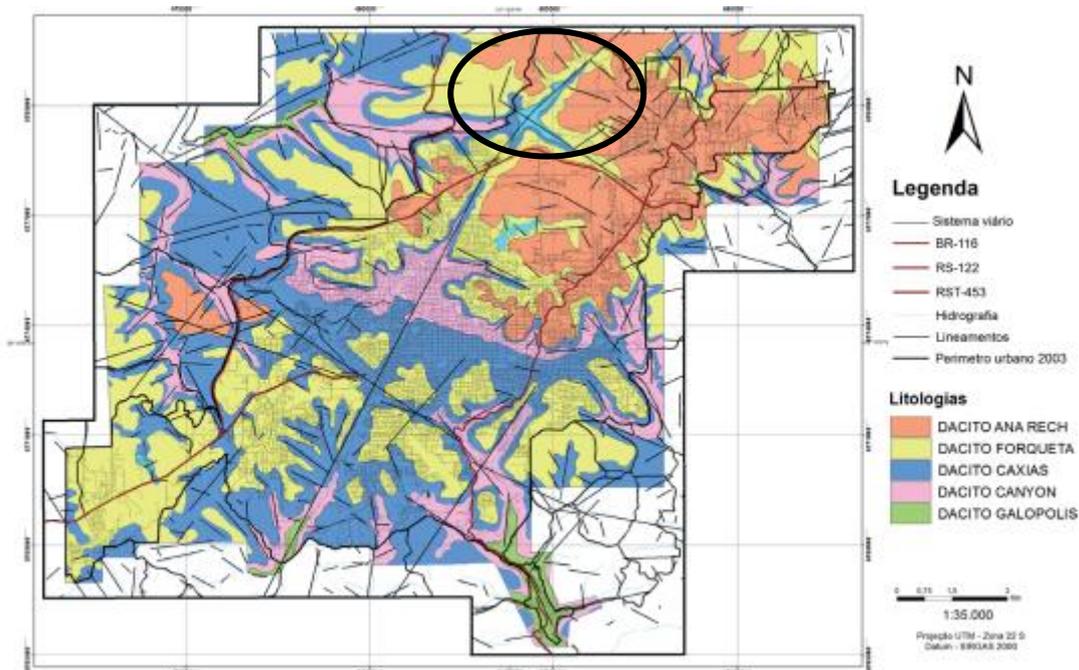
Fonte: Modificado de EMBRAPA (2000).

Tratando-se da geologia no município de Caxias do Sul, afloram rochas vulcânicas pertencentes à Formação Serra Geral e depósitos recentes de tálus e colúvios. Baseados em estudos geoquímicos, as rochas vulcânicas ácidas desta região foram classificadas como do tipo Palmas, sendo estas predominantes na região do município de Caxias do Sul e, as básicas, como do tipo Gramado (Bellieni et al. 1986, Peate et al. 1992).

Com resultados de trabalhos de campo descritos por Bressani, Flores e Nunes (2005) definiram-se as litologias que ocorrem no município de Caxias do Sul, sendo a seqüência vulcânica, da base para o topo, a seguinte: Dacito Galópolis, Dacito Canyon, Dacito Caxias, Topo do Dacito Caxias e Dacito Ana Rech (Bressani et. Al, 2005).

Na parte norte de Caxias do Sul, onde encontra-se o bairro Parada Cristal e Ana Rech a litologia apresenta características predominantes da formação Dacito Ana Rech, juntamente com Dacito Forqueta, o qual pode ser visualizado na Figura 14, juntamente com as outras formações. O Dacito Ana Rech caracteriza-se pela sua marcada estratificação horizontalizada em toda a sua área de ocorrência.

Figura 14 - Mapa Geológico urbano de Caxias do Sul

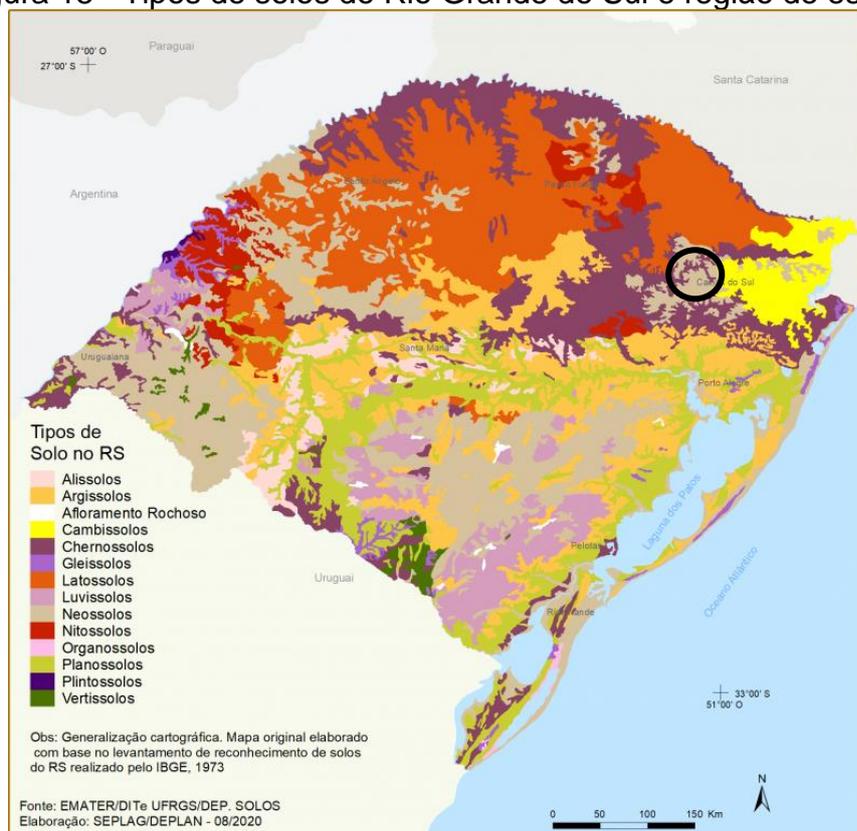


Fonte: Adaptado de Borsatto et. Al (2010).

### 3.2.3 Pedologia

Segundo Streck (2008), na região onde está inserido o município de Caxias do Sul ocorrem solos pertencentes a três classes: Argissolos, Cambiosolos e Neossolos. Na Figura 15 estão indicados os solos que ocorrem no Rio Grande do Sul e na região de Caxias do Sul, indicada pelo círculo preto.

Figura 15 - Tipos de solos do Rio Grande do Sul e região de estudo



Fonte: Modificado de EMATER/DIT (2020).

Com base no estudo de solos do Rio Grande do Sul (Streck et al, 2002), os solos que existem na região de Caxias do Sul são caracterizados como:

- *Argissolos*: possuem um horizonte subsuperficial argiloso e são solos geralmente profundos e bem drenados. Ocorrem em relevos suaves e ondulados na Depressão Central, Campanha e na Encosta do Planalto Meridional, e podem apresentar limitações químicas devido à baixa fertilidade natural, forte acidez e alta saturação por alumínio, sendo também de alta suscetibilidade à erosão e degradação. Podem ser usados com culturas anuais e campo nativo, preferencialmente com plantio direto e em rotação de culturas com plantas protetoras e recuperadoras do solo durante o inverno.
- *Cambissolos*: são solos rasos a profundos, em processo de transformação, e em geral ocorrem em áreas de maior altitude com baixas temperaturas. Apresentam opções para o uso com pastagem nativa e silvicultura, como na região dos Campos de Cima da Serra. São de forte acidez e baixa

disponibilidade de nutrientes, requerendo práticas conservacionistas intensivas e aplicação de elevados níveis de corretivos e fertilizantes.

- *Neossolos*: são solos pouco desenvolvidos e normalmente rasos, de formação muito recente, encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem. O uso está restrito ao relevo e a baixa profundidade, exigindo práticas conservacionistas severas. Em geral as áreas de relevo suave ondulado e ondulado podem ser utilizadas para pastagens permanentes e nas regiões de relevo forte ondulado para reflorestamento e fruticultura. As áreas muito íngremes devem ser reservadas para preservação permanente.

Bressani, Flores e Nunes (2005), mapearam os materiais geotécnicos do território de Caxias do Sul, identificando diversos tipos de solos, sendo o Solo Ana Rech, o solo da localidade de estudo. O Solo Ana Rech, é considerado como não plástico, de cor bruno-amarelada, originados do Dacito Ana Rech, incluindo horizontes B incipientes e solos saprolíticos.

### **3.2.4 Caracterização do bioma e tipologias vegetais**

A caracterização da biodiversidade parte do entendimento da sua existência vinculada aos diferentes biomas, sendo que o bioma é o conjunto de vida constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta em uma diversidade biológica própria (GEO Brasil, 2007).

Conforme apresentado no mapa da Figura 16, o Estado do Rio Grande do Sul está dividido entre dois biomas, *Pampa* e *Mata Atlântica*, sendo o segundo o bioma correspondente à área de estudo.

Figura 16 - Biomas do Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: IBGE; SPGG/DEPLAN (2024).

O município de Caxias do Sul está inserido totalmente no bioma Mata Atlântica, o qual é subdividido entre três regiões fito ecológicas, sendo elas: Floresta Ombrófila Mista-Mata com Araucária, Floresta Estacional Decidual e Estepe Gramíneo Lenhosa com Mata de Galeria. A localidade de Parada Cristal, onde está presente a sub-bacia do arroio Cristal, do presente plano, está caracterizada sobre a região Estepe Gramíneo Lenhosa com Mata de Galeria.

Segundo Teixeira e Neto (1986), a região de ocorrência da formação fito ecológica conhecida como estepe gramíneo-lenhosa com mata de galeria desenvolve-se em altitudes superiores a 800 m acima do nível do mar, predominando na região Nordeste do município de Caxias do Sul, sobre áreas de relevo ondulado como em áreas de relevo fortemente ondulado, na sua maior parte sobre solos rasos como Cambissolos e Latossolos, derivados de rochas efusivas ácidas e básicas.

De acordo com Rambo (1994), a subformação denominada Estepe Gramíneo-Lenhosa com Floresta de Galeria, tem grande predomínio de mirtáceas no estrato superior, abaixo das araucárias. Nestas áreas, também podem ser encontradas, junto

às rochas permanentemente úmidas, *Gunera sp.*, planta que pode ter folhas com mais de 1m de diâmetro.

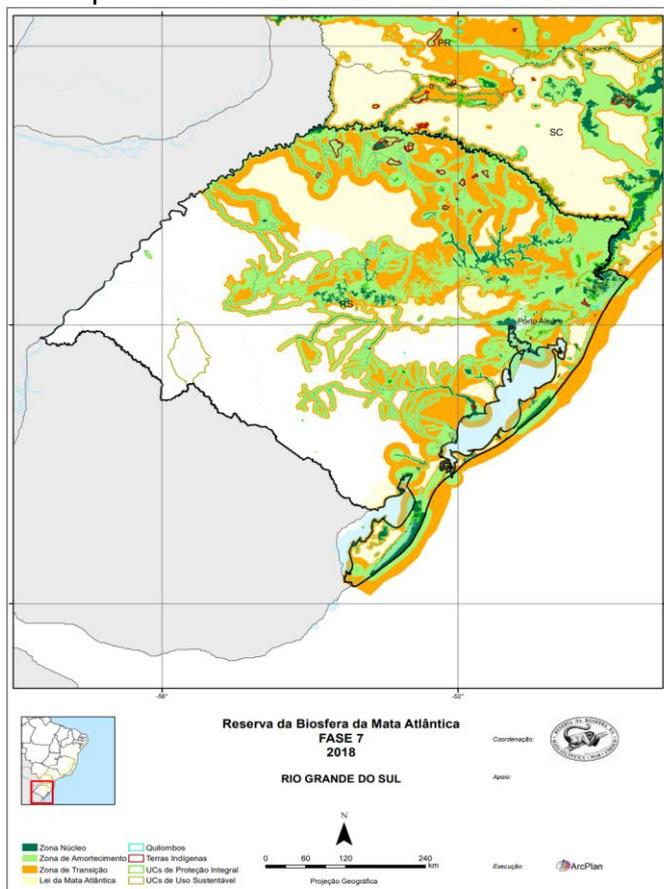
### 3.2.5 Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA) é uma área reconhecida pela UNESCO, sendo a primeira unidade da Rede Mundial de Reservas da Biosfera a ser declarada no Brasil. Segundo o conselho nacional da RBMA, é a maior Reserva da Biosfera do planeta, com 89.687.000 hectares, sendo 9.000.000 de hectares de zona núcleo (CN RBMA, 2021).

A Reserva inclui todos os tipos de formações florestais e outros ecossistemas terrestres e marinhos que compõe o bioma da Mata Atlântica, bem como os principais remanescentes florestais e a maioria das unidades de conservação (CN RBMA, 2021).

O estado do Rio Grande do Sul, conforme apresentado na Figura 17, tem grandes áreas de reservas em zonas de amortecimento e transição.

Figura 17 - Mapa da Reserva de Biosfera da Mata Atlântica - RS



Fonte: RBMA, UNESCO (2018).

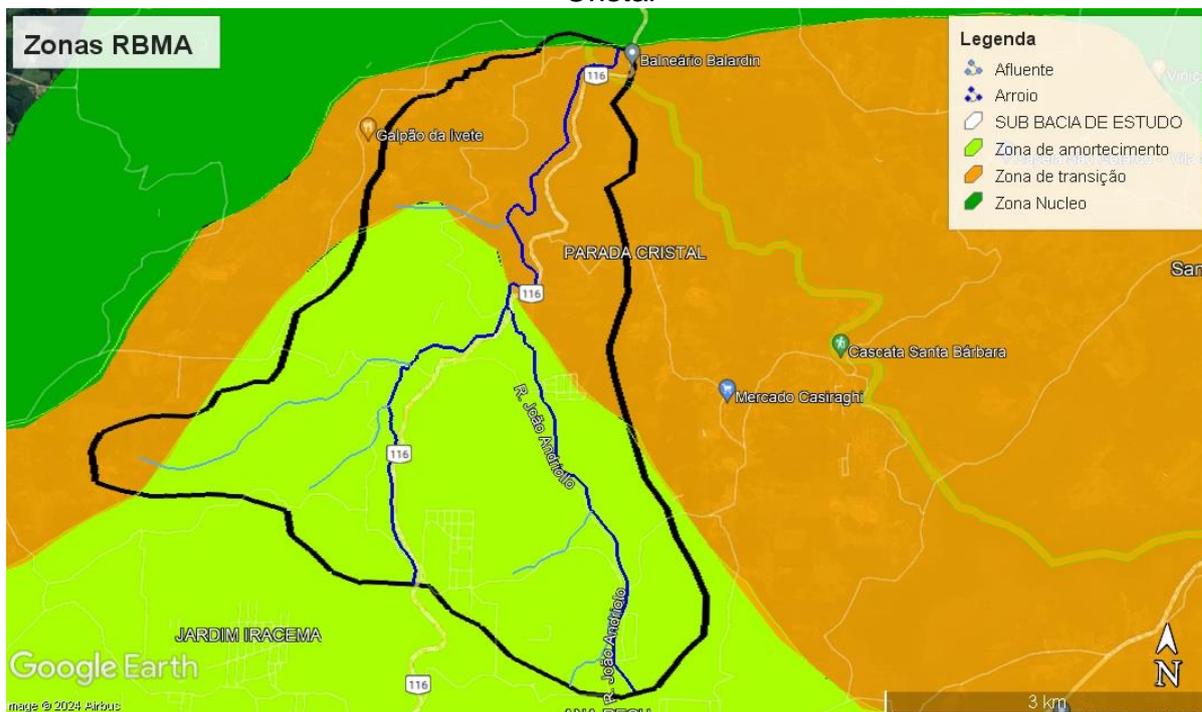
Segundo o Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (2021), Zonas de amortecimento, Transição e Núcleo são:

As Zonas de Amortecimento são estabelecidas no entorno das zonas núcleo, ou entre elas, tem por objetivos simultâneos minimizar o impacto sobre estes núcleos e promover a qualidade de vida das populações da área, especialmente as comunidades tradicionais. Em geral correspondem as áreas de mananciais, PAS e outras Unidades de Conservação de uso sustentável, áreas tombadas e outras regiões de interesse sócio ambiental. As Zonas de Transição podem ser definidas com as que se destinam prioritariamente ao monitoramento e à educação ambiental visando interagir de forma mais harmônica as zonas mais internas da Reserva com áreas externas, onde predominam usos e ocupação mais intensivos. Já as Zonas Núcleo são uma ou mais áreas protegidas, com perímetro definido, cuja função principal é a proteção da biodiversidade. Correspondem basicamente aos parques e outras unidades de conservação de proteção integral (CN RBMA, 2021).

A área da sub-bacia hidrográfica do presente plano apresenta Zonas de Transição (na porção alta da área e com maior urbanização) e Amortecimento, não apresentando Zonas de Núcleo da RBMA. Na bacia hidrográfica do Rio São Marcos, subsequente à do arroio Faxinal, existem Zonas Núcleo, destacada na cor verde escuro na Figura 18.

Além das zonas da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, a área da sub-bacia do arroio Cristal não apresenta parques e unidades de conservação ambiental, bem como unidade RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Nacional).

Figura 18 - Mapa Reserva de Biosfera da Mata Atlântica na sub-bacia do arroio Cristal



Fonte: Adaptado de Google Earth; UNESCO (2024).

### 3.2.6 Áreas de Preservação Permanente

Área de Preservação Permanente (APP), segundo a Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012), “é área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

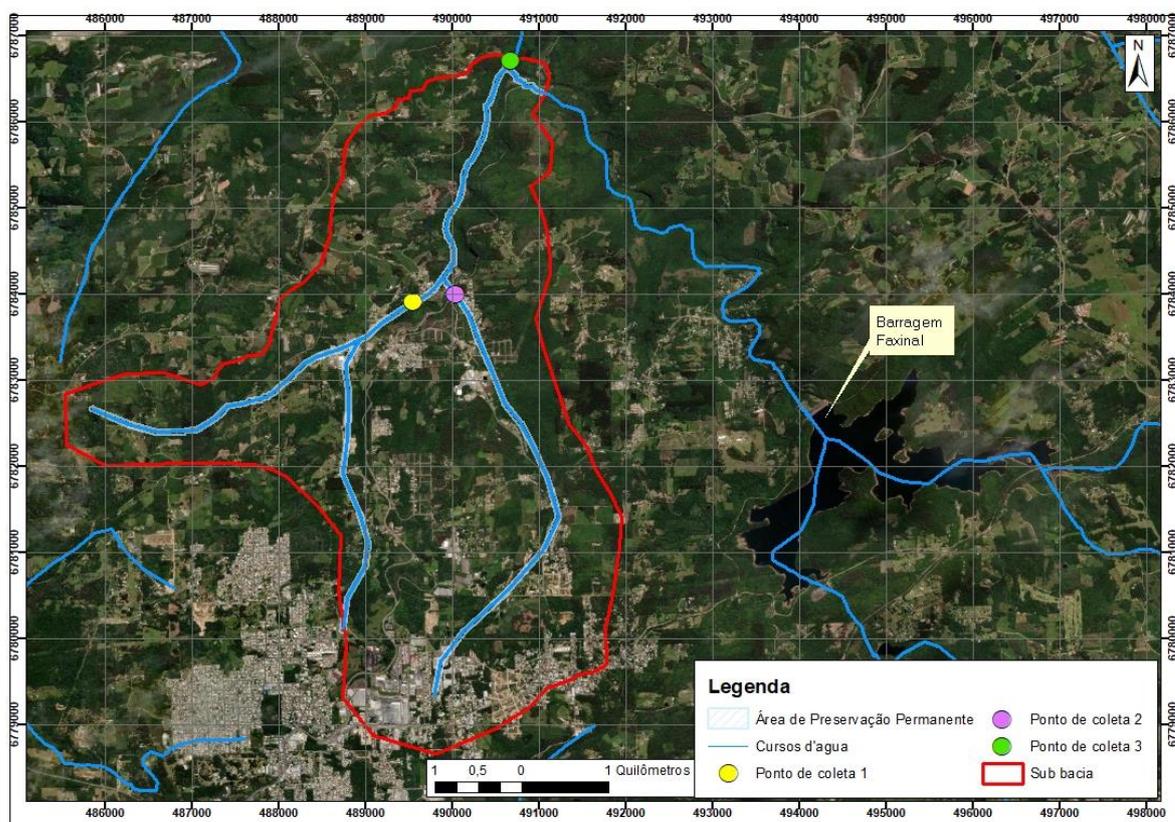
Segundo o Art. 4º da Lei nº 12.651 (Brasil, 2012), “considera-se APP, em zonas rurais e urbanas as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de”:

- a) 30 metros, para cursos d’água de menos de 10 metros de largura;
- b) 50 metros, para cursos d’água que tenham de 10 a 50 metros de largura;
- c) 100 metros, para cursos d’água que tenham de 50 a 200 metros de largura;
- d) 200 metros, para cursos d’água que tenham de 200 a 600 metros de largura;
- e) 500 metros, para cursos d’água que tenham largura superior a 600 metros de largura;

Os arroios que caracterizam a rede de drenagem da sub-bacia hidrográfica de estudo, possuem largura menor a 10 metros, configurando dessa forma, Áreas de Preservação Permanente de 30 metros de largura em cada margem dos corpos hídricos, as quais podem ser observadas na Figura 19.

Segundo o Art. 7º da Lei nº 12.651 (Brasil, 2012), a vegetação situada em APP deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado.

Figura 19 - Mapa APPs de corpos hídricos na sub-bacia do arroio Cristal



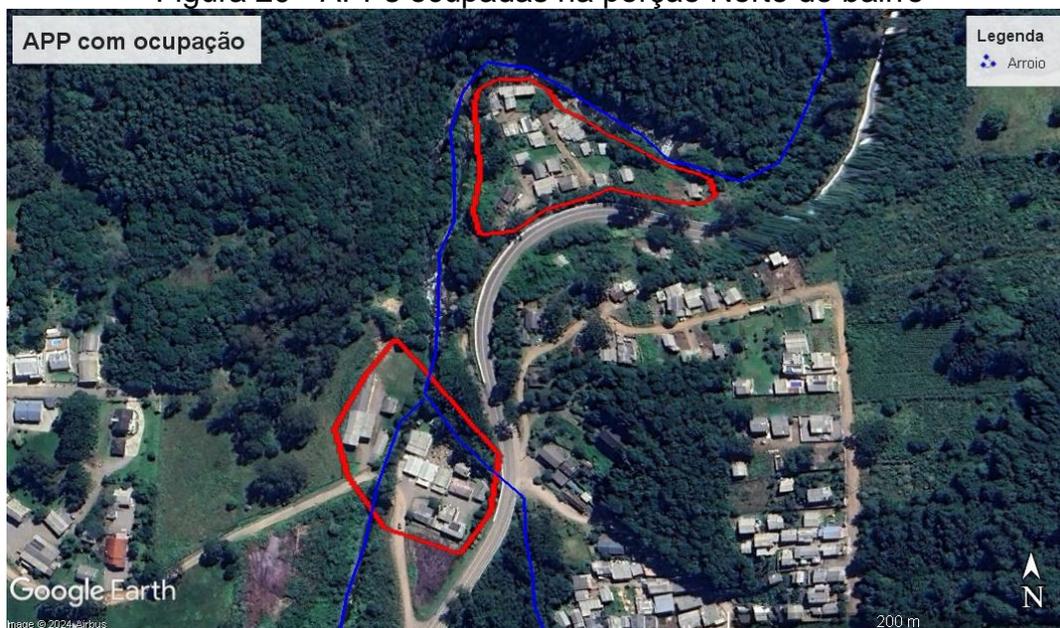
Fonte: Adaptado de FEPAM (2024).

Dentro da área da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal, segundo a delimitação legal obedecendo os 30 metros em cada margem, e demonstrada na Figura 19, existem cerca de 103,45 hectares de Áreas de Preservação Permanente de corpos hídricos, que segundo as leis citadas anteriormente, deveriam estar preservadas.

As APPs na sub-bacia do arroio Cristal, estão em grande parte desconfiguradas, como exemplo pode ser visualizado nas Figuras 20 e 21, as quais demonstram a presença de construções que são irregulares segundo o Geocaxias

(2024), em uma das áreas da sub-bacia, localizada na porção Norte do bairro Parada Cristal. Da mesma forma, outras diversas Áreas de Preservação Permanente dentro da sub-bacia estão ocupadas ou totalmente degradadas.

Figura 20 - APPs ocupadas na porção Norte do bairro



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

Figura 21 - Ocupação em APP



Fonte: O autor (2024).

Além das áreas com construções civis já consolidadas em APPs, outras novas áreas estão sendo degradadas, o que foi constatado pelo próprio autor em visita técnica a área de estudo no dia 30 de agosto de 2024, onde áreas de preservação permanente na porção norte da sub-bacia foram totalmente desfiguradas, com a remoção total da vegetação ciliar, como pode ser observado na Figura 22. Áreas as quais, provavelmente receberão mais loteamentos habitacionais irregulares.

Figura 22 - APP recentemente degradada (31/08/2024)



Fonte: O autor (2024).

A Figura 23 representa a imagem de satélite da mesma área demonstrada na Figura 22, demonstrando a proximidade da área degradada com o corpo hídrico, caracterizando degradação de APP, ou seja, desmatamento ilegal.

Figura 23 - Mapa APP degradada na porção norte da sub-bacia do arroio Cristal



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024)

### 3.2.7 Aspectos hidrológicos

Para Villela e Mattos (1975), as características físicas de uma bacia constituem elementos de grande importância para avaliação do seu comportamento hidrológico, pois, ao se estabelecerem relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos, podem-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais faltem dados.

Segundo Christofolletti (1970), a análise de aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia pode levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

#### 3.2.7.1 Rede de drenagem

A rede de drenagem da sub bacia do arroio Cristal é composta por dois arroios principais de maior porte (denominados como arroio A e B, pela inexistência de nomeação), que drenam a área urbana e rural, contando com a presença de outros cinco arroios de menor porte que afluem para dentro dos mesmos.

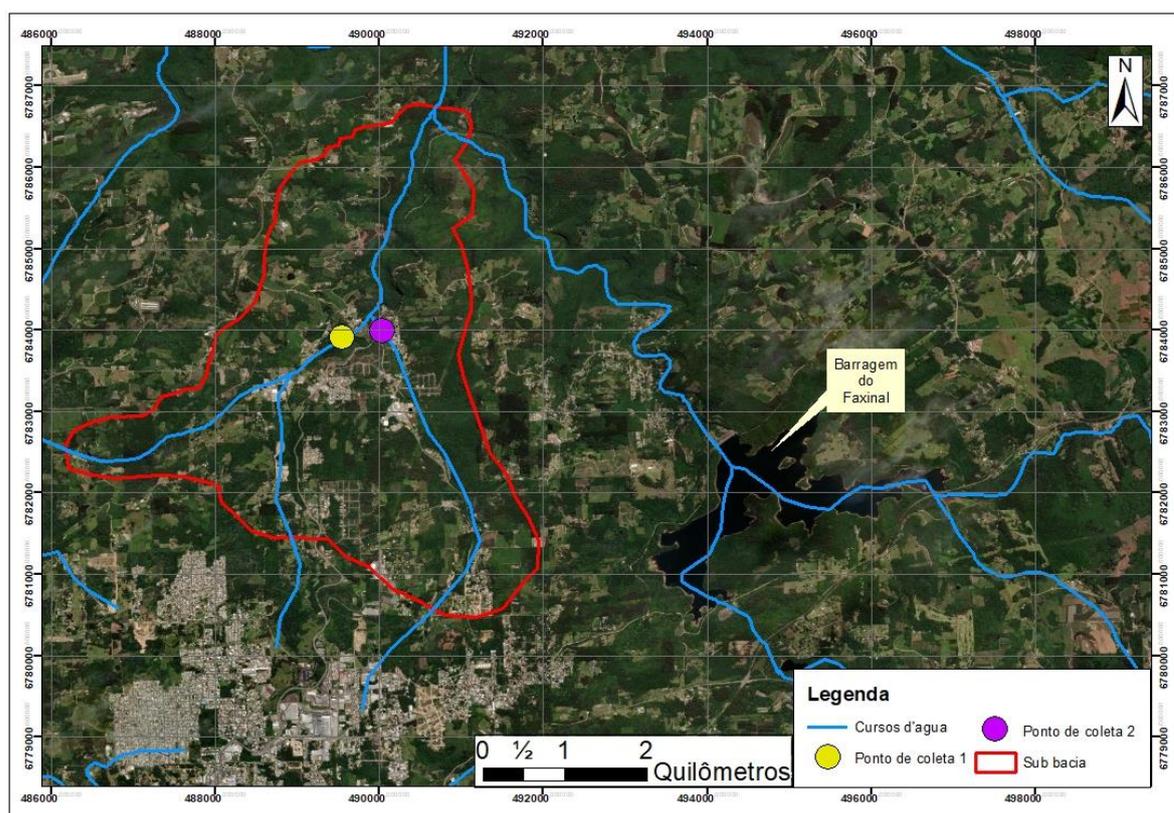
O arroio A, localizado na parte Leste da sub-bacia drena uma pequena porção do bairro Ana Rech, as duas indústrias frigoríficas da área, loteamentos habitacionais, até se conectar com o arroio B que drena a parte Oeste.

O arroio B, da porção Oeste drena os maiores centros populacionais do bairro Parada Cristal, coletando também os efluentes das indústrias que se localizam nessa porção da sub-bacia hidrográfica.

Ambos arroios principais se conectam nas margens da BR 116, e a partir de então drenam uma grande área tomada por vegetação, até desaguar no arroio Faxinal, na altura do km 132 da BR 116.

A rede de drenagem da sub-bacia em análise foi obtida através da base cartográfica do GeoCaxias (2024), e pode ser observada na Figura 24.

Figura 24 - Mapa hidrológico da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal



Fonte: Adaptado de FEPAM (2024).

### 3.2.7.2 Determinação das vazões

As medições de vazão para os dois arroios principais que drenam a área da sub-bacia deverão ser feitas *in loco* com o auxílio de um molinete hidrométrico. Para

tais medições, seria recomendada a instalação de estações fluviométricas, ou campanhas de medição com molinete que alternassem de acordo com as estações do ano, alternando dessa forma entre estações secas e chuvosas, tendo dessa maneira, uma média anual da vazão dos corpos hídricos da região.

Para o presente plano, não se tem a disponibilidade de orçamento para a realização de múltiplas campanhas de medição, que englobem maiores períodos de tempo e conseqüentemente estações secas e chuvosas, portanto as medições de vazão realizadas in loco servirão de parâmetro para os estudos e cálculos realizados através de outras fontes já conhecidas.

Para determinação da vazão de referência dos arroios da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal, foi utilizada a Nota Técnica nº 04/2021 do Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA, 2021), a qual trata da definição de vazões de referência para os cursos hídricos de domínio estadual, que foram tomadas a partir de modelos digitais e estudos robustos das bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul.

Segundo a Norma Técnica nº 04/2021 (SEMA, 2021), a vazão específica (a qual representa uma vazão de referência Q95) na bacia hidrográfica do Médio Taquari-Antas, para áreas de drenagem maiores que 10 km<sup>2</sup> é de 0,00173 m<sup>3</sup>/s.km<sup>2</sup>. Assim sendo, a área de drenagem da sub-bacia em análise de 22,8 km<sup>2</sup>, e multiplicando-a pela vazão específica, se obtém uma vazão de 0,04 m<sup>3</sup>/s ou 40 l/s, representada na foz do arroio cristal.

Dividindo a sub-bacia do arroio Cristal em duas microbacias representadas pela drenagem dos arroios A e B na parte Leste e Oeste da bacia, se tem a seguinte área e vazão (utilizando a Norma Técnica nº04/2021 descrita a cima) para respectivas microbacias, apresentadas na Tabela 01.

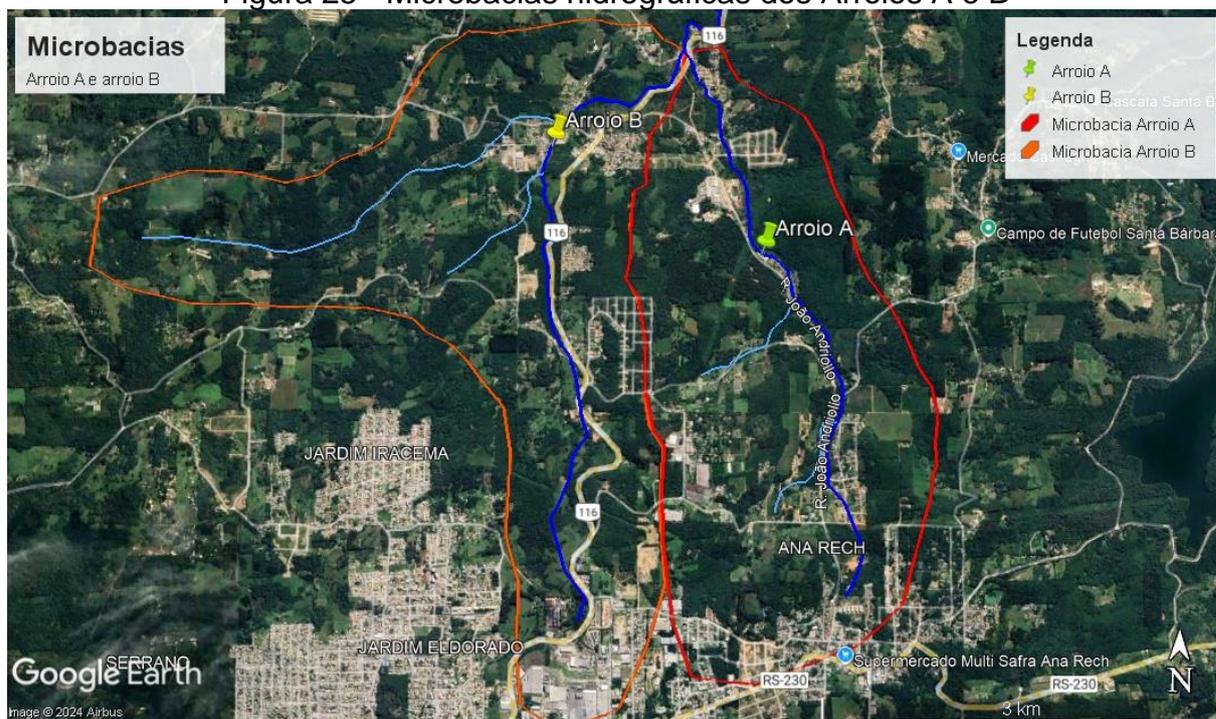
**Tabela 01 - Descrição das microbacias hidrográficas da área**

<b>Microbacia</b>	<b>Área</b>	<b>Vazão</b>
Arroio A	7,64 km <sup>2</sup>	0,0132 m <sup>3</sup> /s
Arroio B	9,58 km <sup>2</sup>	0,0166 m <sup>3</sup> /s

Fonte: O autor (2024).

A divisão da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal pode ser observada na Figura 25.

Figura 25 - Microbacias hidrográficas dos Arroios A e B



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS CARGAS POLUENTES

A determinação das vazões de esgotos e as cargas de massas de constituintes é um passo fundamental para dar início à concepção do projeto para aprimorar estações existentes e desenvolver novas estações de tratamento (Tchobanoglous, 2003).

Na sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal ocorrem principalmente lançamentos de cargas domésticas e industriais, justamente pelo fato de ser uma sub-bacia praticamente toda urbana. As áreas não urbanizadas apresentam em grande parte vegetação nativa, havendo poucas ou quase inexistentes áreas de utilizadas para agricultura, portanto, o lançamento de cargas agrícolas para dentro dos corpos hídricos é praticamente nulo.

#### 3.3.1 Efluentes domésticos

Conforme item 3.1.4.1, a população estimada para o bairro de Parada Cristal no ano de 2024 foi de 2.034 pessoas.

Portanto, para os cálculos da estimativa da vazão gerada de efluentes domésticos na área da sub-bacia, foi adotada uma população de 2.034 pessoas, e uma geração per capita média de 190 litros, baseada no livro Engenharia de Águas Residuais (Metcalf & Eddy, 2002). Dessa forma, estima-se uma geração de 386.460 litros de efluentes domésticos por dia dentro da área de abrangência da sub-bacia do arroio Cristal.

A carga de constituintes presentes no efluente doméstico foi baseada no livro Engenharia de Águas Residuais (Metcalf & Eddy, 2002), considerando uma concentração alta de constituintes baseada numa vazão de esgoto de aproximadamente 190 L/capita.dia, que pode ser analisada na Tabela 02, posteriormente na Tabela 03 estão apresentados os valores para a carga diária total de constituintes, considerando a população de 2.034 pessoas.

Tabela 02 - Carga de constituintes em efluente doméstico

<b>Constituinte</b>	<b>Concentração Alta mg/habitante.dia</b>
DBO	400
DQO	1016
SST	389
Nitrogênio total	69
Fósforo total	11
Potássio	32
Oleos e graxas	153

Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy (2014).

Tabela 03 - Carga total diária de constituintes - Efluente doméstico

<b>Constituinte</b>	<b>Carga total (kg/dia)</b>
DBO	0,813
DQO	2,066
SST	0,791
Nitrogênio total	0,140
Fósforo total	0,022
Potássio	0,065
Oleos e graxas	0,311

Fonte: O autor (2024).

### 3.3.2 Efluentes industriais

A área da sub-bacia do arroio Cristal, tem a presença de quatro indústrias de maior porte, as quais lançam volumes de efluentes previamente tratados para os

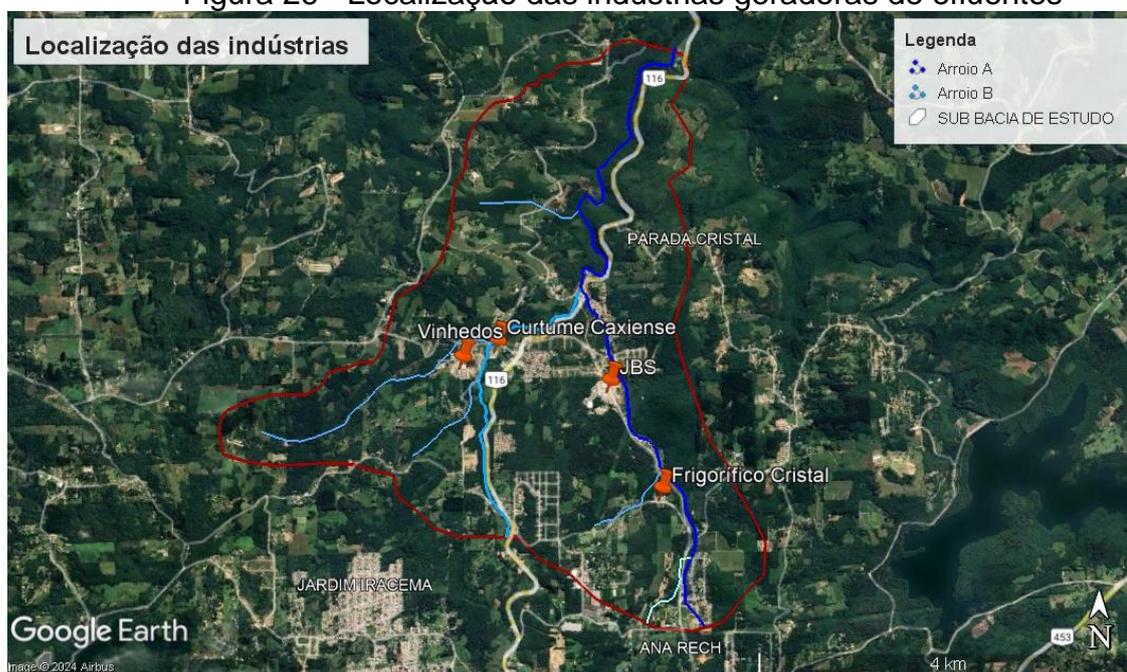
corpos hídricos da localidade. Somente podem ser lançados em águas superficiais de acordo com os critérios e padrões da Resolução nº 355/2017 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA).

As empresas localizadas na área de estudo, são de diferentes ramos de atuação, sendo elas:

- Curtume Caxiense – Curtimento de pele ovina;
- Frigorífico Cristal – Abatedouro de bovinos sem fabricação de embutidos;
- JBS Aves – Abatedouro de suínos;
- Vinhedos Industria e Comercio Papeis – Reciclagem de papel.

As localizações das indústrias dentro da área da sub-bacia, foram obtidas a partir das Licenças Ambientais nos Órgãos licenciadores, as quais estão destacadas na Figura 26, sendo que as empresas Frigorífico Cristal e JBS localizam-se na microbacia do arroio A e as empresas Curtume Caxiense e Vinhedos na microbacia do arroio B.

Figura 26 - Localização das indústrias geradoras de efluentes



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

Através das Licenças Ambientais de Operação dos empreendimentos em destaque no presente plano, emitidas pelos Órgãos Ambientais competentes, obteve-se a vazão máxima de efluentes outorgada para lançamento nos corpos hídricos, os quais estão representados na Tabela 04.

Ressalta-se que a empresa Vinhedos gera uma vazão máxima de 949 m<sup>3</sup>/dia, porém, esta reutiliza 811 m<sup>3</sup>/dia em seus próprios processos, resultando assim em um lançamento de 138 m<sup>3</sup>/dia conforme descrito na Licença de Operação.

Tabela 04 - Vazão máxima de efluentes outorgada por empresa

Empresa	Localização	Microbacia De localização	Licença de Operação	Vazão máxima outorgada de efluentes (m <sup>3</sup> /dia)
Curtume Caxiense	Travessão Henrique D'Avila	Arroio B	1490/2021 FEPAM	100
Frigorífico Cristal	Rua João Andriollo	Arroio A	74/2018 SEMMA	100
JBS Aves	Rua João Andriollo	Arroio A	822/2024 FEPAM	830
Vinhedos Industria e Comercio de Papeis	Travessão Gavioli	Arroio B	36446/2022 FEPAM	138

Fonte: O autor (2024).

Os efluentes industriais após tratamento devem atender os padrões de emissão estabelecidos pelas licenças de operação para cada empreendimento, e descritos na Tabela 05, para serem lançados nos corpos hídricos receptores, a Tabela 06 demonstra a carga máxima de constituintes presentes no efluente de cada empreendimento.

Tabela 05 - Parâmetros e padrões de emissão conforme licenças ambientais

Parâmetros	Curtume	Frigorífico	JBS Aves	Vinhedos
DBO (mg/L)	110	110	80	110
DQO (mg/L)	330	330	260	330
Fósforo total (mg/L)	3	3	3	3
Nitrogênio total (mg/L)	20	20	20	20
Coliformes termotolerantes (NPM/100 ml)	-	10.000	100.000	100.000
Óleos e graxas (mg/L)	30	30	10	10
Cromo total (mg/L)	500	-	-	-
Alumínio (mg/L)	-	-	-	10
Zinco (mg/L)	-	-	-	1

Fonte: Adaptado de FEPAM e SEMMA.

Tabela 6 - Carga total máxima diária de constituintes - efluente industrial

	Curtume	Frigorífico	JBS Aves	Vinhedos
<b>Parâmetros</b>				
DBO (kg/dia)	11	11	66,40	15,80
DQO (kg/dia)	33	33	215,8	45,5
Fósforo total (kg/dia)	0,3	0,3	2,5	0,4

	<b>Curtume</b>	<b>Frigorífico</b>	<b>JBS Aves</b>	<b>Vinhedos</b>
<b>Parâmetros</b>				
Nitrogênio total (kg/dia)	2	2	16,6	2,7
Coliformes termotolerantes (NPM/100 ml)	-	1.000	83.000	13.800
Oleos e graxas (kg/dia)	3	3	8,3	1,4
Cromo total (kg/dia)	50	-	-	-
Alumínio (kg/dia)	-	-	-	1,4
Zinco (kg/dia)	-	-	-	0,14

Fonte: O autor (2024).

### 3.3.3 Estimativa máxima da carga total de efluentes

Estimou-se, somando a carga máxima de efluentes domésticos e industriais, o lançamento de 1.554,46 m<sup>3</sup> de efluentes por dia para dentro dos corpos hídricos da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal, como apresentado na Tabela 07.

Tabela 7 – Estimativa de lançamento de efluentes na sub-bacia do arroio Cristal

<b>Tipo de efluente</b>	<b>Fonte geradora</b>	<b>Vazão de efluentes (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Doméstico	2.034 habitantes	386,46	24
Industrial	Curtume Caxiense	100	7
	Frigorífico Cristal	100	7
	JBS	830	54
	Vinhedos Papéis	138	9
<b>Vazão total</b>		<b>1.554,46</b>	

Fonte: O autor (2024).

A partir da vazão de efluentes, e com a carga de constituintes lançada, pode-se calcular a carga orgânica máxima emitida nos corpos hídricos da sub-bacia do arroio Cristal, apresentada na Tabela 08.

Tabela 8 - Carga orgânica diária máxima lançada na sub-bacia hidrográfica

<b>Tipo de efluente</b>	<b>Fonte geradora</b>	<b>Carga orgânica (DBO5) kg/dia</b>	<b>(%)</b>	<b>Nitrogênio total (kg/dia)</b>	<b>(%)</b>	<b>Fósforo total (kg/dia)</b>	<b>(%)</b>
Doméstico	2.034 habitantes	0,813	0,78	0,140	0,60	0,022	0,62
Industrial	Curtume Caxiense	11	10,54	2	8,51	0,3	8,52
	Frigorífico Cristal	11	10,54	2	8,51	0,3	8,52
	JBS	66,40	63,61	16,6	70,64	2,5	70,98

Tipo de efluente	Fonte geradora	Carga orgânica (DBO5) kg/dia	(%)	Nitrogênio total (kg/dia)	(%)	Fósforo total (kg/dia)	(%)
	Vinhedos Papéis	15,18	14,54	2,76	11,74	0,4	11,36
<b>Total</b>		<b>104,39</b>	<b>100</b>	<b>23,50</b>	<b>100</b>	<b>3,52</b>	<b>100</b>

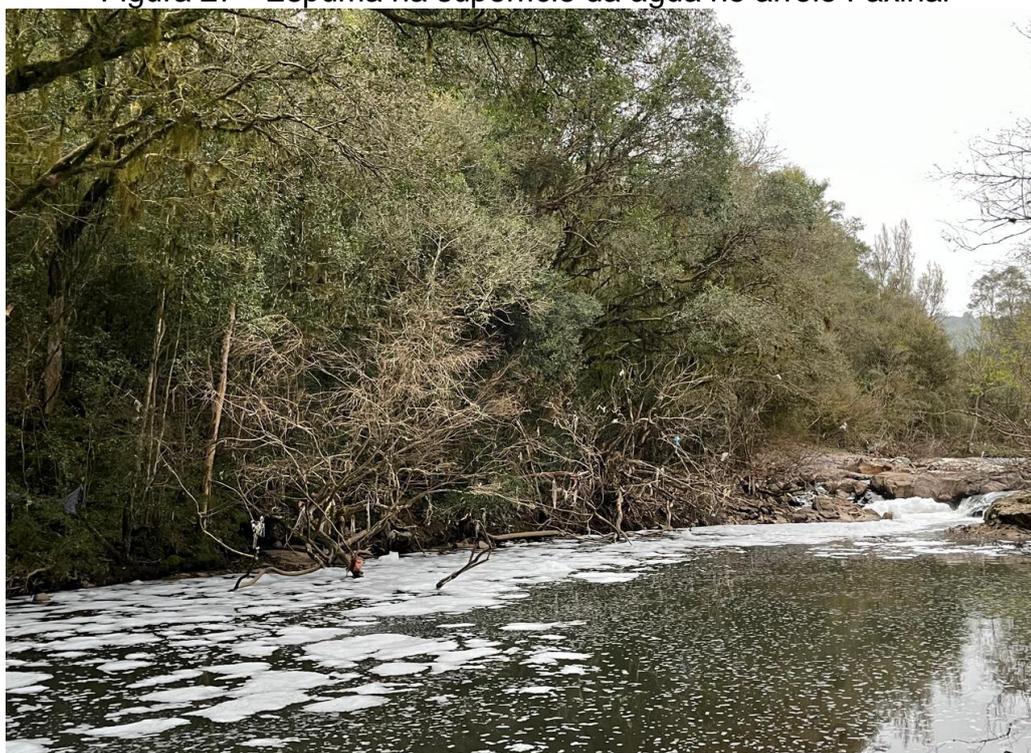
Fonte: O autor (2024).

### 3.3.4 Eventos de poluição visualizados no arroio Faxinal

Possíveis eventos de poluição estão sendo relatados com frequência por moradores das margens dos arroios A e B da sub-bacia do arroio Cristal e também arroio Faxinal, os quais relatam grande presença de espuma na superfície das águas dos arroios, sendo esse fato observado em todos dias da semana útil (segunda à sexta-feira) após as 12:00 horas, tendo momentos de pico com maior formação de espuma.

Em visita técnica ao local de relato, no dia 04 de setembro de 2024, pode-se observar pelo autor do presente plano, grande quantidade de espuma na superfície do arroio, principalmente em locais de corredeiras, onde a água tem maior agitação. Nas Figuras 27 e 28, estão apresentadas as imagens do evento de possível poluição.

Figura 27 - Espuma na superfície da água no arroio Faxinal



Fonte: O autor (2024).

Figura 28- Local com maior acúmulo de espuma – Arroio Faxinal



Fonte: O autor (2024).

A formação de espumas se dá com o batimento e agitação das águas (Alves et al., 2004; FCTH, 2005), assim os detergentes e sabões (que tem em sua composição a presença de surfactantes) diminuem a tensão superficial da água propiciando a formação da espuma branca, portanto as espumas são suspensões de gás em líquido, pasta ou até mesmo sólido.

O fato que dá aos surfactantes um grande sucesso comercial é à sua capacidade de formar espumas mesmo em baixas concentrações, o que por outro lado, torna-se seu maior problema do ponto de vista ambiental em ecossistemas aquáticos (FCTH, 2005).

Devido ao grande uso, é esperada a presença de surfactantes em suprimentos públicos de água. Entre os problemas causados por esses compostos, pode-se ressaltar: a formação de espumas; a presença de gosto e odor na água e dificuldades na decantação e filtração (FCTH; Macedo, 2005).

Também são relatadas ocasiões onde o odor que exala do corpo hídrico é muito forte, geralmente acompanhado da presença da espuma, e além disso, pode-se visualizar grande quantidade de sacolas plásticas nos galhos das árvores nas margens do arroio, como pode ser observado na Figura 29, fato que pode demonstrar

o nível da intervenção humana tanto das águas quanto das matas ciliares marginais a esses arroios da sub-bacia do arroio Cristal.

Figura 29 - Acumulo de resíduos plásticos visualizadas nas árvores



Fonte: O autor (2024).

### 3.3.5 Capacidade de diluição

A avaliação de diluição e da capacidade de autodepuração dos arroios da localidade, pode demonstrar quão prejudicial é o recebimento da carga de efluentes ricos em matérias orgânicas e outros elementos para os corpos hídricos e todo o sistema aquático biológico que os envolve.

Segundo Von Sperling (1996), na maioria das vezes o lançamento de despejo se encontra acima da capacidade que o curso d'água pode suportar e assimilar para que o sistema consiga estabelecer um equilíbrio próximo ao inicial.

Para calcular a capacidade de diluição do arroio Cristal foi utilizada a vazão de 3.456 m<sup>3</sup>/d (determinada no item 3.2.7.2) juntamente com a vazão de efluentes (386 m<sup>3</sup>/d) e a carga máxima total de DBO<sub>5</sub> (doméstica + industrial) sendo 104,35 kg/dia, conforme a Equação 1.

$$\text{Carga DBO}_5 = \frac{104,35}{3.842} = 0,027 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 100 = 27 \text{ mg/l} \quad (1)$$

Ressalta-se que o cálculo apresentado na Equação 1, é baseado na vazão de referência para a bacia hidrográfica do Taquari-antas, representando uma situação de seca, valores os quais podem ser alterados de acordo com a vazão real momentânea dos corpos hídricos.

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, a concentração de  $\text{DBO}_5$  superior a 10 mg/L  $\text{O}_2$ , se enquadra como corpo hídrico de classe 4. Além disso, o Art. 17º da Resolução traz que águas doces de classe 4 podem apresentar materiais flutuantes como espumas não naturais, odor e aspecto não objetáveis, os quais já foram observados nos corpos hídricos da sub-bacia hidrográfica.

Segundo a Resolução CRH-RS nº 121/2012, os corpos hídricos da sub-bacia do Rio São Marcos deveriam se enquadrar como Classe 2, porém, de acordo com o demonstrado na Equação 01, o arroio Cristal e demais afluentes classificam-se com águas de classe 4, as quais podem ser utilizadas apenas para navegação e harmonia paisagística.

### 3.4 QUALIDADE DA ÁGUA NO ARROIO FAXINAL

Para avaliar a qualidade da água nos corpos hídricos da sub-bacia de plano, será necessário a execução de uma campanha de amostragem e análises para verificar os parâmetros de referência. Ressalta-se que por se tratar de uma sub-bacia de pequeno porte, não existem estudos e análises sobre a qualidade de água da mesma, e além disso, não existem pontos da Rede de monitoramento da Qualidade da Água Superficial do RS da SEMA.

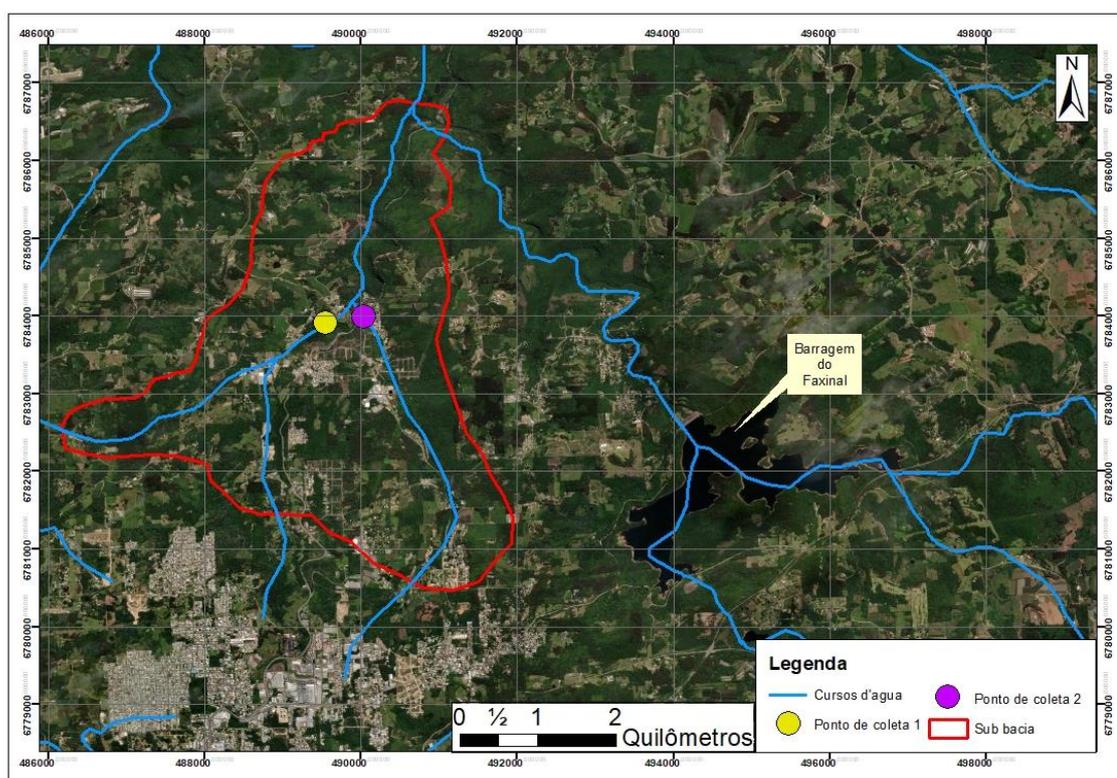
#### 3.4.1 Plano de amostragem

Devido a limitações financeiras o plano de amostragem consiste na realização de uma campanha de amostragem contendo dois pontos de análise da água, sendo eles (01 e 02) nos arroios principais (A e B) que drenam as duas porções da sub-bacia hidrográfica.

O Ponto 01 localiza-se na Latitude 29° 4'20.77"S e Longitude 51° 6'12.40"O, no arroio que drena a porção Oeste da sub-bacia, localizado após os pontos de lançamentos de efluentes tanto industriais como domésticos. O Ponto 02 está localizado na Latitude 29° 4'18.83"S e Longitude 51° 6'9.38"O, no arroio que drena a parte Leste da sub-bacia, dessa forma, incluindo nas amostras os efluentes provindos das indústrias frigoríficas e os loteamentos habitacionais da localidade.

Na Figura 30 está apresentada a localização dos pontos de amostragem para a análise dos parâmetros nos corpos hídricos da sub-bacia hidrográfica, sendo o ponto 1 identificado na cor amarela e o ponto 2 na cor roxa.

Figura 30 - Pontos de amostragem



Fonte: Adaptado de FEPAM (2024).

A descrição da localização dos pontos está apresentada no Quadro 01.

Quadro 01 - Descrição pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Ponto 1	Ponto 2
Imagem da coleta		
Localização	Arroio A, a jusante da área industrial e urbanizada.	Arroio B, a jusante da área industrial e urbanizada.
Coordenadas	29° 4'20.77"S; 51° 6'12.40"O	29° 4'18.83"S; 51° 6'9.38"O

Fonte: O autor (2024).

Para o procedimento de amostragem foram utilizados os métodos descritos na ABNT NBR 9897 (ABNT, 1987), sendo coletado uma amostra em cada ponto no dia 31 de outubro de 2024.

As amostras coletadas foram analisadas no Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais (LAPAM), sendo que os parâmetros analisados para detecção de poluição doméstica foram: Coliformes termotolerantes, DBO, DQO, *Escherichia coli*, Fósforo Total, Nitrogênio total kjeldahl, Óleos e graxas totais. Além desses parâmetros foram analisados Alumínio total, Cromo total e Zinco total, para possível detecção de poluição hídrica por metais provinda de atividades industriais da área da sub-bacia.

Também foram realizados ensaios em campo utilizando o equipamento *Horiba U-50*, disponibilizado pelo Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM) da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Através deste e com o auxílio de um técnico em análises, foram medidos os parâmetros de pH, ORP (Potencial de Oxidação/Redução), DO (Oxigênio Dissolvido), COND (Condutividade Elétrica), TDS (Concentração de sólidos totais dissolvidos), temperatura e turbidez.

### 3.4.2 Avaliação da qualidade de água através de índices

A classificação dos corpos d'água é feita a partir da definição de limites máximos para os parâmetros de qualidade em legislações federais e estaduais. A resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 estabelece a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005).

Para facilitar a interpretação das análises e resultados sobre a qualidade de água nos arroios da sub-bacia hidrográfica, serão analisados os índices apresentados a seguir.

#### 3.4.2.1 Índice de Qualidade das Águas (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970 nos Estados Unidos pela *National Sanitation Foundation*, e a partir de 1975 começou a ser utilizado no Brasil pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009).

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, o IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento (ANA, 2012). Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos, sendo eles: Oxigênio Dissolvido, Coliformes Fecais, pH, DBO, Fósforo Total, Temperatura, Nitrogênio Total, Turbidez, Sólidos Totais (CETESB, 2009).

O IQA é calculado a partir do produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, seguindo a Equação 2.

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n wi = 1 \quad (3)$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

n: número de parâmetros do índice;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida; wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que o somatório dos mesmos deve ser igual a 1, como demonstrado na Equação 3.

Segundo a CETESB (2009), os valores de IQA são classificados em faixas de acordo com a qualidade da água como demonstrado na Tabela 09, as quais no estado do Rio Grande do Sul são adotadas as faixas pela FEPAM.

**Tabela 9 - Classificação da qualidade das águas**

<b>Categoria</b>	<b>Faixa de IQA</b>
<b>Ótima</b>	<b>91-100</b>
<b>Boa</b>	<b>71-90</b>
<b>Regular</b>	<b>51-70</b>
<b>Ruim</b>	<b>26-50</b>
<b>Péssima</b>	<b>0-25</b>

Fonte: FEPAM.

#### 3.4.2.2 Índice de Estado Trófico (IET)

A avaliação do estado trófico da qualidade da água é muito importante para o manejo sustentável dos recursos hídricos, e os índices utilizados, denominados índices de estado trófico (IET) foram desenvolvidos com o intuito de possibilitar a classificação das águas de corpos hídricos, facilitando, assim, informações, aos agentes de tomada de decisão e ao público, relativas ao estado ou à natureza na qual se encontram tais sistemas (Oliveira et al., 2007).

O IET introduzido por Carlson (1977), e modificado por Toledo Jr. Et al. (1990), é baseado em informações relativas à biomassa fito-planctônica presente em um determinado corpo de água, adotando-se as variáveis clorofila a transparência e fósforo total. O parâmetro clorofila apresenta a situação atual do sistema, enquanto o fósforo é um indicativo de processos eutróficos acentuados que poderão surgir (CETESB, 2009). Assim, o índice médio engloba, de forma satisfatória, a causa e o efeito do processo.

Desse modo, a fim de avaliar os impactos causados pelas interações antrópicas nos recursos naturais da sub bacia hidrográfica de estudo, objetivou-se obter o Índice de Estado Trófico nos dois diferentes pontos de análise dentro dos arroios da sub bacia.

A categoria do estado trófico está relacionada às faixas de classificação demonstradas no Quadro 02.

Quadro 02 - Classificação do Estado Trófico

Valor do IET	Classes do ET	Características
<47	<b>Ultraoligotrófico</b>	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
47 < IET = 52	<b>Oligotrófico</b>	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 < IET = 59	<b>Mesotrófico</b>	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59 < IET = 63	<b>Eutrófico</b>	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63 < IET = 67	<b>Supereutrófico</b>	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
> 67	<b>Hipereutrófico</b>	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB (2009).

### 3.4.2.3 Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)

Conforme Porto (2002), o enquadramento é um dos instrumentos fundamentais para o gerenciamento dos corpos hídricos e planejamento ambiental, principalmente no que concerne à gestão integrada de quantidade e qualidade da água.

O Índice de Conformidade ao Enquadramento consiste em um indicador de qualidade da água que foi desenvolvido pela subcomissão técnica de qualidade da água do Canadá (CCME, 2001).

O principal uso e objetivo deste índice é avaliar e comunicar a qualidade de água em um corpo hídrico, sendo este o índice de qualidade adotado pela Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), e usado pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA) do Estado do Rio Grande do Sul.

Como já mencionado anteriormente, a sub-bacia do arroio Faxinal pertence a bacia hidrográfica do rio São Marcos, sendo assim, as classes de uso do arroio Faxinal e afluentes são definidas de acordo com a Resolução nº 121/2012 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (CRH-RS), a qual classifica o Rio São Marcos como classe 4 e determina que os corpos hídricos dessa bacia devem atingir os níveis de qualidade exigidos na classe 2 em um horizonte de 20 anos, ou seja, até o ano 2032.

Ressalta-se, porém, que para o presente plano, não é possível realizar os cálculos para o ICE, pois para tal índice seriam necessários históricos de dados em períodos maiores de tempo. A CCME (2001) indica que sejam feitas medições em um período de 3 anos para se obter resultados certos, justamente pelo fato de que o comportamento dos rios muda, principalmente se relacionando a vazão.

### 3.4.3 Avaliação dos resultados – Qualidade da água

Os resultados dos índices e parâmetros demonstrados a seguir se baseiam na realização de uma campanha de amostragem (uma coleta por ponto), visto que a qualidade de água nos arroios oscila, é recomendado a realização de mais campanhas, porém, por questões financeiras as avaliações foram realizadas dessa forma para se ter uma base da real situação dos corpos hídricos da sub-bacia.

#### 3.4.3.1 Avaliação das análises de qualidade da água

O resultado das análises (ensaios de campo, parâmetros orgânicos e inorgânicos) do ponto de amostragem 01 estão apresentadas nas Tabelas 10.

Tabela 10 - Resultados análise ponto 01

Ensaio	Un.	Resultado	Metodologia utilizada	L.Q.
Condutividade	mS/cm	<b>0,266</b>	Sonda multiparâmetro MULT 001	0,005
ORP	mV	<b>275</b>	Sonda multiparâmetro MULT 001	-62
OD	mg/L	<b>6,60</b>	Oxímetro óptico OXI 001	0,05
pH	pH	<b>7,69</b>	Sonda multiparâmetro MULT 001	-
Temperatura da amostra	°C	<b>22,48</b>	Sonda multiparâmetro MULT 001	-
Espumas	-	<b>Presentes</b>	Obs. visual [in loco]	-

Ensaio	Un.	Resultado	Metodologia utilizada	L.Q.
Materiais flutuantes	-	<b>Presentes</b>	Obs. visual [in loco]	-
Turbidez	NTU	<b>7,40</b>	Sonda multiparâmetro MULT 001	0,33
DBO	mg O <sub>2</sub> /L	<b>2,3</b>	SMWW-Método 5210-B	1,0
Coliformes termotolerantes	NPM/100mL	<b>1,4 x 10<sup>5</sup></b>	LAPAM PE 042	1,8
DQO	0,02	<b>&lt; L.Q.</b>	SMWW-Método 5220-C	4
Escherichia coli	NPM/100mL	<b>2,4 x 10<sup>4</sup></b>	SMWW-Método 9223-B	1,8
Fósforo total	mg P/L	<b>0,308</b>	SMWW-Método 4500-P B e E	0,016
Nitrogênio total kjeldahl	mg NH <sub>3</sub> -H/L	<b>&lt; L.Q.</b>	SMWW-Método 4500-Norg-C	3,00
Óleos e graxas totais	mg/L	<b>&lt; L.Q.</b>	LAPAM PE 011	10,00
Alumínio total	mg Al/L	<b>0,10</b>	Método: 3030 E e 3120 B	0,01
Cromo total	mg Cr/L	<b>0,05</b>	Método: 3030 E e 3120 B	0,01
Zinco total	mg Zn/L	<b>0,06</b>	Método: 3030 E e 3120 B	0,02

L.Q: Limite de quantificação.

Fonte: ISAM, LAPAM (2024).

O resultado das análises (ensaios de campo, parâmetros orgânicos e inorgânicos) do ponto de amostragem 02 estão apresentadas nas Tabelas 11.

Tabela 11 - Resultados análise ponto 02

Ensaio	Un.	Resultado	Metodologia utilizada	L.Q.
Condutividade	mS/cm	<b>0,488</b>	Sonda multiparâmetro MULT 001	0,005
ORP	mV	<b>215</b>	Sonda multiparâmetro MULT 001	-62
OD	mg/L	<b>5,40</b>	Oxímetro óptico OXI 001	0,05
pH	pH	<b>7,80</b>	Sonda multiparâmetro MULT 001	-
Temperatura da amostra	°C	<b>24,07</b>	Sonda multiparâmetro MULT 001	-
Espumas	-	<b>Presentes</b>	Obs. visual [in loco]	-
Materiais flutuantes	-	<b>Presentes</b>	Obs. visual [in loco]	-
Turbidez	NTU	<b>69,10</b>	Sonda multiparâmetro MULT 001	0,33
DBO	mg O <sub>2</sub> /L	<b>22,0</b>	SMWW-Método 5210-B	1,0
Coliformes termotolerantes	NPM/100mL	<b>4,9 x 10<sup>6</sup></b>	LAPAM PE 042	1,8
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	<b>72</b>	SMWW-Método 5220-C	4
Escherichia coli	NPM/100mL	<b>5,4 x 10<sup>5</sup></b>	SMWW-Método 9223-B	1,8
Fósforo total	mg P/L	<b>1,29</b>	SMWW-Método 4500-P B e E	0,016
Nitrogênio total kjeldahl	mg NH <sub>3</sub> -H/L	<b>17,42</b>	SMWW-Método 4500-Norg-C	3,00
Óleos e graxas totais	mg/L	<b>&lt; L.Q.</b>	LAPAM PE 011	10,00

Ensaio	Un.	Resultado	Metodologia utilizada	L.Q.
Alumínio total	mg Al/L	<b>0,24</b>	Método: 3030 E e 3120 B	0,01
Cromo total	mg Cr/L	< L.Q.	Método: 3030 E e 3120 B	0,01
Zinco total	mg Zn/L	<b>0,03</b>	Método: 3030 E e 3120 B	0,02

L.Q: Limite de quantificação.

Fonte: ISAM, LAPAM (2024).

A partir dos dados apresentados pelas análises pode-se concluir que a qualidade da água no arroio B é pior se comparada ao arroio A. Principalmente parâmetros como Oxigênio dissolvido, turbidez, DBO, DQO, Fósforo total, Nitrogênio total, *Escherichia coli* e Coliformes termotolerantes demonstram que o arroio B recebe maior carga orgânica, até mesmo considerando o fato que o mesmo possui vazão maior quando comparado ao arroio A. O fato do arroio B apresentar maior carga orgânica está atrelado tanto à presença da grande indústria frigorífica (JBS), quanto aos loteamentos habitacionais irregulares da área da sub-bacia, que se localizam principalmente nas margens do arroio B.

Se tratando dos parâmetros inorgânicos, o ponto 1 do arroio A, apresenta valores razoavelmente maiores em comparação ao ponto 2, principalmente devido ao fato do arroio ser o corpo receptor dos efluentes do curtume e da indústria de papéis.

Ambas análises demonstram a presença de espumas e materiais flutuantes, pH próximos a 8 (consideravelmente altos), oxigênio dissolvido superior a 2 mg O<sub>2</sub>/L, e turbidez analisada principalmente no arroio B, parâmetros esses que caracterizam as águas em classe 4, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.

A Tabela 12 apresenta os resultados dos parâmetros obtidos através das análises para o arroio A e B, juntamente com a comparação aos valores dos parâmetros para corpos hídricos de Classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005. Os valores identificados na cor vermelha são os que ultrapassam o limite para a classificação da Classe 2, a qual os arroios da sub-bacia deviam se enquadrar.

Tabela 12 - Comparação entre os resultados das análises e padrões da CONAMA 357

Parâmetros	Ponto 01 (arroio A)	Ponto 02 (arroio B)	Classe 2 – CONAMA 357
Alumínio dissolvido	<b>0,10</b>	<b>0,24</b>	0,1 mg/L Al
Cromo total	<b>0,05</b>	< L.Q.	0,05 mg/L Cr
Fósforo total	<b>0,308</b>	<b>1,29</b>	0,030 mg/L P
Zinco total	<b>0,06</b>	<b>0,03</b>	0,18 mg/L Zn

Parâmetros	Ponto 01 (arroio A)	Ponto 02 (arroio B)	Classe 2 – CONAMA 357
Coliformes termotolerantes	<b>1,4 x 10<sup>5</sup></b>	<b>4,9 x 10<sup>6</sup></b>	1.000 NPM/100mL
Turbidez	<b>7,40</b>	<b>69,10</b>	Até 100 UNT
DBO	<b>2,3</b>	<b>72</b>	5 mg/L O <sub>2</sub>
OD	<b>6,60</b>	<b>5,40</b>	não inferior a 5 mg/L O <sub>2</sub>

Fonte: Adaptado de CONAMA (2005).

Os parâmetros Fósforo total, Coliformes termotolerantes e DBO, principalmente no ponto de amostragem 02, demonstram a grande presença de carga orgânica no arroio B, evidenciando o nível de degradação do mesmo. Esses dados elevados nos parâmetros podem ser explicados pelo lançamento do efluente da empresa JBS e também pela grande presença de loteamentos habitacionais irregulares nas margens do arroio B, os quais lançam o efluente doméstico direto para os corpos hídricos.

#### 3.4.3.2 Avaliação do IQA – Índice de Qualidade da Água

A partir dos dados levantados nas análises detalhadas no item 3.4.3.1, foi possível realizar o cálculo do IQA para cada arroio, através do livro Estudos e modelagem da qualidade de água de rios (Von Sperling, 1996).

O ponto 01, localizado no arroio A, teve um índice calculado na faixa de 49 que, de acordo com a classificação da FEPAM é considerado de qualidade Ruim (26 – 50).

O ponto 02, localizado no arroio B, teve um índice calculado na faixa de 30, estando na mesma faixa que o ponto 01, considerada Ruim, e muito mais próxima a faixa de qualidade Péssima (0 – 25).

O Índice de Qualidade da Água, por mais que tenha sido calculado a partir de apenas uma campanha, foi outro dado que demonstrou a real situação da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal, as tabelas com os cálculos do IQA juntamente com a nota qi estão demonstradas nas Figuras 31 e 32.

Figura 31 - Cálculo do IQA - Ponto 01

Parâmetro	Nomenclatura	Unidade	Resultados da análise de água	Nota qi (0 a 100)	Peso w	qi <sup>A</sup> w	qi <sup>A</sup> w máximo possível (=100 <sup>A</sup> w)	Porcentagem do qi <sup>A</sup> w máximo possível (%) (nota/(qi máx poss))
Coli termotolera	Coli	NMP/100mL	140000	3,0	0,15	1,18	2,00	59,1%
pH	pH		7,69	91,2	0,12	1,72	1,74	98,9%
DBO5	DBO	mg/L	2,3	75,3	0,10	1,54	1,58	97,2%
Nitrogênio total	NT	mgN/L	0,00	100,0	0,10	1,58	1,58	100,0%
Fósforo total	PT	mgP/L	0,31	41,7	0,10	1,45	1,58	91,6%
Difer. temperat.	DifT	oC	0,0	94,0	0,10	1,58	1,58	99,4%
Turbidez	Turb	NTU	7,4	82,5	0,08	1,42	1,45	98,5%
Sólidos totais	ST	mg/L	100	85,5	0,08	1,43	1,45	98,8%
OD	OD	% satur	66,6	88,6	0,17	2,14	2,19	98,0%

**IQA = 49**

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

Figura 32 - Cálculo do IQA - Ponto 02

Parâmetro	Nomenclatura	Unidade	Resultados da análise de água	Nota qi (0 a 100)	Peso w	qi <sup>A</sup> w	qi <sup>A</sup> w máximo possível (=100 <sup>A</sup> w)	Porcentagem do qi <sup>A</sup> w máximo possível (%) (nota/(qi máx poss))
Coli termotolera	Coli	NMP/100mL	4900000	3,0	0,15	1,18	2,00	59,1%
pH	pH		7,80	90,3	0,12	1,72	1,74	98,8%
DBO5	DBO	mg/L	22	9,1	0,10	1,25	1,58	78,7%
Nitrogênio total	NT	mgN/L	17,42	73,2	0,10	1,54	1,58	96,9%
Fósforo total	PT	mgP/L	1,29	11,2	0,10	1,27	1,58	80,3%
Difer. temperat.	DifT	oC	0,0	94,0	0,10	1,58	1,58	99,4%
Turbidez	Turb	NTU	69,1	27,7	0,08	1,30	1,45	90,2%
Sólidos totais	ST	mg/L	100	85,5	0,08	1,43	1,45	98,8%
OD	OD	% satur	55,4	75,6	0,17	2,09	2,19	95,4%

**IQA = 30**

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

Em ambos pontos de amostragem o parâmetro Coliformes termotolerantes foi o que obteve a menor nota qi (3,0) representando 59,1% do peso máximo possível, ou seja, foi o parâmetro que mais causou impactos e baixou a faixa do IQA para as amostras. No ponto 02, com índice pior em relação ao ponto 01, os parâmetros DBO<sub>5</sub> e Fósforo total também tiveram bastante influência no valor final do IQA, parâmetros os quais tem ligação direta com o lançamento do efluente da indústria frigorífica localiza na micro bacia hidrográfica do arroio B.

### 3.4.3.3 Avaliação do IET – Índice de Estado Trófico

O Índice do Estado Trófico para o presente plano, é composto pelo cálculo do Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET (PT) modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos, segundo a equação 04.

$$IET_{(PT)} = 10 \times 6 - \left( \frac{0,42 - 0,36 \times (\ln PT)}{\ln 2} \right) - 20 \quad (4)$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg/L;

Ln: logaritmo natural.

Sendo assim o cálculo do IET para o ponto 01 é:

$$IET_{(PT)} = 10 \times 6 - \left( \frac{0,42 - 0,36 \times (\ln 308)}{\ln 2} \right) - 20 = \mathbf{63,7}$$

Segundo a classificação do IET da CETESB (2009) o arroio A se classifica como Eutrófico ( $59 < IET = 63$ ): Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.

Sendo assim o cálculo do IET para o ponto 02 é:

$$IET_{(PT)} = 10 \times 6 - \left( \frac{0,42 - 0,36 \times (\ln 1.290)}{\ln 2} \right) - 20 = \mathbf{71,2}$$

Segundo a classificação do IET da CETESB (2009) o arroio B se classifica como Hipereutrófico ( $> 67$ ): Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes,

com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

## 4. PROGNÓSTICO

Identificada a atual situação da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal perante as questões de ocupação e principalmente esgotamento sanitário, o presente item apresenta projeções populacionais, de vazão de efluentes, de carga de constituintes, e os vetores de pressão, todos tópicos baseados em dados reais e atuais que indicarão a provável situação futura da localidade. O prognóstico não prevê o aumento no lançamento de efluentes industriais, justamente por não haver informações suficientes para projetar o futuro desse setor.

### 4.1 PROJEÇÃO POPULACIONAL

Para a determinação da projeção populacional até o ano de 2044 na área da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal, adotou-se a taxa de crescimento de 1,67 % a.a baseado nos dados da Prefeitura Municipal de Caxias do Sul (2021), estando os resultados apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Projeção populacional para a área da sub-bacia

<b>Ano</b>	<b>População</b>	<b>Ano</b>	<b>População</b>
2025	2.068	2035	2.440
2026	2.102	2036	2.481
2027	2.137	2037	2.522
2028	2.173	2038	2.564
2029	2.209	2039	2.607
2030	2.246	2040	2.651
2031	2.284	2041	2.695
2032	2.322	2042	2.740
2033	2.360	2043	2.785
2034	2.400	2044	2.832

Fonte: O autor (2024).

Se comparado ao ano de 2024, o ano 2044 estima-se um aumento de 798 habitantes, representando um aumento de cerca de 28% na população da sub-bacia. Desta forma, tendo em vista a tendência do aumento populacional se espera para a área um aumento nas taxas de ocupação territorial, tendo como provável consequência a retirada de áreas cobertas por vegetação, e aumentando também a geração e lançamento de efluentes para dentro dos corpos hídricos.

## 4.2 PROJEÇÃO DA VAZÃO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

Como apresentado no item 4.1, o aumento populacional tem como uma das consequências o aumento na vazão de efluentes lançados pelos habitantes da sub-bacia do arroio Cristal. Na Tabela 14 pode-se analisar o aumento na vazão de efluente doméstico para o período de 20 anos, levando em consideração para a base de cálculos, a vazão diária de 190 litros por habitante, adota no item 3.3.1.

Tabela 14 - Projeção da vazão diária de efluente doméstico

Ano	População	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)
2024	2.034	386,46
2025	2.068	393,00
2026	2.102	399,00
2027	2.137	406,00
2028	2.173	412,87
2029	2.209	419,71
2030	2.246	426,74
2031	2.284	434,00
2032	2.322	441,18
2033	2.360	448,80
2034	2.400	456,00
2035	2.440	463,60
2036	2.481	471,40
2037	2.522	479,18
2038	2.564	487,16
2039	2.607	495,33
2040	2.651	503,70
2041	2.695	512,05
2042	2.740	520,60
2043	2.785	529,15
2044	2.832	538,08

Fonte: o autor (2024).

Na comparação do tempo inicial (2024) para o tempo final (2044), tem-se um aumento de 151,62 m<sup>3</sup>/dia na vazão de efluentes domésticos.

Se tratando do lançamento de efluentes sem tratamento em corpos hídricos de pequeno porte, e que com a vazão atual (2024) já se encontram esgotados ambientalmente, se vê extremamente necessária a implantação de sistema de tratamento de efluentes. Ressalta-se que, não está sendo levado em consideração o lançamento de efluentes industriais, justamente pelo fato de não ter como prever o futuro das indústrias na área da sub-bacia do arroio Cristal.

#### 4.2.1 Projeção da concentração de constituintes – efluente doméstico

Seguindo a formação e concentração de constituintes para efluentes domésticos apresentada na Tabela 2 (Metcalf & Eddy, 2014) do presente plano, e levando em consideração a população de 2.832 pessoas no ano de 2044 na sub-bacia do arroio Cristal, se tem a seguinte projeção de carga total para o lançamento de efluentes sem tratamento prévio, apresentada na Tabela 15.

Tabela 15 - Projeção carga total de constituintes em efluente doméstico sem tratamento – ano 2044

Constituinte	Carga total (kg/dia)
DBO <sub>5</sub>	1,13
DQO	2,87
SST	1,10
Nitrogênio total	0,19
Fósforo total	0,031
Potássio	0,090
Oleos e graxas	0,433

Fonte: o autor (2024).

A partir da Equação 5, se tem o cálculo da projeção de carga orgânica para o ano de 2044, considerando o aumento na DBO<sub>5</sub> com o aumento no lançamento de efluente doméstico.

$$DBO_5 = \frac{105,48}{3.994,08} = 0,026 \frac{kg}{m^3} \times 100 = \mathbf{26 \text{ mg/l}} \quad (5)$$

Como demonstrado no cálculo, a relação entre o aumento da DBO<sub>5</sub> com o aumento da geração de efluentes, acaba diminuindo o valor da carga orgânica quando se comparado ao ano de 2024, pois acontece a diluição da carga orgânica industrial a partir do aumento na vazão de efluentes domésticos.

A projeção do aumento de 1,13 kg/dia na concentração de DBO<sub>5</sub> para o ano de 2044 é resultado do aumento de 151,62 m<sup>3</sup> no lançamento de efluente doméstico, não sendo levado em consideração possíveis aumentos de carga e vazão no lançamento de efluentes industriais.

Além disso, com essa projeção, se pode chegar à conclusão que a carga orgânica industrial é muito mais prejudicial aos corpos hídricos da sub-bacia hidrográfica, do que a carga orgânica presente em efluentes domésticos.

### 4.3 VETORES DE PRESSÃO

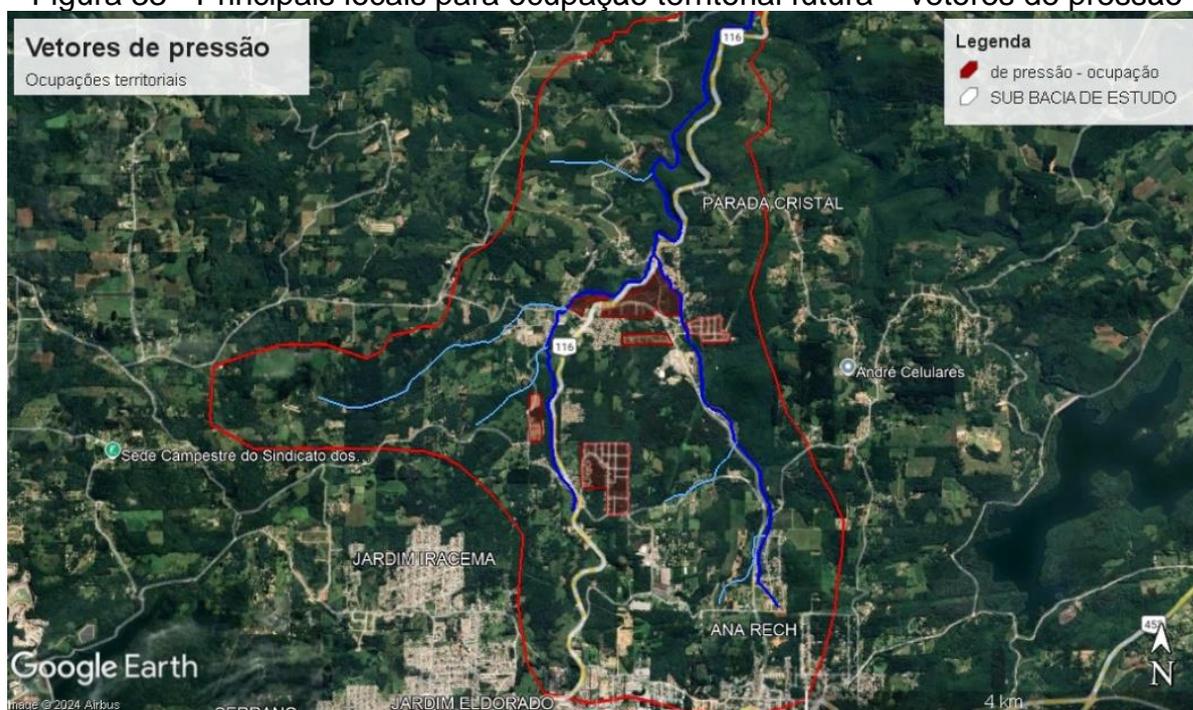
O presente destaca a importância da análise dos vetores de pressão e dos possíveis impactos gerados sobre os recursos e os usos do solo em ambientes naturais (Gama, 2002). Vetores de pressão são fatores que podem causar impactos ao meio ambiente, podendo ser internos ou externos, de origem natural ou antrópica.

Quando se fala em vetores de pressão em áreas naturais, destacam-se principalmente os incêndios, a poluição hídrica, mudanças climáticas, ocupações regulares ou irregulares que por muitas vezes são desordenadas, entre outros.

Na área da sub-bacia do arroio Cristal, um dos grandes problemas ambientais apresentados neste plano é justamente a ocupação territorial irregular, a qual acontece em grande escala até mesmo em áreas de preservação permanente.

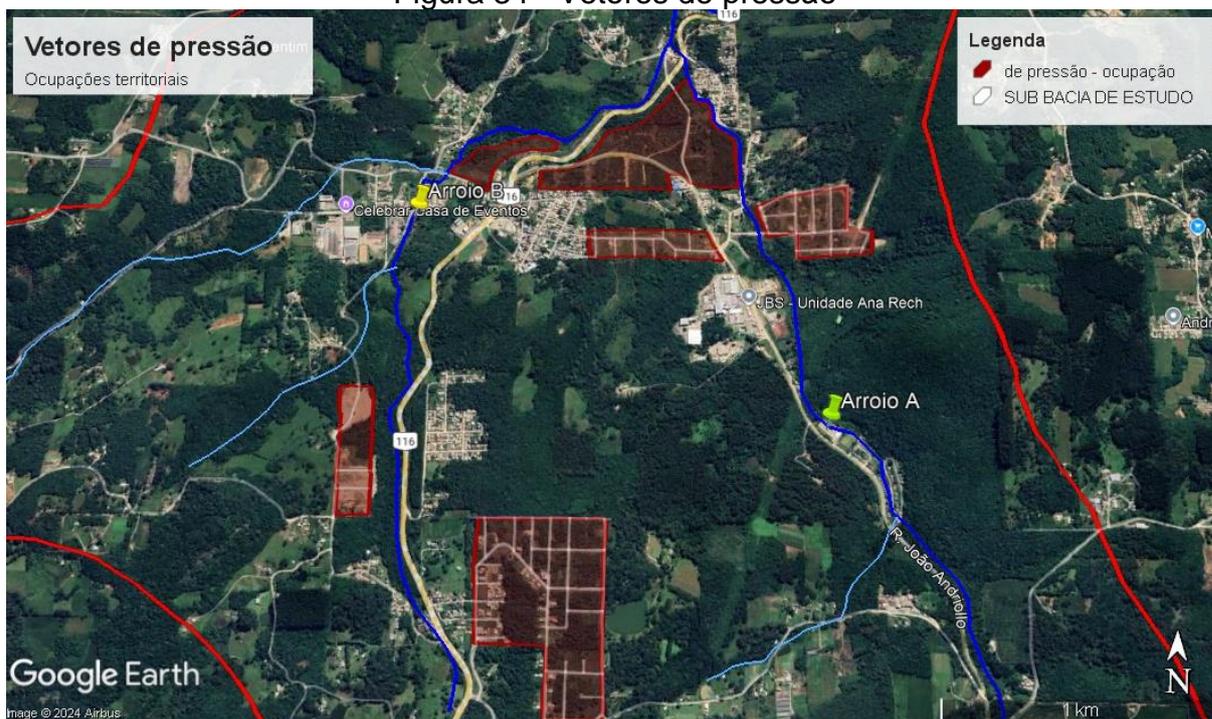
Nas Figuras 33 e 34 estão apresentados os principais vetores de pressão em relação à ocupação territorial irregular, locais os quais já estão com ocupação inicial de habitantes, ou com modificações no terreno original, já havendo alterações na topografia e abertura de novas ruas.

Figura 33 - Principais locais para ocupação territorial futura – vetores de pressão



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

Figura 34 - Vetores de pressão



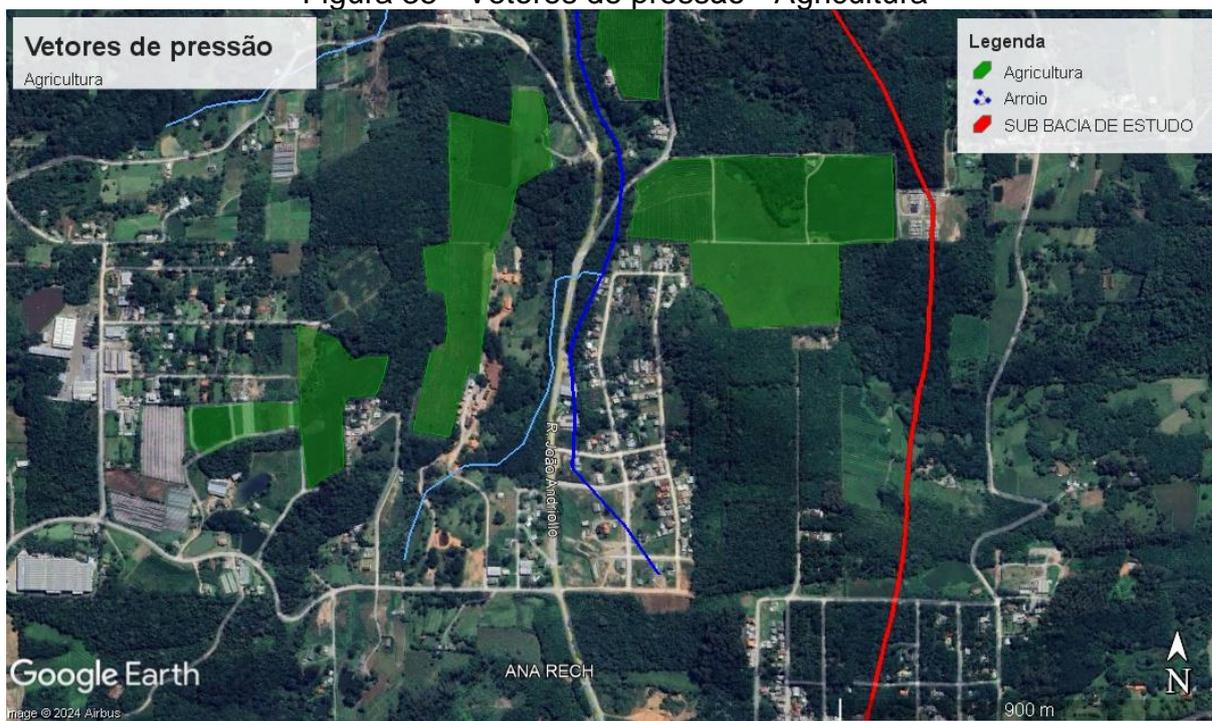
Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

Na área da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal predominam áreas de urbanização regulares, más também diversas áreas com ocupação irregular. Os vetores de pressão de ocupação territorial irregular que ocorrem na sub-bacia acabam acarretando em outros impactos, a remoção da vegetação presente, a qual em grande parte acontece de forma ilegal, não havendo a reposição legal que é requerida. Além disso, a futura estabilização populacional nessas áreas acaba gerando e lançando maiores volumes de efluentes para dentro dos corpos hídricos, efluentes esses que não são tratados previamente e acabarão aumentando o nível da poluição hídrica na sub-bacia do arroio Cristal.

No caso de ocupação por loteamentos habitacionais regularizados, os mesmos devem ter tratamento prévio de efluentes, e em caso de supressão de vegetação, deve ser previsto a reposição florestal em atendimento a diretrizes legais ambientais.

Em relação as áreas destinadas a agricultura, as quais aparecem em grande maioria na porção sudeste da sub-bacia, nas proximidades do bairro Ana Rech, ressalta-se que estas não apresentam projeção de aumento, e sim de extinção analisada pelo histórico de imagens do *Google Earth* e, justamente pelo fato de estarem próximas a áreas urbanas, como demonstrado na Figura 35.

Figura 35 - Vetores de pressão - Agricultura



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

#### 4.4 AÇÕES DE CONTINGÊNCIA

As ações de contingência do presente projeto são medidas a serem tomadas preparatórias e reativas estabelecidas para lidar com eventos inesperados ou emergências que possam afetar a qualidade ambiental na sub-bacia. Essas ações visam mitigar impactos negativos e garantir a proteção dos recursos hídricos.

Para cada ação de contingência apresentada nos quadros a seguir, foram definidos responsáveis pela sua execução e fiscalização, estando estes listados abaixo:

- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura;
- FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental;
- PATRAM – Patrulha Ambiental;
- PRF – Polícia Rodoviária Estadual;
- SEMMA - Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Caxias do Sul;
- Equipe de gestão ambiental – Profissionais contratados para executar determinadas ações, como Engenheiros Ambientais, Engenheiros Químicos, Biólogos, Agrônomos, Gestores ambientais;

#### 4.4.1 Monitoramento e alerta – Qualidade da água

Quadro 03 – Ação de monitoramento e alerta – Rompimento de ETE industrial

<b>Risco 1 – Lançamento de efluentes industriais ou sem tratamento prévio</b>			
<b>Causa</b>			
Rompimento de ETE industrial			
<b>Probabilidade:</b>	(X) Baixa	( ) Média	( ) Alta
<b>Impacto:</b>	( ) Baixo	( ) Médio	(X) Alto
<b>Dano</b>			
Contaminação dos corpos hídricos / Danos à biodiversidade / Eutrofização de algas / Mortandade de peixes / Impactos na saúde pública			
<b>Ação preventiva</b>		<b>Responsável</b>	
Fiscalização das condições das ETEs		SEMMA – Caxias do Sul FEPAM	
<b>Ações de contingência</b>		<b>Responsável</b>	
I. Interromper imediatamente o lançamento de efluentes; II. Notificar o responsável pelos danos; III. Avaliação de impacto ambiental; IV. Implementar plano de recuperação ambiental; V. Implementar meios de contenção;		SEMMA – Caxias do Sul FEPAM PATRAM Equipe de gestão ambiental	

Fonte: o autor (2024);

Quadro 04 – Ação de monitoramento e alerta - Lançamento de efluente industrial sem tratamento

<b>Risco 2 – Lançamento de efluentes industriais ou sem tratamento prévio</b>			
<b>Causa</b>			
Lançamento de efluente industrial sem tratamento			
<b>Probabilidade:</b>	( ) Baixa	(X) Média	( ) Alta
<b>Impacto:</b>	( ) Baixo	( ) Médio	(X) Alto
<b>Dano</b>			
Contaminação dos corpos hídricos / Danos a biodiversidade / Eutrofização de algas / Mortandade de peixes / Impactos na saúde pública			
<b>Ação preventiva</b>		<b>Responsável</b>	
I. Implementação de sistema de monitoramento de qualidade da água; II. Instalação de estações monitoradoras da qualidade de água;		SEMMA – Caxias do Sul	
<b>Ações de contingência</b>		<b>Responsável</b>	
I. Interromper imediatamente o lançamento de efluentes sem tratamento;		SEMMA – Caxias do Sul FEPAM PATRAM	

II. Notificar o responsável pelos danos; III. Avaliação de impacto ambiental; IV. Implementar plano de recuperação ambiental;	Equipe de gestão ambiental
---	----------------------------

Fonte: o autor (2024).

#### 4.4.2 Resposta à acidentes de trânsito

Quadro 05 – Ação de resposta à acidentes ou emergências – Derramamento de produtos químicos

<b>Risco 3 – Derramamento de produtos químicos na área da sub-bacia hidrográfica</b>			
<b>Causa</b>			
Acidente com veículos que transportam produtos químicos, ocorrendo liberação do produto para o solo e água			
<b>Probabilidade:</b>	(X) Baixa	( ) Média	( ) Alta
<b>Impacto:</b>	( ) Baixo	( ) Médio	(X) Alto
<b>Dano</b>			
Contaminação do solo / Contaminação dos corpos hídricos da região / Danos aos ecossistemas / Mortandade de animais / Alteração na qualidade do ar / Recuperação de longo prazo			
<b>Ação preventiva</b>		<b>Responsável</b>	
Manutenção e sinalização das vias;		DNIT	
<b>Ações de contingência</b>		<b>Responsável</b>	
I. Avaliação imediata da situação; II. Avaliação do tipo de produto; III. Isolamento da área; IV. Notificação aos órgãos ambientais; V. Remoção e limpeza da área; VI. Tratamento do solo afetado; VII. Avaliação de impacto ambiental; VIII. Implementar plano de recuperação ambiental;		SEMMA – Caxias do Sul PRF FEPAM PATRAM Equipe de gestão ambiental	

Fonte: o autor (2024).

#### 4.5 PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

Os programas, projetos e ações propostos no presente plano, detêm foco principal na recuperação hídrica dos arroios que compõe a sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal, e seu entorno. Ações como educação ambiental, tratamento de efluentes, programa de monitoramento ambiental para os corpos hídricos,

reurbanização das áreas irregulares e fiscalização, gestão do uso do solo, entre outros.

No Quadro 06, estão apresentados os programas e projetos definidos, juntamente com a sigla dos mesmos.

Quadro 06 - Síntese dos programas e projetos do presente plano

Programa	Projeto	
Educação Ambiental	ED.01	Educação Ambiental Formal - Escolas
	ED.02	Educação Ambiental Informal
Gestão de efluentes	GE.01	Sistema individual para tratamento de efluentes domésticos
	GE.02	Limpeza de fossas sépticas
	GE.03	Outorga de efluentes
Recuperação de áreas degradadas	RAD.01	Recuperação de APPs – Matas ciliares
	RAD.02	Manutenção de áreas verdes
Monitoramento ambiental	MA.01	Monitoramento das condições ambientais dos arroios
	MA.02	Fiscalização
Gestão de resíduos sólidos	GRS.01	Gestão dos resíduos domésticos
Uso e ocupação do solo	UOS.01	Gestão de uso e ocupação do solo

Fonte: o autor (2024).

A seguir constam as informações que orientam a implementação, execução e monitoramento de cada projeto, sendo elas:

- **Título do projeto:** título do projeto a ser desenvolvido;
- **Sigla do projeto:** codificação do projeto;
- **Motivador:** vinculação aos problemas mencionados no presente plano (diagnóstico);
- **Impacto:** nível do impacto causado pela ausência de projetos nas determinadas áreas;
- **Ações previstas:** descrição das ações e atividades previstas para cada projeto;
- **Responsáveis pelas ações:**  
CODECA – Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul;  
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental;

MP – Ministério Público – RS;

PATRAM – Patrulha Ambiental;

SAMAE – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto;

SMDE - Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Inovação;

SMED - Secretaria Municipal de Educação;

SMH – Secretaria Municipal de Habitação;

SEMA/RS – Secretaria de Meio Ambiente – Rio Grande do Sul;

SEMMA - Secretaria Municipal de Meio Ambiente;

SMOSP - Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos;

SMPLA - Secretaria de Planejamento;

SMS -Secretaria Municipal de Saúde;

SMU – Secretaria Municipal de Urbanismo;

Equipe de gestão ambiental – Profissionais contratados para executar determinadas ações (Engenheiros Ambientais, Engenheiros Químicos, Biólogos, Agrônomos, Gestores ambientais, contratados pelo poder público municipal);

- **Área de abrangência:** local de aplicação das ações;
- **Prazos:** os prazos determinados para o presente plano de recuperação são:
  - i. **Imediato:** devem ser executados no prazo de até 3 anos após a aprovação do plano;
  - ii. **Curto:** devem ser realizados no prazo de 4 a 8 anos após a aprovação do plano;
  - iii. **Médio:** ações que devem ser realizadas no prazo de 9 a 13 anos após a aprovação do plano;
  - iv. **Contínuo:** devem ser mantidos de modo permanente;
  - v. **Longo:** ações que devem ser realizadas no prazo de 14 a 20 anos.
- **Indicador de monitoramento:** equação para as metas progressivas, a qual apresenta o cálculo para o acompanhamento da execução, da ação ou o produto resultante.
- **Metas progressivas:** percentuais ou produtos a serem alcançados por ano de execução, sendo apresentado um percentual da meta a ser alcançado em cada ano no horizonte de 20 anos, ou o prazo limite em que os produtos propostos deverão ser entregues. As metas foram definidas com base nos dados do diagnóstico.

#### **4.5.1 Descrição dos programas e ações**

Os programas e ações definidos para o presente plano estão descritos nos itens a seguir, apresentando a ficha resumo para cada qual no item 4.5.2.

##### **4.5.1.1 Educação Ambiental**

A fim de colaborar com o aumento da consciência ambiental na área da sub-bacia do arroio Cristal, se prevê o programa de educação ambiental, tendo dois ramos de projetos e ações, sendo um deles em formato formal focado em crianças e adolescentes das escolas, para que esses possam levar o aprendizado para casa, e dessa forma servirem como propagadores da educação ambiental na localidade, para isso, serão implantadas e executadas as ações previstas no Projeto ED.01 (Educação ambiental formal) descrito no item 4.5.2.1 através do Quadro 7.

O outro ramo é destinado a educação ambiental informal, com foco principal na questão de resíduos sólidos, os quais por muitas vezes acabam sendo destinados indevidamente para dentro dos corpos hídricos ou margem dos mesmos. Para isso, será criado um sistema de informações e conscientização, utilizando diversos veículos, com vistas à redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente correta dos resíduos, ações as quais estão apresentadas no Projeto ED.02 (Educação ambiental informal) no item 4.5.2.2.

Além das ações relacionadas a conscientização e boas práticas com os resíduos domésticos, a ação A2 do Projeto ED.01 busca implementar o uso de compostagem orgânica na escola da localidade, visando educação ambiental e a criação de hortas orgânicas, mostrando às crianças e adolescentes o uso do composto produzido, e também promovendo a elaboração de material informativo e capacitação sobre o tema aos professores e demais interessados.

A preservação das APPs também demanda foco na propagação da educação ambiental, onde por muitas vezes ocorrem invasões dessas áreas por falta de conhecimento e pelas mesmas se apresentarem vagas, o que acaba prejudicando o ecossistema local e podendo causar problemas sociais principalmente em casos de enchentes.

#### 4.5.1.2 Gestão de efluentes

Como demonstrado no presente plano, praticamente toda área urbanizada da sub-bacia do arroio Cristal acaba destinando o efluente doméstico não tratado para dentro dos corpos hídricos, resultando na contaminação dos mesmos, e na totalidade da sub-bacia hidrográfica.

Para solucionar tal problema, será necessária a implementação de um sistema de tratamento de efluentes que atenda a geração e lançamento da população presente nesta área, sendo proposta a instalação de sistema individual fossa-filtro pela ação A1 do Projeto GE.01, apresentado no item 4.5.2.3.

Dando continuidade e eficiência ao tratamento, se vê necessário um programa de limpeza para as fossas sépticas instaladas, caso contrário as mesmas não trabalham com eficiência desejada e o efluente acaba sendo lançado sem o tratamento necessário, para isso foram elaboradas as ações A1 e A2 do Projeto GE.02 que preveem a limpeza das fossas sépticas uma vez ao ano.

Além da questão relacionada aos efluentes domésticos, um dos maiores problemas descritos no diagnóstico do presente plano, é justamente a questão do lançamento dos efluentes industriais. Por mais que os efluentes recebam tratamento prévio, o lançamento dos mesmos em pequenos corpos hídricos da sub-bacia acaba sobrecarregando a carga orgânica e alterando a qualidade da água nos arroios, como demonstrado no item 3.3.3 a carga orgânica industrial é diversas vezes maior que a doméstica, sendo esse um dos principais problemas para os recursos hídricos da sub-bacia.

As possíveis soluções para este problema envolvem a implementação das ações A1 e A2 do Projeto GE.03, as quais criam e implantam sistema de outorgas para a limitação do lançamento de efluentes diário dentro dos corpos hídricos da sub-bacia, apresentadas no item 4.5.2.5 através do Quadro 11.

#### 4.5.1.3 Recuperação de áreas degradadas

Como demonstrado no item 3.2.6, grande parte das APPs de corpos hídricos na sub-bacia do arroio Cristal estão desconfiguradas e até mesmo invadidas pela urbanização.

A recuperação dessas áreas é um desafio complexo, mas necessário para a recuperação e preservação ambiental da área, envolvendo esforços e ações dos órgãos públicos, sociedade local e também equipes de gestão ambiental. O programa de recuperação de áreas degradadas engloba o Projeto RAD.01 com foco principal na recuperação de matas ciliares, as quais estão extremamente degradadas. As ações para tal projeto (A1 a A5), determinam desde a elaboração e implantação do projeto de recuperação, até questões relacionadas ao próprio plantio de mudas e remoção de construções civis irregulares nestas áreas. Estas ações mencionadas estão apresentadas no Quadro 12 do item 4.5.2.6.

É fundamental integrar a recuperação ambiental dessas áreas ao desenvolvimento urbano sustentável, dessa forma, é possível utilizar o programa de educação ambiental como um aliado nesse projeto complexo.

Além da questão referente a recuperação de APPs, se vê necessária a implantação de projetos para a manutenção das áreas verdes existentes na área de estudo, com foco principal na preservação das mesmas, projeto que está definido e apresentado no item 4.5.2.7 através do Quadro 13.

#### 4.5.1.4 Monitoramento ambiental

A fim de monitorar eventos de poluição extrema do arroio, como lançamentos indevidos de efluente industrial (como demonstrado no item 3.3.4), se vê necessária a implementação de um programa que inclua amostragem periódica das águas, definindo pontos de coleta preferencialmente próximos aos pontos de lançamento de efluentes das empresas descritas no presente plano, para isso, foram elaboradas as ações A1 e A2 do Projeto de monitoramento de qualidade da água dos arroios (MA.01) apresentado no item 4.5.2.8.

Campanhas de amostragem que variem horários e dias da semana, variando também na profundidade da coleta, tendem a serem mais eficientes e demonstrar os reais poluentes da sub-bacia hidrográfica.

Além de campanhas de amostragem, a instalação de estações monitoradoras de qualidade da água em pontos específicos é um meio de trabalhar o Projeto MA.01 juntamente com o MA.02, sendo o foco principal do projeto de fiscalização, detalhar em caso de lançamento indevido de efluentes, os parâmetros de qualidade para que ações de contenção possam ser tomadas.

#### 4.5.1.5 Gestão de resíduos sólidos

Como já relatado no presente plano, é evidente o problema socioambiental com o descarte irregular de resíduos sólidos na área da sub-bacia, principalmente nas margens dos arroios. Além disso a falta de separação entre resíduos sólidos orgânicos e seletivos é outro problema analisado na área de estudo, o que acaba gerando um impacto ambiental principalmente nos aterros sanitários.

O projeto relacionado a gestão de resíduos sólidos (GRS.01) pode ser trabalhando em conjunto com o projeto de educação ambiental informal (ED.02), o qual busca conscientizar e ensinar a população da área sobre a separação e destinação correta do resíduo doméstico.

#### 4.5.1.6 Uso e ocupação do solo

A gestão da ocupação territorial de áreas invadidas é outra questão complexa presente na execução do plano de recuperação ambiental da sub-bacia do arroio Cristal. A mudança de um espaço precário informal que foi invadido, para uma área urbanizada regularmente e com infraestrutura adequada envolve diversos órgãos públicos e principalmente a colaboração da sociedade local.

As ações para que esse processo seja bem-sucedido e sustentável, demandam abordagens integradas e que levem em consideração aspectos técnicos, sociais e principalmente ambientais, buscando o equilíbrio entre trazer boa qualidade de vida à população e manter as condições ambientais de forma adequada. Tais ações previstas (A1 a A5) tem o objetivo de mapear áreas invadidas, delimitar e cercar APPs, avaliar os impactos ambientais causados pela ocupação desordenada, reassentar populações, entre outras que estão apresentadas no Quadro 17 no item 4.5.2.11.

### **4.5.2 Apresentação das fichas de programas e ações**

A seguir serão apresentadas as fichas dos projetos, programas e ações contendo todas informações detalhadas no item 4.5, bem como a descrição das ações tomadas para a resolução de tais problemas (motivadores).

## 4.5.2.1 Programa de Educação Ambiental: Educação Ambiental Formal

Quadro 07 – ED.01 - Educação Ambiental nas Escolas

Educação Ambiental nas Escolas										Sigla do projeto: ED.01											
Motivador										Impacto ambiental causado pelo motivador											
Descarte irregular de resíduos sólidos na área da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal; Falta de conhecimento específico sobre questões ambientais										() Baixo			(X) Médio				() Alto				
Ações previstas										Prazos			Investimento (R\$)				Responsáveis				
A1. Implantar o projeto de educação ambiental escolar										Imediato			Sem custo aplicável				SMED SEMMA				
A2. Implantar o uso de uma composteira orgânica na escola do bairro										Curto			R\$ 500,00								
										Contínuo											
A3. Elaborar material educativo digital e impresso para que os alunos possam levar para os familiares e amigos										Contínuo			R\$ 5.000/ano								
Abrangência:										Sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal											
Indicador de monitoramento	$A1 - A3 - \% \text{ de habitantes sensibilizados} = \frac{n^{\circ} \text{ de alunos sensibilizados pela campanha}}{n^{\circ} \text{ total de alunos}} \times 100$																				
Metas progressivas	Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
	(%)	10	25	50	60	70	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
	Nº				01	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
A2 – Somatório de composteiras instaladas na escola e comunidade																					

Fonte: o autor (2024).

## 4.5.2.2 Programa de Educação Ambiental: Educação Ambiental Informal

Quadro 08 - ED.02 - Educação ambiental informal - resíduos domésticos

Educação informal em resíduos domésticos										Sigla do projeto: ED.02												
Motivador										Impacto ambiental causado pelo motivador												
Descarte irregular de resíduos sólidos em áreas verdes e margens de arroios; Falta de conhecimento sobre separação adequada para os resíduos										() Baixo			(X) Médio				() Alto					
Ações previstas										Prazos			Investimento (R\$)				Responsáveis					
A1. Elaborar o projeto de educação ambiental para comunidade em geral										Imediato			Sem custo aplicável				SMED SEMMA					
A2. Implementar o projeto de educação ambiental										Imediato			Sem custo aplicável									
A3. Elaborar material educativo em forma de folders, banners e mídias digitais para a comunidade										Contínuo			R\$ 7.000/ano									
Abrangência:										Sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal												
Indicador de monitoramento		$\% \text{ de habitantes sensibilizados} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de habitantes sensibilizados pela campanha}}{\text{n}^\circ \text{ total de habitantes}} \times 100$																				
Metas progressivas		Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
		(%)	10	25	50	60	70	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: O autor (2024).

## 4.5.2.3 Programa de gestão de efluentes: Tratamento de efluente doméstico

Quadro 09 - GE.01 - Tratamento do efluente doméstico

Sistema individual para tratamento de efluente doméstico										Sigla do projeto: GE.01											
Motivador										Impacto ambiental causado pelo motivador											
Lançamento de efluentes domésticos sem tratamento prévio										() Baixo			(X) Médio				() Alto				
Ações previstas										Prazos			Investimento (R\$)				Responsáveis				
A1. Instalar sistema fossa-filtro em todas residências presentes na área da sub-bacia										Imediato			R\$ 500.000,00				SAMAE SMOSP SMPLA				
A2. Elaborar projeto de rede coletora de esgoto										Curto			R\$ 20.000,00								
A3. Licitar e executar rede coletora de esgoto										Longo			R\$ 20.000.000,00								
Abrangência:										Sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal											
Indicador de monitoramento	$A1 - \% \text{ de cobertura} = \frac{\text{Domicílios atendidos}}{\text{Total de domicílios com fossas sépticas}} \times 100$ $A2-A3 - \% \text{ de cobertura da rede coletora} = \frac{\text{Domicílios atendidos}}{\text{Total de domicílios ligados a rede}} \times 100$																				
	Metas progressivas	Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
	(%)	25	50	100																	
Metas progressivas	Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
	(%)				10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	75	80	85	90	100	100

Fonte: O autor (2024).

## 4.5.2.4 Programa de gestão de efluentes: Limpeza de fossas sépticas

Quadro 10 - GE.02 - Limpeza de fossas sépticas

Limpeza de fossas sépticas										Sigla do projeto: GE.02												
Motivador										Impacto ambiental causado pelo motivador												
Efetivação e eficiência para o projeto GE.01										() Baixo			(X) Médio				() Alto					
Ações previstas										Prazos			Investimento (R\$)				Responsável					
A1. Elaborar o programa de limpeza urbana de fossas sépticas e contratar empresa prestadora do serviço										Imediato			Sem custo aplicável				SAMAE					
A2. Implementar o programa com limpeza das fossas uma vez ao ano										Curto			50.000/ano									
										Contínuo												
Abrangência:										Sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal												
Indicador de monitoramento		$\% \text{ de limpeza} = \frac{\text{Fossas limpas}}{\text{Total de fossas instaladas}} \times 100$																				
Metas progressivas		Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
		(%)	25	50	60	70	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: O autor (2024).

## 4.5.2.5 Programa de gestão de efluentes: Gestão do lançamento de efluentes industriais

Quadro 11 – GE.03 - Outorga para lançamento de efluentes industriais

Outorga para lançamento		Sigla do projeto: GE.03																			
Motivador		Impacto ambiental causado pelo motivador																			
Criar outorga para limitar o lançamento de efluentes industriais nos pequenos arroios da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal		( ) Baixo						( ) Médio						(X) Alto							
Ações previstas		Prazos					Investimento (R\$)					Responsáveis									
A1. Elaborar sistema de outorgas para o lançamento de efluentes industriais		Imediato					Sem custo aplicável					SEMMA									
A2. Implementar outorga para limitar o lançamento de efluentes de acordo com a vazão momentânea dos corpos receptores		Imediato					R\$ 200,000 por outorga					FEPAM SEMA-RS									
		Contínuo																			
Abrangência:		Bacia hidrográfica do rio São Marcos																			
Indicador de monitoramento	$Conformidade \% = \frac{Outorgas\ em\ conformidade}{Total\ de\ outorgas\ emitidas} \times 100$																				
Metas progressivas	Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
	(%)	25	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: O autor (2024).

## 4.5.2.6 Programa de recuperação de áreas degradadas: Recuperação de APPs

Quadro 12 - RAD.01 - Recuperação de APPs – Matas ciliares

Recuperação de APPs – Matas ciliares											Sigla do projeto: RAD.01											
Motivador											Impacto ambiental causado pelo motivador											
Degradação e invasão de Áreas de Preservação Permanente dentro da área da sub-bacia do arroio Cristal											() Baixo			() Médio			(X) Alto					
Ações previstas											Prazos			Investimento (R\$)			Responsáveis					
A1. Criar o plano para recuperação de APPs											Imediato			R\$ 10.000,00			SEMMA					
A2. Fazer o levantamento de flora degradada											Imediato			R\$ 15.000,00			SEMMA					
A3. Revegetar áreas não invadidas a partir do plantio de espécies nativas											Imediato			R\$ 30.000,00			SEMMA					
A4. Desapropriar e remover construções irregulares sobre as APPs											Curto			R\$ 5.000.000,00			MP SEMMA SMH					
A5. Monitorar as atividades de recuperação											Curto			Sem custo aplicável			SEMMA					
											Contínuo						FEPAM					
Abrangência:											Sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal											
Indicador de monitoramento		$\text{Área recuperada \%} = \frac{\text{Área recuperada}}{\text{Meta de área a ser recuperada}} \times 100$																				
Metas progressivas		Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
		(%)	25	50	100																	

Fonte: O autor (2024).

## 4.5.2.7 Programa de recuperação de áreas degradadas: Manutenção de áreas verdes

Quadro 13 - RAD.02 - Manutenção de áreas verdes

Manutenção de áreas verdes										Sigla do projeto: RAD.02												
Motivador										Impacto ambiental causado pelo motivador												
Degradação contínua de áreas vegetadas na localidade de Parada Cristal										( ) Baixo			(X) Médio				( ) Alto					
Ações previstas										Prazos			Investimento (R\$)				Responsáveis					
A1. Elaborar o projeto de manutenção de áreas verdes na sub-bacia do arroio Cristal										Imediato			R\$ 5.000,00				SEMMA FEPAM SMU Equipe de gestão ambiental					
A2. Implementar o projeto de manutenção das áreas verdes										Curto			Sem custo aplicável									
A3. Fiscalizar ocupações irregulares										Curto			Sem custo aplicável									
										Contínuo												
A4. Replantar e substituir espécies										Curto			R\$ 10.000/ano									
										Contínuo												
A5. Criar programa de voluntariado para plantio de mudas										Curto			Sem custo aplicável									
Abrangência:										Sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal												
Indicador de monitoramento		$\text{Percentual \%} = \frac{\text{Áreas verdes a serem recuperadas}}{\text{Total de áreas verdes}} \times 100$																				
Metas progressivas		Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
		(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: O autor (2024).

## 4.5.2.8 Programa de monitoramento ambiental: Monitoramento dos corpos hídricos

Quadro 14 - MA.01 - Monitoramento das condições ambientais dos arroios

Monitoramento das condições ambientais dos arroios										Sigla do projeto: MA.01												
Motivador										Impacto ambiental causado pelo motivador												
Poluição hídrica através de alta carga de matéria orgânica e inorgânica										( ) Baixo			( ) Médio			(X) Alto						
Ações previstas										Prazos			Investimento (R\$)			Responsáveis						
A1. Elaborar programa de amostragem periódica dos arroios										Imediato			Sem custo aplicável			SEMMA FEPAM Equipe de gestão ambiental						
A2. Executar programa de amostragem										Curto			R\$ 10.000,00									
A3. Instalar estações monitoradoras de qualidade da água em pontos estratégicos dos arroios										Curto			R\$ 50.000,00 por estação									
A4. Instalar estações fluviométricas *(podendo trabalhar em conjunto com o projeto GE.03)										Curto			R\$ 20.000,00 por estação									
Abrangência:										Sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal												
Indicador de monitoramento	Execução do projeto de monitoramento; Número de estações monitoradoras de qualidade e fluviométricas instaladas;																					
Metas progressivas	Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	
					A2																	
	Nº				02	04	06	06	06													

Fonte: O autor (2024).

## 4.5.2.9 Programa de monitoramento ambiental: Fiscalização

Quadro 15 - MA.02 - Fiscalização ambiental

Fiscalização		Sigla do projeto: MA.02																			
Motivador		Impacto ambiental causado pelo motivador																			
Trazer eficácia ao projeto de monitoramento dos arroios, analisando questões relacionadas aos eventos de poluição detalhados no diagnóstico		( ) Baixo					(X) Médio					( ) Alto									
Ações previstas		Prazos					Investimento (R\$)					Responsáveis									
A1. Elaborar programa de fiscalização para atuar juntamente com as estações de monitoramento.		Imediato					R\$ 20.000,00					SEMMA FEPAM									
A2. Implantar o programa.		Imediato					R\$ 50.000,00														
A3. Monitorar os impactos da atividade humana.		Curto Contínuo					Sem custo aplicável														
Abrangência:		Sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal																			
Indicador de monitoramento	Redução no número de eventos de poluição registrados e informados aos órgãos competentes.																				
Metas progressivas	Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
	Nº	20	20	20	10	10	10	05	05	05	05	01	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: O autor (2024).

## 4.5.2.10 Programa de gestão de resíduos: Gestão dos resíduos sólidos domésticos

Quadro 16 - GRS.01 - Gestão de resíduos domésticos

Gestão de resíduos domésticos		Sigla do projeto: GRS.01																			
Motivador		Impacto ambiental causado pelo motivador																			
Descarte irregular de resíduos sólidos / Destinação inadequada não ocorrendo separação entre seletivo e orgânico / Aumentar a destinação de resíduos para reciclagem		( ) Baixo						(X) Médio						( ) Alto							
Ações previstas		Prazos					Investimento (R\$)					Responsáveis									
A1. Implantar o projeto de gestão de resíduos sólidos domésticos		Imediato					Sem custo aplicável					SEMMA									
A2. Incentivar a redução no uso de sacolas plásticas		Curto					Sem custo aplicável					FEPAM CODECA Equipe de gestão ambiental									
A3. Identificar e eliminar áreas de descarte irregular de resíduos sólidos		Curto					Sem custo aplicável					SEMMA									
A4. Ampliar o projeto de uso de composteiras na comunidade		Médio					Sem custo aplicável														
A5. Ampliar a coleta de resíduos domésticos em toda localidade		Contínuo					Sem custo aplicável					SEMMA									
A5. Ampliar a coleta de resíduos domésticos em toda localidade		Curto					R\$ 150.000,00/ano					CODECA									
Abrangência:		Sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal																			
Indicador de monitoramento	$Taxa\ de\ coleta\ \% = \frac{Resíduos\ coletados}{Resíduos\ gerados} \times 100$																				
Metas progressivas	Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
	(%)				50	70	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: O autor (2024).

## 4.5.2.11 Programa de gestão do uso e ocupação do solo: Gestão do uso e ocupação do solo na sub-bacia do arroio Cristal

Quadro 17 - UOS.01 - Gestão do uso e ocupação do solo na sub-bacia do arroio Cristal

Gestão do uso e ocupação do solo		Sigla do projeto: UOS.01																			
Motivador		Impacto ambiental causado pelo motivador																			
Ocupação desordenada e irregular / Ocupação em APPs / Vetores de pressão que indicam a probabilidade de ocorrência de maiores ocupações desordenadas na área / Falta de saneamento básico		( ) Baixo				(X) Médio				( ) Alto											
Ações previstas		Prazos				Investimento (R\$)				Responsáveis											
A1. Mapear áreas para identificar conflitos no uso do solo, áreas de risco, APPs invadidas e zonas ambientalmente sensíveis		Imediato				Sem custo aplicável				SEMMA FEPAM Equipe de gestão ambiental											
A2. Delimitar e cercar Áreas de Preservação Permanente		Imediato				R\$ 30.000,00															
A3. Avaliar impactos ambientais ocasionados pela ocupação desordenada		Curto				Sem custo aplicável															
A4. Reassentar populações que estão em APPs ou áreas de risco		Curto				R\$ 10.000.000,00				SEMMA SMH SMPLA SMOSP											
A5. Expandir a infraestrutura de saneamento ambiental juntamente com o projeto GE.01		Médio				R\$ 1.500.000,00				SEMMA SAMAE											
Abrangência:		Área da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal																			
Indicador de monitoramento	$\text{Redução na ocupação de APPS \%} = \frac{\text{APPs invadidas}}{\text{Área total de APPs}} \times 100$																				
Metas progressivas	Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
	(%)	70	70	60	50	50	50	30	20	20	20	20	10	10	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: O autor (2024).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recuperação ambiental da sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal demanda a execução do plano abrangente considerando intervenções técnicas, institucionais e sociais. Dado o contexto e as principais causas da degradação ambiental que ocorre na sub-bacia, se veem necessárias alguns procedimentos e medidas que devem ser tomadas para alcançar a recuperação e o equilíbrio ambiental da mesma.

Através do diagnóstico, pode-se analisar que o principal problema referente a poluição hídrica dos arroios, é justamente o lançamento de efluentes industriais. Considerando a pequena vazão dos corpos hídricos receptores, os mesmos não comportam tal demanda de carga orgânica provinda das indústrias, principalmente da JBS, a qual lança cerca de 66,40 kg DBO<sub>5</sub>/dia.

É crucial para a recuperação hídrica da sub-bacia, o investimento no projeto para a implantação de outorgas que limitem o lançamento industrial de acordo com a vazão momentânea dos corpos receptores. Além disso, a soma da grande carga orgânica industrial à doméstica aumenta as proporções da poluição hídrica. Então, também se vê necessário o investimento em soluções para o tratamento de efluentes domésticos, no qual foi detalhado o projeto para a implantação de sistemas fossa-filtro para todas residências da área em questão.

Outro grande problema diagnosticado, foi a questão referente a ocupações territoriais desordenadas e irregulares, que acabam por muitas vezes invadindo e degradando APPs, e além disso, pela proximidade desses conjuntos habitacionais com os corpos hídricos da sub-bacia, muito resíduo sólido doméstico acaba sendo descartado irregularmente nas margens e nas águas dos arroios.

Além dos principais impactos ambientais causados pelos problemas descritos, outros tantos acontecem e foram diagnosticados. Portanto, é necessário manter um sistema de monitoramento e fiscalização ambiental na sub-bacia do arroio Cristal, que seja capaz de avaliar a qualidade das águas, padrões de emissão de efluentes e a eficiência das intervenções propostas nos programas ao longo do tempo.

Com os programas projetos e ações descritos no presente plano, não se espera apenas recuperar a qualidade ambiental na sub-bacia do arroio Cristal, mas sim promover um modelo sustentável para que sirva como referência em gestão ambiental em outras áreas degradadas ambientalmente.

Após a realização e elaboração de todo diagnóstico e prognóstico, contendo estudos, análises, levantamentos, relatos, cálculos e projeções, conclui-se que a sub-bacia hidrográfica do arroio Cristal precisa de intervenções perante os órgãos ambientais, para assim poder iniciar-se o processo de recuperação, e dessa forma promover o equilíbrio ambiental da mesma.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR9898 DE 06/1987: Preservação e técnicas de amostragem de afluente líquidos e corpos receptores – Procedimento.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO/IEC 17025:2017: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR n° 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. ABNT: Rio de Janeiro, 1993.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR n° 9.897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. ABNT: Rio de Janeiro, 1987
- AMARO, CRISTIANE ARAUJO. PROPOSTA DE UM ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE DA QUALIDADE DOS CORPOS HIDRICOS AO ENQUADRAMENTO.[s. l.], 2009. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-11082009-121147/publico/Cris\\_Dissertacao.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-11082009-121147/publico/Cris_Dissertacao.pdf). Acesso em: 14 de maio de 2024.
- ANA – Agência Nacional das Águas. Portal da Qualidade das Águas. 2011.
- ANA – Agência Nacional das Águas. Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil: 2012. 264 p. ANA: Brasília, 2012.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Tradução. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em 26 de maio de 2024.
- BENVEGNÚ, M. A. Nova norma da ABNT - NBR 17076:2024 - Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte. Água e Efluentes, 28 maio 2024. Disponível em: <<https://www.aguaeeffluentes.com.br/post/nova-norma-da-abnt-nbr-17076-2024-projeto-de-sistema-de-tratamento-de-esgoto-de-menor-porte>>. Acesso em 23 nov. 2024
- BORSATTO, Saulo; DANI, Norberto; BRESSANI, Luiz; LISBOA, Nelson; GEOLOGICAL MAPPING OF CAXIAS DO SUL URBAN AREA AS AN S TEP OF GEOTECHNICAL MAP. Disponível em: <<https://www.abge.org.br/downloads/revistas/mapeamento-geologico.pdf>>. Acesso em 01 nov. 2024.
- BRAGA, Benedito *et al.* Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo: [s. n.], 2005. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5769440/mod\\_resource/content/1/Benedito%20Braga.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5769440/mod_resource/content/1/Benedito%20Braga.pdf). Acesso em 01 de junho 2024.
- BRASIL. Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. 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..

BRASIL. Lei nº 9.975, de 27 de abril de 1999. 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020).

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 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.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.

BRASIL. Lei nº 14.285, de 29 de dezembro de 2021. 2021. Altera as Leis nºs 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre regularização fundiária em terras da União, e 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para dispor sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. 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.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011. 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

CARELLI, Liamara; LOPES, Priscila Paixão. Caracterização Fisiográfica da Bacia Olhos D'água em Feira de Santana/BA: Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental. ., [s. l.], 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3371/337127156003.pdf>. Acesso em 1 de junho de 2024.

CARLSON, Robert. A trophic state index for lakes. ., [s. l.], 1977. Disponível em: <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.4319/lo.1977.22.2.0361>. Acesso em 2 junho de 2024.

CAXIAS DO SUL. Lei nº 8.892 de 27 de dezembro de 2022. 2022. Institui normas para a autorização, instalação e cadastramento de Estações Transmissoras de Radiocomunicação e de equipamentos afins e dá outras providências.

CAXIAS DO SUL. Lei complementar nº 589, de 19 de novembro de 2019. 2019. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) do Município de Caxias do Sul e dá outras providências.

CETESB. Guia Nacional De Coleta E Preservação De Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas E Efluentes Líquidos. [S. l.: s. n.], 2012. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2024. Acesso em 21 de outubro de 2024.

CHRISTOFOLETTI, A. (1970). Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas. 1970. 375 f. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

GEIGER, Köppen. Köppen–Geiger Climate Classification. ., [s. l.], 5 jul. 2024. Disponível em: [https://reliefweb.int/map/world/asia-pacific-regional-reference-map-koppen-geiger-climate-classification?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjws560BhCuARIsAHMqE0Efk6hCK6Yb-qFjioockeyO31Bly\\_yafSSe59FIVVsMLp4Wk9IKxAaAkxAEALw\\_wcB](https://reliefweb.int/map/world/asia-pacific-regional-reference-map-koppen-geiger-climate-classification?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjws560BhCuARIsAHMqE0Efk6hCK6Yb-qFjioockeyO31Bly_yafSSe59FIVVsMLp4Wk9IKxAaAkxAEALw_wcB) . Acesso em 29 maio de 2024.

LEMES, E.M.; V. GARUTTI. 2002. Ecologia da ictiofauna de um córrego de cabeceira da bacia do alto rio Paraná, Brasil. Iheringia, Série Zoologia, v. 92, n. 3, p. 69-78. 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. GEO BRASIL. Recursos Hídricos: Componente da Série de Relatórios sobre o Estado e Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil. ., Brasília, 2007. Disponível em:

<https://www.ceivap.org.br/estudos/GEO-Brasil-Recursos-Hidricos.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2024.

MAGNAGO, Rachel Faverzani. Química Ambiental. Palhoça: [s. n.], 2011. Disponível em: file:///C:/Users/fulltext.pdf. Acesso em 23 de junho de 2024.

MAZZONI, R; IGLESIAS-RIOS, R. Distribution pattern of two fish species in a coastal stream in the Southeast of Brazil. 2002. Brazilian Journal of Biology, n. 62, p. 171-178.

NARDY, A.J.R. As rochas vulcânicas mesozoicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. 2008. Revista Brasileira de Geociências.

NELSON, Joseph. Fishes of the world. [S. l.: s. n.], 2006. Disponível em: [http://www.sisal.unam.mx/labeco/LAB\\_ECOLOGIA/Ecologia\\_de\\_peces\\_files/Nelson%202006.pdf](http://www.sisal.unam.mx/labeco/LAB_ECOLOGIA/Ecologia_de_peces_files/Nelson%202006.pdf). Acesso em 24 de junho 2024.

NUNES, L.F (2004). Mapeamento geotécnico preliminar da área urbana de Caxias do Sul – RS. 2004. Trabalho de conclusão de curso de geologia do instituto de geociências – UFRGS.

OLIVEIRA, G.S.; ANTUNES, F.M.; VAZ, S.S.; SILVA, A.M.; ROSA, A.H. Parâmetros físico-químicos e balanço biogeoquímico de nutrientes inorgânicos na avaliação da qualidade da água do Rio Sorocaba – SP. 2007. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 30, Águas de Lindóia, 2007. Anais... Águas de Lindóia: SBQ, 2007.

PORTO, M.F.A. Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro. 2002. 131 p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

RAMBO, Balduino. A FISIONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL: Fundamentos da Cultura Rio-Grandense Primeira Série. [S. l.: s. n.], 1994. Disponível em: [https://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno\\_31.pdf](https://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_31.pdf). Acesso em 27 junho de 2024.

Rebelo, Silene; Bavaresco, Carlos. Saúde Ambiental: Livrodidático. Palhoça, SC: Unisul Virtual, 2008. Unidades 3 e 4.

SÁ JÚNIOR, A. Aplicação da Classificação de Köppen para o Zoneamento Climático do Estado de Minas Gerais. 2009. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 15.434 de 09 de janeiro de 2020. 2020. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 13.597 de 30 de dezembro de 2010. 2010. Dá nova redação à Lei n.º 11.730, de 9 de janeiro de 2002, que dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política Estadual de Educação Ambiental, cria o Programa Estadual de Educação Ambiental, e complementa a Lei Federal n.º 9.795, de 27 de

abril de 1999, no Estado do Rio Grande do Sul, regulamentada pelo Decreto Federal n.º 4.281, de 25 de junho de 2002.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução CONSEMA nº 334 de 13 de dezembro de 2016. 2016. Revoga a CONSEMA 129/2006 que dispõe sobre definição de critérios e padrões de emissão para toxicidade de efluentes líquidos lançados em águas superficiais do RS.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução CONSEMA nº 355 de 19 de julho de 2017. 2017. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.

RIO GRANDE DO SUL. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução CRH nº 121/12. 2012. Aprova o enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SEMA. Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura. G040 - Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. 2024. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g040-bh-taquari-antas>. Acesso em 14 de agosto de 2024.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. Solos do Rio Grande de Sul. 2 ed. Porto Alegre: EMATER/RS - ASCAR. 222 p. 2008.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F.; STENSEL, D.: Wastewater Engineering - Treatment and Reuse. Metcalf & Eddy, Inc. 2003.

TCHOBANOGLIOUS, George; PRESCOTT EDDY Harrison. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos - 5ed. 2014.

TEIXEIRA, M.B.; NETO, A.B.C. Vegetação. In: Projeto RADAM BRASIL. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte da Folha SI. 22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: IBGE, 1986..

UNESCO. Conselho Nacional RBMA. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://rbma.org.br/n/>. Acesso em 1 de julho de 2024.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (1975). Hidrologia aplicada. 1975. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245 p.

VON SPERLING, Marcos. Princípios de tratamento biológico de águas residuárias: introdução e qualidade das águas e do tratamento de esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

VON SPERLING, Marcos. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 588p. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.7).

## ANEXO 01

## RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2244/24

Cliente: **Germano Bassanesi Zuanazzi**  
Endereço: Padre Feijó, 1041 - Centro - São Marcos/RS  
Contato: Germano Bassanesi Zuanazzi-gbzuanazzi@ucs.br -54991419499

Solicitante: Germano Bassanesi Zuanazzi - 54991419499 - contato: Germano Bassanesi Zuanazzi-gbzuanazzi@ucs.br - 54991419499

Número da amostra: 2244/24 Amostra: ÁGUA RESIDUAL: EFLUENTE LÍQUIDO Orçamento nº: 0414/24

Amostragem e coleta: A amostragem e as informações referente a amostra são de responsabilidade do solicitante.

Identificação da amostra: Ponto 1

Responsável pela coleta: Germano Zuanazzi Data / hora da coleta: 31/10/2024 14:47

Data / hora do recebimento: 31/10/2024 16:10 Temperatura de recebimento da amostra: 9,0 °C

Período de execução dos ensaios: 31/10/24 a 14/11/24

Condições ambientais de execução dos ensaios: 23°C ± 5°C

Ensaio	Unidade	Resultado	L.Q	Metodologia utilizada
Alumínio total <sup>1</sup>	mg Al/L	0,10	0,01	Método: 3030 E e 3120 B
Cromo total <sup>1</sup>	mg Cr/L	0,05	0,01	Método: 3030 E e 3120 B
Zinco total <sup>1</sup>	mg Zn/L	0,06	0,02	Método: 3030 E e 3120 B

**OBSERVAÇÕES e LEGENDAS:** n.a: não aplicável, L.Q: limite quantificação,

A temperatura de acondicionamento da amostra para o(s) ensaio(s) físicos-químicos esta em DESACORDO com a recomendação do SMWW de >0°C e <=6°C. O(s) resultado(s) pode(em) sofrer desvio(s) pelo não atendimento desta recomendação.

LAPAM PE: Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais - Procedimento de Ensaio.

SMWW: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (2023), 24th Edition.

O(s) ensaio(s) foi(foram) realizado(s) nas instalações permanentes do Laboratório.

<sup>1</sup> Ensaios acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (Cgcre), de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, certificado número CRL 0440.

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita e se aplicam somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).

O Relatório de Ensaio não pode ser reproduzido sem a aprovação do laboratório, exceto se for reproduzido na íntegra.

Caxias do Sul, 14 de novembro de 2024.

Karen Petyele Loreno  
Engenheira Química - CRQ 053004461  
Signatário Autorizado

Código de verificação eletrônico: AD1520884EE3E1FE6E9D953250E0B545



Documento gerado e assinado digitalmente no sistema QualiLIMS Químico.

Data e horário da assinatura: 14/11/2024 17:38:37

Informações do signatário:

KAREN PETYELE LORENO:01062663063 <KPLORENO@UCS.BR>

Certificado emitido por AC CNDL RFB v3 (ICP-Brasil), válido de 21/07/2023 17:39:25 a 21/07/2026 17:39:25

## RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2243/24

Cliente: **Germano Bassanesi Zuanazzi**

Endereço: Padre Feijó, 1041 - Centro - São Marcos/RS

Contato: Germano Bassanesi Zuanazzi-gbzuanazzi@ucs.br -54991419499

Solicitante: Germano Bassanesi Zuanazzi - 54991419499 -contato: Germano Bassanesi Zuanazzi-gbzuanazzi@ucs.br - 54991419499

Número da amostra: 2243/24 Amostra: ÁGUA RESIDUAL: EFLUENTE LÍQUIDO Orçamento nº: 0414/24

Amostragem e coleta: A amostragem e as informações referente a amostra são de responsabilidade do solicitante.

Identificação da amostra: Ponto 1

Responsável pela coleta: Germano Zuanazzi Data / hora da coleta: 31/10/2024 14:47

Data / hora do recebimento: 31/10/2024 16:10 Temperatura de recebimento da amostra: 9,0 ° C

Período de execução dos ensaios: 31/10/24 a 14/11/24

Condições ambientais de execução dos ensaios: 23°C ± 5°C

Ensaio	Unidade	Resultado	L.Q	Metodologia utilizada
Demanda bioquímica de oxigênio <sup>2</sup>	mgO <sub>2</sub> /L	2,3	1,0	SMWW-Método 5210-B [LAPAM PE 023]
Coliformes termotolerantes <sup>2</sup>	NMP/100mL	1,4 x 10 <sup>5</sup>	1,8	LAPAM PE 042
Demanda química de oxigênio <sup>2</sup>	mg O <sub>2</sub> /L	< L.Q.	4	SMWW-Método 5220-C [LAPAM PE 064]
Escherichia coli <sup>2</sup>	NMP/100mL	2,4 x 10 <sup>4</sup>	1,8	SMWW-Método 9223-B
Fósforo Total <sup>2</sup>	mg P/L	0,308	0,016	SMWW-Método 4500-P B e E [LAPAM PE 019]
Nitrogênio total kjeldahl (NTK) (Semi-micro) <sup>2</sup>	mg NH <sub>3</sub> -N/ L	< L.Q.	3,00	SMWW-Método 4500-Norg-C
Óleos e graxas totais <sup>2</sup>	mg/L	< L.Q.	10,0	LAPAM PE 011

**OBSERVAÇÕES e LEGENDAS:** n.a: não aplicável, L.Q: limite quantificação,

"< " os resultados de amostras microbiológicas iniciadas com este sinal, configuram AUSÊNCIA de crescimento microbiano, NMP: Número mais provável A temperatura de acondicionamento da amostra para o(s) ensaio(s) físicos-químicos esta em DESACORDO com a recomendação do SMWW de >0°C e <=6°C. O(s) resultado(s) pode(em) sofrer desvio(s) pelo não atendimento desta recomendação.

LAPAM PE: Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais - Procedimento de Ensaio.

SMWW: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (2023), 24th Edition.

O(s) ensaio(s) foi(foram) realizado(s) nas instalações permanentes do Laboratório.

<sup>2</sup>Ensaio reconhecido pela Rede Metrológica/ RS, de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 Certificado de Reconhecimento Nº 3415A/3415B e 3415C. Consulte o escopo completo através do endereço: <http://www.redemetrologica.com.br/laboratorios-reconhecidos>

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita e se aplicam somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).

O Relatório de Ensaio não pode ser reproduzido sem a aprovação do laboratório, exceto se for reproduzido na íntegra.

Caxias do Sul, 14 de novembro de 2024.

Karen Petyele Loreno  
Engenheira Química - CRQ 053004461  
Signatário Autorizado

Código de verificação eletrônico: 13D8C4B940780FF701B9CB5B716775D5



Documento gerado e assinado digitalmente no sistema QualiLIMS Químico.

Data e horário da assinatura: 14/11/2024 17:38:29

Informações do signatário:

KAREN PETYELE LORENO:01062663063 <KPLORENO@UCS.BR>

Certificado emitido por AC CNDL RFB v3 (ICP-Brasil), válido de 21/07/2023 17:39:25 a 21/07/2026 17:39:25

**RELATÓRIO DE AMOSTRAGEM E DE ENSAIOS EM CAMPO Nº 0087/2024****Cliente:** Germano Bassanesi Zuanazzi**Endereço:** Rodovia BR 116, KM 113, 1041 - Industrial - São Marcos/RS**Contato:** Germano Bassanesi Zuanazzi - gbzuanazzi@ucs.br -**Amostragem:** Definido pelo cliente. Vinculado ao Plano de Amostragem nº: 0087/2024**Matriz amostrada e ensaiada:** Superficial (Bruta)**Identificação da amostra:** Ponto 01**Local da amostragem (Coordenadas geográficas - Graus Decimais):** 29° 4'20.77"S/51° 6'12.40"O**Responsável pela retirada da amostra:** William Luan Deconto**Responsável pelos ensaios em campo:** William Luan Deconto**Data da amostragem e da realização dos ensaios em campo:** 31/10/2024**Hora do início:** 14:47 **Hora do final:** 14:53**Condições ambientais durante a amostragem:** 29 °C **Tempo:** Ensolarado**Data de emissão do relatório de amostragem e de ensaios em campo:** 19/11/2024

Ensaio	Unidade	Resultado	Metodologia utilizada	Faixa de trabalho	L.Q.
Condutividade	mS/cm	0,266	Sonda multiparâmetro MULT 001 [ISAM PE 001]	-	0,005
ORP	mV	275	Sonda multiparâmetro MULT 001 [ISAM PE 001]	-	-62
Oxigênio Dissolvido	mg/L	6,60	Oxímetro óptico OXI 001 [ISAM PE 002]	-	0,05
pH	pH	7,69	Sonda multiparâmetro MULT 001 [ISAM PE 001]	4,05 a 10,01	-
Temperatura da amostra	°C	22,48	Sonda multiparâmetro MULT 001 [ISAM PE 001]	10,00 a 30,00	-
Espumas	-	Presentes	Obs. visual [in loco] [ISAM PE 010]	-	-
Materiais Flutuantes	-	Presentes	Obs. visual [in loco] [ISAM PE 010]	-	-
Turbidez	NTU	7,40	Sonda multiparâmetro MULT 001 [ISAM PE 001]	-	0,33

**Legenda:**

mS/cm - millisiemens por centímetro; mV - milivolts; NTU - Unidade Nefelométrica de Turbidez; mg/L - miligramas por litro; °C - graus Celsius; L.Q. - limite de quantificação.

**Notas:** Amostragem realizada conforme procedimento ISAM PA 010 - Planejamento e procedimentos para amostragem, manuseio das amostras, elaborado com base nas seguintes normas:

- 1) AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods of examination of water and wastewater. 24st ed. Washington 2023.
- 2) ABNT. NBR 9898: 1987. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.
- 3) ABNT. NBR 9897: 1987. Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.
- 4) ABNT. NBR 15847: 2010. Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento - Métodos de purga.
- 5) ABNT. NBR ISO/IEC 17025: 2017. Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração.
- 6) COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2023. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Renan Lourenço O. Silva ... [et al.]. - 2. ed. - São Paulo: CETESB; Brasília: ANA.
- 7) NIT DICLA 057. Critérios para acreditação da amostragem de águas e matrizes ambientais.

Ensaio reconhecido pela Rede Metrologica/RS, de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 - Certificado de Reconhecido 3416A. Consulte o escopo completo através do endereço: <http://www.redemetrologica.com.br/laboratorios-reconhecidos>

Os resultados contidos neste documento têm significação restrita e se aplicam somente a(s) amostra(s) ensaiada(s).

Este documento somente poderá ser reproduzido na íntegra, não sendo permitida sua reprodução parcial.

A incerteza de medição está disponível para cliente sob consulta no laboratório.

Obs.: Os resultados dos demais ensaios laboratoriais realizados com esta amostra, estão apresentados no(s) LAPAM – FG 202 Rev 09 - RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2243/24 / LAPAM – FG 204 rev 06 - RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2244/24, enviados ao cliente por e-mail na data de 19/11/2024. .

Caxias do Sul, 19 de novembro de 2024.

**Denise Peresin**

Biol. Ma. - CRBio 045302/03-D

Signatário Autorizado

Código de verificação eletrônico: 5E38317886DB7CDE3146BB147D6109FE

Documento assinado digitalmente



DENISE PERESIN

Data: 19/11/2024 10:26:14-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

## RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2246/24

Cliente: **Germano Bassanesi Zuanazzi**  
Endereço: Padre Feijó, 1041 - Centro - São Marcos/RS  
Contato: Germano Bassanesi Zuanazzi-gbzuanazzi@ucs.br -54991419499

Solicitante: Germano Bassanesi Zuanazzi - 54991419499 - contato: Germano Bassanesi Zuanazzi-gbzuanazzi@ucs.br - 54991419499

Número da amostra: 2246/24 Amostra: ÁGUA RESIDUAL: EFLUENTE LÍQUIDO Orçamento nº: 0414/24

Amostragem e coleta: A amostragem e as informações referente a amostra são de responsabilidade do solicitante.

Identificação da amostra: Ponto 2

Responsável pela coleta: Germano Zuanazzi Data / hora da coleta: 31/10/2024 14:29

Data / hora do recebimento: 31/10/2024 16:13 Temperatura de recebimento da amostra: 9,0 ° C

Período de execução dos ensaios: 31/10/24 a 14/11/24

Condições ambientais de execução dos ensaios: 23°C ± 5°C

Ensaio	Unidade	Resultado	L.Q	Metodologia utilizada
Alumínio total <sup>1</sup>	mg Al/L	0,24	0,01	Método: 3030 E e 3120 B
Cromo total <sup>1</sup>	mg Cr/L	< L.Q.	0,01	Método: 3030 E e 3120 B
Zinco total <sup>1</sup>	mg Zn/L	0,03	0,02	Método: 3030 E e 3120 B

**OBSERVAÇÕES e LEGENDAS:** n.a: não aplicável, L.Q: limite quantificação,

A temperatura de acondicionamento da amostra para o(s) ensaio(s) físicos-químicos esta em DESACORDO com a recomendação do SMWW de >0°C e <=6°C. O(s) resultado(s) pode(em) sofrer desvio(s) pelo não atendimento desta recomendação.

LAPAM PE: Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais - Procedimento de Ensaio.

SMWW: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (2023), 24th Edition.

O(s) ensaio(s) foi(foram) realizado(s) nas instalações permanentes do Laboratório.

<sup>1</sup> Ensaios acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (Cgcre), de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, certificado número CRL 0440.

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita e se aplicam somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).

O Relatório de Ensaio não pode ser reproduzido sem a aprovação do laboratório, exceto se for reproduzido na íntegra.

Caxias do Sul, 14 de novembro de 2024.

Karen Petyele Loreno  
Engenheira Química - CRQ 053004461  
Signatário Autorizado

Código de verificação eletrônico: 236994429797C4EFC2B72F490056F6DC



Documento gerado e assinado digitalmente no sistema QualiLIMS Químico.

Data e horário da assinatura: 14/11/2024 17:38:47

Informações do signatário:

KAREN PETYELE LORENO:01062663063 <KPLORENO@UCS.BR>

Certificado emitido por AC CNDL RFB v3 (ICP-Brasil), válido de 21/07/2023 17:39:25 a 21/07/2026 17:39:25

## RELATÓRIO DE AMOSTRAGEM E DE ENSAIOS EM CAMPO Nº 0088/2024

**Cliente:** Germano Bassanesi Zuanazzi

**Endereço:** Rodovia BR 116, KM 113, 1041 - Industrial - São Marcos/RS

**Contato:** Germano Bassanesi Zuanazzi - gbzuanazzi@ucs.br -

**Amostragem:** Definido pelo cliente. Vinculado ao Plano de Amostragem nº: 0088/2024

**Matriz amostrada e ensaiada:** Superficial (Bruta)

**Identificação da amostra:** Ponto 02

**Local da amostragem (Coordenadas geográficas - Graus Decimais):** 29° 4'18.83"S/51° 6'9.38"O

**Responsável pela retirada da amostra:** William Luan Deconto

**Responsável pelos ensaios em campo:** William Luan Deconto

**Data da amostragem e da realização dos ensaios em campo:** 31/10/2024

**Hora do início:** 14:29 **Hora do final:** 14:34

**Condições ambientais durante a amostragem:** 29 °C **Tempo:** Ensolarado

**Data de emissão do relatório de amostragem e de ensaios em campo:** 19/11/2024

Ensaio	Unidade	Resultado	Metodologia utilizada	Faixa de trabalho	L.Q.
Condutividade	mS/cm	0,488	Sonda multiparâmetro MULT 001 [ISAM PE 001]	-	0,005
ORP	mV	215	Sonda multiparâmetro MULT 001 [ISAM PE 001]	-	-62
Oxigênio Dissolvido	mg/L	5,40	Oxímetro óptico OXI 001 [ISAM PE 002]	-	0,05
pH	pH	7,80	Sonda multiparâmetro MULT 001 [ISAM PE 001]	4,05 a 10,01	-
Temperatura da amostra	°C	24,07	Sonda multiparâmetro MULT 001 [ISAM PE 001]	10,00 a 30,00	-
Espumas	-	Presentes	Obs. visual [in loco] [ISAM PE 010]	-	-
Materiais Flutuantes	-	Presentes	Obs. visual [in loco] [ISAM PE 010]	-	-
Turbidez	NTU	69,10	Sonda multiparâmetro MULT 001 [ISAM PE 001]	-	0,33

### Legenda:

mS/cm - millisiemens por centímetro; mV - milivolts; NTU - Unidade Nefelométrica de Turbidez; mg/L - miligramas por litro; °C - graus Celsius; L.Q. - limite de quantificação.

**Notas:** Amostragem realizada conforme procedimento ISAM PA 010 - Planejamento e procedimentos para amostragem, manuseio das amostras, elaborado com base nas seguintes normas:

- 1) AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods of examination of water and wastewater. 24st ed. Washington 2023.
- 2) ABNT. NBR 9898: 1987. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.
- 3) ABNT. NBR 9897: 1987. Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.
- 4) ABNT. NBR 15847: 2010. Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento - Métodos de purga.
- 5) ABNT. NBR ISO/IEC 17025: 2017. Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração.
- 6) COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2023. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Renan Lourenço O. Silva ... [et al.]. - 2. ed. - São Paulo: CETESB; Brasília: ANA.
- 7) NIT DICLA 057. Critérios para acreditação da amostragem de águas e matrizes ambientais.

Ensaio reconhecidos pela Rede Metrologica/RS, de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 - Certificado de Reconhecido 3416A. Consulte o escopo completo através do endereço: <http://www.redemetrologica.com.br/laboratorios-reconhecidos>

Os resultados contidos neste documento têm significação restrita e se aplicam somente a(s) amostra(s) ensaiada(s).

Este documento somente poderá ser reproduzido na íntegra, não sendo permitida sua reprodução parcial.

A incerteza de medição está disponível para cliente sob consulta no laboratório.

Obs.: Os resultados dos demais ensaios laboratoriais realizados com esta amostra, estão apresentados no(s) LAPAM – FG 202 Rev 09 - RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2245/24; LAPAM – FG 204 rev 06 - RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2246/24, enviados ao cliente por e-mail na data de 19/11/2024. .

Caxias do Sul, 19 de novembro de 2024.

**Denise Peresin**

Biol. Ma. - CRBio 045302/03-D

Signatário Autorizado

Código de verificação eletrônico: 2380E95CCDC525C496864E82DE2ACE9A

Documento assinado digitalmente

gov.br

DENISE PERESIN

Data: 19/11/2024 10:26:14-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

## RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2245/24

Cliente: **Germano Bassanesi Zuanazzi**

Endereço: Padre Feijó, 1041 - Centro - São Marcos/RS

Contato: Germano Bassanesi Zuanazzi-gbzuanazzi@ucs.br -54991419499

Solicitante: Germano Bassanesi Zuanazzi - 54991419499 -contato: Germano Bassanesi Zuanazzi-gbzuanazzi@ucs.br - 54991419499

Número da amostra: 2245/24 Amostra: ÁGUA RESIDUAL: EFLUENTE LÍQUIDO Orçamento nº: 0414/24

Amostragem e coleta: A amostragem e as informações referente a amostra são de responsabilidade do solicitante.

Identificação da amostra: Ponto 2

Responsável pela coleta: Germano Zuanazzi Data / hora da coleta: 31/10/2024 14:29

Data / hora do recebimento: 31/10/2024 16:12 Temperatura de recebimento da amostra: 9,0 °C

Período de execução dos ensaios: 31/10/24 a 14/11/24

Condições ambientais de execução dos ensaios: 23°C ± 5°C

Ensaio	Unidade	Resultado	L.Q	Metodologia utilizada
Demanda bioquímica de oxigênio <sup>2</sup>	mgO <sub>2</sub> /L	22,0	1,0	SMWW-Método 5210-B [LAPAM PE 023]
Coliformes termotolerantes <sup>2</sup>	NMP/100mL	4,9 x 10 <sup>6</sup>	1,8	LAPAM PE 042
Demanda química de oxigênio <sup>2</sup>	mg O <sub>2</sub> /L	72	4	SMWW-Método 5220-C [LAPAM PE 064]
Escherichia coli <sup>2</sup>	NMP/100mL	5,4 x 10 <sup>5</sup>	1,8	SMWW-Método 9223-B
Fósforo Total <sup>2</sup>	mg P/L	1,290	0,016	SMWW-Método 4500-P B e E [LAPAM PE 019]
Nitrogênio total kjeldahl (NTK) (Semi-micro) <sup>2</sup>	mg NH <sub>3</sub> -N/ L	17,42	3,00	SMWW-Método 4500-Norg-C
Óleos e graxas totais <sup>2</sup>	mg/L	< L.Q.	10,0	LAPAM PE 011

**OBSERVAÇÕES e LEGENDAS:** n.a: não aplicável, L.Q: limite quantificação,

"< " os resultados de amostras microbiológicas iniciadas com este sinal, configuram AUSÊNCIA de crescimento microbiano, NMP: Número mais provável A temperatura de acondicionamento da amostra para o(s) ensaio(s) físicos-químicos esta em DESACORDO com a recomendação do SMWW de >0°C e <=6°C. O(s) resultado(s) pode(em) sofrer desvio(s) pelo não atendimento desta recomendação.

LAPAM PE: Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais - Procedimento de Ensaio.

SMWW: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (2023), 24th Edition.

O(s) ensaio(s) foi(foram) realizado(s) nas instalações permanentes do Laboratório.

<sup>2</sup>Ensaio reconhecido pela Rede Metrologica/ RS, de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 Certificado de Reconhecimento Nº 3415A/3415B e 3415C. Consulte o escopo completo através do endereço: <http://www.redemetrologica.com.br/laboratorios-reconhecidos>

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita e se aplicam somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).

O Relatório de Ensaio não pode ser reproduzido sem a aprovação do laboratório, exceto se for reproduzido na íntegra.

Caxias do Sul, 14 de novembro de 2024.

Karen Petyele Loreno  
Engenheira Química - CRQ 053004461  
Signatário Autorizado

Código de verificação eletrônico: BOCA64F68C55AC8B56E75E7A6C23E686



Documento gerado e assinado digitalmente no sistema QualiLIMS Químico.

Data e horário da assinatura: 14/11/2024 17:38:42

Informações do signatário:

KAREN PETYELE LORENO:01062663063 <KPLORENO@UCS.BR>

Certificado emitido por AC CNDL RFB v3 (ICP-Brasil), válido de 21/07/2023 17:39:25 a 21/07/2026 17:39:25