

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – IPH
PPG MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS – PROFÁGUA

**AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DOS RISCOS
ASSOCIADOS ÀS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS INDIVIDUAIS
DO DISTRITO DE IPIRANGA, GRAVATAÍ/RS**

NÍKOLAS BITELLO WINCK

ProfÁgua



ProfÁgua



NÍKOLAS BITELLO WINCK

**AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DOS RISCOS
ASSOCIADOS ÀS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS INDIVIDUAIS
DO DISTRITO DE IPIRANGA, GRAVATAÍ/RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua UFRGS como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Profa. Dra. Maria Cristina de Almeida Silva

Porto Alegre/RS
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

CIP - Catalogação na Publicação

Winck, Nikolas Bitello
AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DOS RISCOS
ASSOCIADOS ÀS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS INDIVIDUAIS DO
DISTRITO DE IPIRANGA, GRAVATAÍ/RS / Nikolas Bitello
Winck. -- 2024.
164 f.
Orientadora: Maria Cristina De Almeida Silva.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas
Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Gestão e
Regulação de Recursos Hídricos, Porto Alegre, BR-RS,
2024.

1. água subterrânea. 2. avaliação de riscos. 3.
sistema de abastecimento individual. 4. qualidade da
água. I. Silva, Maria Cristina De Almeida, orient.
II. Título.

NÍKOLAS BITELLO WINCK

**AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DOS RISCOS ASSOCIADOS ÀS
SOLUÇÕES ALTERNATIVAS INDIVIDUAIS DO DISTRITO DE IPIRANGA,
GRAVATAÍ/RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação
Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e
Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à
obtenção do grau de mestre.

Aprovado em: Porto Alegre, 14 de junho de 2024.

Prof^a. Dr^a Maria Cristina de Almeida Silva – IPH/UFRGS
Orientadora

Prof. Dr. Maurício Andrades Paixão – IPH/UFRGS
Examinador

Prof^a. Dr^a. Cristiane Kreutz – UTFPR
Examinador

Prof. Dr. José Carlos Alves Barroso Júnior – UFC
Examinador

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N.º. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento”.

A realização desta dissertação só foi possível graças ao apoio e incentivo de várias pessoas e instituições, às quais expresso aqui minha mais profunda gratidão.

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha orientadora, Profa. Dra. Maria Cristina de Almeida Silva, por sua orientação inestimável, paciência e dedicação ao longo de todo o processo. Seu conhecimento e encorajamento foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço também ao Prof. Dr. Cristiano Poletto, por me proporcionar a oportunidade de realizar um intercâmbio na Universidade de Coimbra, em Portugal. Esta experiência foi extremamente enriquecedora, ampliando meus horizontes acadêmicos e pessoais, e contribuindo significativamente para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus pais, meu irmão, Marina, e ao meu sócio, Heitor, minha mais sincera gratidão pelo suporte incondicional, amor e compreensão durante todos os momentos desta jornada acadêmica. Sem o apoio de vocês, esta realização não teria se tornado possível.

Gostaria de expressar meu profundo agradecimento ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, por proporcionar os recursos necessários e um ambiente acadêmico estimulante, que foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. A todos os colegas e funcionários do instituto, obrigado pela colaboração e pelo convívio durante este período.

A todos, meu muito obrigado.

RESUMO

WINCK, Níkolos. Avaliação da degradação ambiental e dos riscos associados às soluções alternativas individuais do distrito de Ipiranga, Gravataí/RS. Dissertação. Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Rede Nacional ProfÁgua, IPH/UFRGS, Porto Alegre/RS. 2023.

A qualidade da água é determinada pelas características apresentadas pelas substâncias nela presentes. Contudo, a incorporação de substâncias indesejáveis, por processos naturais ou decorrentes das atividades humanas, pode comprometer determinados usos. O grande desafio dos responsáveis pela vigilância sanitária é a identificação dos riscos potenciais que precedem a ocorrência de casos de problemas de saúde da população. Nesse sentido, a correta avaliação dos riscos potenciais servirá como base para a elaboração do Plano de Segurança da Água da região. O abastecimento de água da população do distrito de Ipiranga, na cidade de Gravataí/RS, é realizado predominantemente por Soluções Alternativas Individuais (SAI) que, além de não recomendadas, foram construídas em desacordo com as normas vigentes, apresentando problemas de qualidade para abastecimento humano, com valores de alguns parâmetros acima dos valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. O presente estudo tem como objetivo elaborar um diagnóstico das condições naturais e das atividades de significativo impacto ambiental do distrito de Ipiranga, para avaliar a degradação ambiental e classificar os perigos associados às SAI que atendem a população. A metodologia empregada envolveu a realização de um diagnóstico das características e do sistema de abastecimento da região, bem como da identificação dos riscos de abastecimento, para elaboração da matriz de classificação de riscos. Os resultados mostram que as condições geológicas do distrito de Ipiranga afetam a qualidade das águas subterrâneas e que o uso do solo na região aumenta os riscos à saúde humana. A construção inadequada dos poços de pequeno diâmetro também contribui para esses riscos. Dados de monitoramento indicam uma qualidade preocupante da água devido à presença de patógenos e falta de controle. Além disso, o distrito enfrenta degradação constante de suas áreas rurais devido à instalação de indústrias poluidoras e loteamentos irregulares. Diante dos resultados, propõe-se a implementação, pelo poder público, de ferramentas previstas na legislação, bem como a necessidade de adequações operacionais e maiores investimentos junto ao órgão de vigilância de saúde do município. O investimento em infraestrutura de saneamento básico e rede de água tratada para a população deverá acompanhar a expansão da zona urbana sobre o meio rural.

Palavras-chave: água subterrânea, avaliação de riscos, sistema de abastecimento individual, qualidade da água.

ABSTRACT

WINCK, Níkolás. Evaluation of Environmental Degradation and Risks Associated with Individual Alternative Solutions in the Ipiranga District, Gravataí/RS. Dissertation. Professional Master's in Water Resources Management and Regulation, National Graduate Program in ProfÁgua, IPH/UFRGS, Porto Alegre/RS. 2023.

Water quality is determined by the characteristics of the substances present in it. However, the incorporation of undesirable substances, either through natural processes or human activities, can compromise specific uses. A significant challenge for public health surveillance authorities is identifying potential risks that precede public health issues. In this context, a correct evaluation of potential risks will serve as a basis for the development of the Water Safety Plan for the region. The water supply for the population of the Ipiranga district in Gravataí/RS is predominantly provided by Individual Alternative Solutions (IAS), which are not recommended and were constructed in non-compliance with current regulations, presenting quality issues for human consumption, with some parameters exceeding the maximum permissible values (MPV) established by Ordinance GM/MS No. 888/2021. This study aims to diagnose the natural conditions and significant environmental impact activities in the Ipiranga district to assess environmental degradation and classify the hazards associated with the IAS that serve the population. The methodology involved diagnosing the region's characteristics and water supply system, as well as identifying supply risks to create a risk classification matrix. The results show that the geological conditions of the Ipiranga district affect groundwater quality and that land use in the region increases human health risks. The inadequate construction of small-diameter wells also contributes to these risks. Monitoring data indicate worrying water quality due to the presence of pathogens and lack of control. Additionally, the district is experiencing constant degradation of its rural areas due to the establishment of polluting industries and irregular housing developments. Based on the results, it is proposed that public authorities implement tools provided by legislation and address operational adjustments and greater investments in the municipal health surveillance agency. Investment in basic sanitation infrastructure and treated water supply for the population should accompany the expansion of the urban area over the rural environment.

keywords: groundwater, risk assessment, individual supply system, water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução das formas de abastecimento de água nos domicílios rurais brasileiros.	24
Figura 2 - Evolução dos tipos de escoadouro de esgotos nos domicílios rurais brasileiros.	25
Figura 3 - Mananciais subterrâneos.	32
Figura 4 - Estruturas de construção de poços tubulares em aquíferos sedimentares.	34
Figura 5 - Etapas para o desenvolvimento de um PSA.	43
Figura 6 - Imagem de satélite da região do Distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.	49
Figura 7 – Imagem de satélite contendo a divisão das bacias hidrográficas dos Sinos e Gravataí, na região do Distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.	58
Figura 8 – Imagem de satélite contendo a geologia da região do distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.	60
Figura 9 – Imagem de satélite contendo a hidrogeologia da região do distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.	64
Figura 10 – Imagem de satélite contendo o zoneamento urbano do distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.	66
Figura 11 – Imagem de satélite contendo a nova proposta de zoneamento urbano do distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.	69
Figura 12 – Imagem de satélite da mineradora existente na região.	71
Figura 13 – Imagem de satélite do antigo lixão Santa Tecla e atualmente aterro sanitário.	71
Figura 14 – Imagem de satélite com a delimitação da área prevista para instalação do Parque Ambiental Gravataí, no interior da Macrozona Rural.	79
Figura 15 – Imagem de satélite coma identificação das atividades licenciadas junto aos órgãos ambientais na região do distrito de Ipiranga.	86
Figura 16 – Imagem de satélite contendo a identificação dos cemitérios existentes e dos loteamentos residenciais (em azul) cadastrados junto à SEMA.	88
Figura 17 – Imagem de satélite contendo a localização das SAI visitadas na região de estudo.	95
Figura 18 – Poço de pequeno diâmetro comumente encontrado na região.	98
Figura 19 – Compressor de ar de pistão utilizado para o bombeamento de água para o reservatório.	98
Figura 20 – Reservatório de água comumente encontrado na região.	99
Figura 21 – Diagrama de fluxo elaborado a partir da descrição das SAI da área de estudo.	99
Figura 22 – Presença de precipitados avermelhados nos reservatórios internos.	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atendimento e déficit por componente do saneamento para a população residente nas diferentes áreas rurais do Brasil.	22
Quadro 2 - Definições aplicadas no banco de dados de riscos.	53
Quadro 3 - Critérios para a classificação de riscos na descrição do SAA ou AS.	54
Quadro 4 – Exemplo de matriz de classificação de risco.	55
Quadro 5 – Comparativo entre as definições de risco por Beuken et al. (2008) e pela ABNT NBR 17080 (2023).	55
Quadro 6 – Questionário de pesquisa realizado com os moradores das SAI visitadas.	96
Quadro 7 - Seções do THDB, segundo Beuken et al. (2008), selecionadas para identificação de perigos potenciais na área de estudo.	103
Quadro 8 – Comparativo dos resultados avaliados na área de estudo, entre as classificações de risco propostas.	105
Quadro 9 – Comparativo dos resultados avaliados na área de estudo, entre as classificações de risco propostas.	107
Quadro 10 – Questionamentos aplicados aos moradores das SAI visitadas.	129
Quadro 11 – Atividades licenciadas junto à SEMA Gravataí no distrito de Ipiranga.	130
Quadro 12 – Atividades licenciadas junto à FEPAM no distrito de Ipiranga.	133
Quadro 13 – Classificação dos riscos. Seção 2 – Captação de água subterrânea. Subseção 2.1 – Área de captação.	135
Quadro 14 – Classificação dos riscos. Seção 2 – Captação de água subterrânea. Subseção 2.2 – Sistema de monitoramento.	138
Quadro 15 – Classificação dos riscos. Seção 4 – Infiltração de água superficial. Subseção 4.1 – Poços de infiltração e entorno.	139
Quadro 16 – Classificação dos riscos. Seção 4 – Infiltração de água superficial. Subseção 4.2 – Área de captação.	140
Quadro 17 – Classificação dos riscos. Seção 4 – Infiltração de água superficial. Subseção 4.3 – Sistema de monitoramento.	141
Quadro 18 – Classificação dos riscos. Seção 5 – Manancial subterr. e infiltr., captação e transporte. Subseção 5.1 – Instalação de captação de água.	142
Quadro 19 – Classificação dos riscos. Seção 5 – Manancial subterr. e infiltr., captação e transporte. Subseção 5.2 – Transporte de água subterrânea.	144
Quadro 20 – Classificação dos riscos. Seção 5 – Manancial subterr. e infiltr., captação e transporte. Subseção 5.3 – Sistema de monitoramento.	145
Quadro 21 – Classificação dos riscos. Seção 7 – Reservatório e bombas. Subseção 7.1 – Reservatório de água tratada.	146

Quadro 22 – Classificação dos riscos. Seção 7 – Reservatório e bombas. Subseção 7.2 – Estação de bombeamento.	149
Quadro 23 – Classificação dos riscos. Seção 7 – Reservatório e bombas. Subseção 7.3 – Válvulas (reservatórios e estações de bombeamento).	152
Quadro 24 – Classificação dos riscos. Seção 9 – Tubulação interna. Subseção 9.1 – Instalação de água potável.	154
Quadro 25 – Classificação dos riscos. Seção 9 – Tubulação interna. Subseção 9.2 – O sistema de encanamento de água quente.	157
Quadro 26 – Classificação dos riscos. Seção 9 – Tubulação interna. Subseção 9.3 – Dispositivos de tratamento de água no ponto de entrada e de uso.	158
Quadro 27 – Classificação dos riscos. Seção 10 – Consumidor e Torneiras. Subseção 10.1 – Coleta de água.	160
Quadro 28 – Classificação dos riscos. Seção 10 – Consumidor e Torneiras. Subseção 10.2 – Armazenamento antes do consumo.	161
Quadro 29 – Classificação dos riscos. Seção 12 – Riscos Futuros. Subseção 12.1 – Água bruta. ...	163
Quadro 30 – Classificação dos riscos. Seção 12 – Riscos Futuros. Subseção 12.4 – Consumidores.	165

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

APPCC - Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

DHAES - Direitos Humanos à Água e ao Esgotamento Sanitário

DRH – Departamento de Recursos Hídricos

EIV - Estudo de Impacto de Vizinhança

ERO - Espécies Reativas de Oxigênio

ETA - Estação de Tratamento de Água

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luíz Roessler

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

GM/MS - Gabinete do Ministro/Ministério da Saúde

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IICA - Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura

NBR - Norma Brasileira

OMS - Organização Mundial da Saúde

PC - Pontos de Controle

PCC - Pontos Críticos de Controle

PDDUA - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico

PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNSR - Programa Nacional de Saneamento Rural

PSA - Plano de Segurança da Água

PSA – Pagamento por Serviços Ambientais

PVC - Policloreto de vinila

RMPA - Região Metropolitana de Porto Alegre.

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SAA - Sistema de Abastecimento de Água

SAC - Solução Alternativa Coletiva

SAI - Solução Alternativa Individual

SEMA Gravataí – Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Bem-Estar Animal

SEMA RS - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul

SGB - Serviço Geológico do Brasil

SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

SIOUT - Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul

SISAGUA - Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

SUS - Sistema Único de Saúde

SVS/MS - Secretaria de Vigilância em Saúde

THDB - *Techneau Hazard Database*

VIEMSA - Vigilância em Saúde de Gravataí/RS

VIGIÁGUA - Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água

VMP - Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. OBJETIVO GERAL	19
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1. SANEAMENTO BÁSICO EM ÁREAS RURAIS DO BRASIL	20
3.1.1. <i>Abastecimento de Água</i>	23
3.1.2. <i>Esgotamento Sanitário</i>	24
3.2. QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	26
3.2.1. <i>Vigilância Em Saúde Ambiental</i>	27
3.2.2. <i>Conceito de Risco</i>	28
3.3. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	29
3.3.1. <i>Componentes de soluções alternativas de abastecimento de água</i>	30
3.4. MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS	31
3.4.1. <i>Abastecimento humano por água subterrânea</i>	32
3.4.2. <i>Hidroquímica das águas subterrâneas</i>	34
3.4.3. <i>Riscos associados à captação para consumo humano</i>	38
3.5. PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA	40
3.5.1. <i>Desenvolvimento do plano de segurança da água</i>	42
3.5.2. <i>Experiências de implantação do PSA</i>	47
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	50
4.2. IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES POTENCIALMENTE POLUIDORAS	50
4.3. DIAGNÓSTICO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO	50
4.4. IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS DE ABASTECIMENTO	52
4.5. PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO.....	56
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	57
5.1.1. <i>Hidrografia</i>	57
5.1.2. <i>Contexto Geológico, Geomorfológico e Pedológico</i>	58
5.1.3. <i>Hidrogeologia</i>	63

5.1.4. <i>Uso e Ocupação Do Solo</i>	66
5.2. DIAGNÓSTICO DAS ATIVIDADES POTENCIALMENTE POLUIDORAS	70
5.2.1. <i>Contexto histórico</i>	70
5.2.2. <i>Lixão Santa Tecla</i>	72
5.2.3. <i>Parque Ambiental Gravataí</i>	78
5.2.4. <i>Atividades licenciadas na SEMA e FEPAM</i>	86
5.3. ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO	89
5.3.1. <i>Plano Municipal de Saneamento Básico</i>	89
5.3.2. <i>Dados do Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul</i>	90
5.3.3. <i>Dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas</i>	91
5.3.4. <i>Dados da Vigilância em Saúde</i>	91
5.3.5. <i>Padrão Construtivo dos Poços</i>	93
5.3.6. <i>Vistoria realizada na área de estudo</i>	94
5.4. CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS DE ABASTECIMENTO	102
5.5. IMPLANTAÇÃO DE MEDIDAS DE PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO	108
5.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
6. CONCLUSÕES	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
APÊNDICE A	129
APÊNDICE B	130
APÊNDICE C	135

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores reservas de água doce do mundo (REBOUÇAS, 2003). Mesmo assim, o Brasil não consegue garantir o fornecimento de água potável para toda a sua população, devido a uma série de fatores. Com a demanda crescente, o país enfrenta desafios na busca por um equilíbrio entre a disponibilidade de água e as necessidades de múltiplos usos (CASTRO, 2021).

As dificuldades do país, em atender à demanda por água para os diversos usos, são explicadas por uma série de fatores, dentre eles a variabilidade espacial das reservas hídricas no Brasil, onde a maior parte da reserva está distribuída em regiões menos densamente povoadas. Em relação à água doce disponível no país, 70% localizam-se na região Norte, 15% na região Centro-Oeste, 6% no Sudeste, 6% no Sul e 3% no Nordeste (Tucci, Hespanhol e Netto, 2000).

Outro fator importante a ser considerado é a crescente demanda hídrica, em função do aumento populacional, expansão da agricultura irrigada, o processo de industrialização, o crescimento de renda, entre outros. Ao longo do século XX, todos esses fatores ocorreram simultaneamente no Brasil. Adicionalmente, a migração da população do meio rural para o urbano ocorreu neste período. A consequência desse processo foi o crescimento significativo da demanda de recursos hídricos para fornecimento de água para indústria, agricultura, consumo humano, mas também para geração de eletricidade e produção de alimentos, mediante a utilização de novas tecnologias de produção, como métodos de agricultura irrigada (CASTRO, 2021).

Como resultado, ao longo do século XX, foram feitos investimentos significativos na criação de uma infraestrutura que permitisse a captação e o fornecimento de água para as áreas urbanas. No entanto, apesar desses investimentos, a infraestrutura criada não tem sido capaz de suprir a demanda de água da população em todas as regiões e épocas do ano, principalmente nas áreas rurais (CASTRO, 2021).

Há uma percepção crescente de que a escassez de água será cada vez mais frequente em muitas partes do Brasil e do mundo (WWAP, 2020). A falta de água é considerada uma das principais causas de conflitos que poderão ocorrer no futuro em todo o mundo, uma vez que pode forçar a migração de milhares de pessoas que vivem em áreas que enfrentam essa problemática, como ocorre no Semiárido brasileiro (CASTRO, 2021). Dessa forma, a concepção de segurança hídrica passa a ser amplamente discutida em instituições

governamentais e no cenário político como uma resposta aos desafios decorrentes da crise da água (CASTRO, 2021).

Apesar de a Organização das Nações Unidas (ONU) já ter estabelecido princípios sobre o direito humano à água em documentos anteriores, somente em 2010 a Assembleia Geral reconheceu, de forma explícita, por meio da Resolução nº 64/292, que o acesso à água potável para consumo humano e ao esgotamento sanitário são requisitos fundamentais para o pleno desfrute de outros direitos (ONU, 2010). O direito à água potável e ao esgotamento sanitário decorrem do direito a um padrão de vida adequado e estão estreitamente ligados a outros direitos, como o direito à vida, à dignidade humana e ao mais alto padrão possível de saúde física e mental (ONU, 2010).

Segundo a Lei Federal nº 9.433/1997 (Lei das Águas), a Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos fundamentos de que a água é um bem de domínio público, sendo um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, através de uma gestão descentralizada, com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

O direito humano à água abrange a garantia universal de acesso a água segura para uso pessoal e doméstico, em quantidade suficiente para atender às necessidades humanas, com preços aceitáveis e acessível fisicamente e economicamente. Por sua vez, o direito humano ao saneamento básico se refere à garantia da disponibilidade de soluções para coleta, transporte, tratamento e disposição ambientalmente segura do esgoto, que assegurem também a privacidade e a dignidade humana, outro princípio normativo específico deste componente de saneamento. O Brasil ainda tem um longo caminho a percorrer para alcançar um cenário sem violações aos Direitos Humanos à Água e ao Esgotamento Sanitário - DHAES (BRASIL, 2019).

Em regiões rurais e periurbanas de baixa renda, é comum a ausência de um fornecimento sustentável e contínuo de água, bem como a falta de outras estruturas de saneamento, o que resulta em situações de alto risco para a saúde. Isso é particularmente preocupante em áreas onde o acesso aos serviços de saúde é limitado (RAZZOLINI; GÜNTHER, 2008). Com isso, há uma demanda crescente de água subterrânea com boa qualidade, a qual visa o atendimento das necessidades de abastecimento, devido ao comprometimento dos mananciais superficiais por contaminação intensiva. O crescente aumento da produção mundial industrial e a dispersão de poluentes, conseqüentemente, aumentou o risco de contaminação dos mananciais subterrâneos (UNESCO/PHI, 2003).

Os mananciais subterrâneos são as fontes de água que se encontram abaixo da superfície do solo, onde a captação é realizada principalmente por meio de poços rasos ou profundos (BRASIL, 2006). O processo de construção desses poços deve ser realizado de acordo com as normas vigentes como a NBR 12212 (ABNT, 1992) (Projeto de poço para captação de água subterrânea – Procedimento) e a NBR 12244 (ABNT, 2006) (Construção de poço para captação de água subterrânea), os quais devem apresentar selo sanitário, tubo de revestimento, filtro e pré-filtro, além da vedação das camadas indesejadas de captação, através da cimentação com material impermeável, como bentonita ou cimento. O processo construtivo incorreto de poços pode favorecer a contaminação da água captada para abastecimento, por substâncias químicas que oferecem risco à saúde humana, de origem natural ou antropogênica.

Dessa forma, a elaboração de um Plano de Segurança da Água, que desenvolve ferramentas metodológicas de avaliação e gerenciamento de riscos à saúde nas regiões rurais que possuem abastecimento de água através de Soluções Alternativas Individuais (SAI), em sua grande parte por poços em mananciais subterrâneos, se torna um importante instrumento que facilita a implementação dos princípios de múltiplas barreiras, boas práticas e gerenciamento de riscos, inseridos na portaria do Ministério da Saúde sobre potabilidade da água para consumo humano – Portaria GM/MS nº 888/2021.

A realização de um trabalho de investigação de perigos potenciais ao sistema de abastecimento de água do Distrito de Ipiranga, em Gravataí/RS apresenta grande importância para a comunidade rural do município. Diversos fatores potencializam os riscos à saúde humana, como os sistemas de abastecimento utilizados não terem sido construídos de acordo com as recomendações das normas técnicas, pela falta saneamento básico, pelo contexto geológico da região e principalmente pela constante degradação das suas áreas rurais, promovida pela instalação de empreendimentos e loteamentos sem a devida avaliação ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Elaborar um diagnóstico das condições naturais e das atividades de significativo impacto ambiental do distrito de Ipiranga, em Gravataí/RS, para avaliar a degradação ambiental e classificar os perigos associados às Soluções Alternativas Individuais (SAI) que atendem a população.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar um diagnóstico ambiental da região de estudo e avaliar a qualidade das águas subterrâneas de abastecimento;
- b) Realizar um diagnóstico das principais atividades econômicas com significativos impactos ambientais e avaliar a degradação ambiental da região;
- c) Classificar os principais riscos associados às SAI do distrito de Ipiranga, em Gravataí/RS;
- d) Propor ferramentas e estratégias de prevenção e mitigação dos perigos potenciais existentes no sistema de abastecimento da região.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1.SANEAMENTO BÁSICO EM ÁREAS RURAIS DO BRASIL

Durante o século XX no Brasil, os investimentos em ações de saneamento foram influenciados pelas estratégias políticas de cunho desenvolvimentista, concentrando-se nos grandes centros urbanos que impulsionavam uma economia industrial. Enquanto isso, a população das áreas rurais e pequenos municípios foi deixada de lado pelo Estado brasileiro, com falta de acesso a serviços públicos essenciais para o desenvolvimento humano, tais como saúde, alimentação, educação, segurança, transporte público, energia, meio ambiente, assistência técnica e extensão rural, além do saneamento básico (BRASIL, 2019).

O acesso às soluções de saneamento é um direito social integrante de políticas públicas sociais, como saúde, saneamento, habitação e segurança alimentar e nutricional, que devem ser garantidas pelo Estado. No entanto, existem particularidades na provisão de serviços adequados às populações rurais, devido a alguns fatores específicos, como 1) a dispersão geográfica, 2) o isolamento político e geográfico das localidades, 3) a localização em áreas de difícil acesso, 4) a limitação financeira dos municípios, 5) a falta de estratégias para incentivar a participação social dessas populações e 6) a insuficiência de políticas públicas de saneamento rural nas esferas municipais, estaduais ou federais (BRASIL, 2019).

Apesar desses obstáculos, é importante destacar que a falta de ação do Estado não pode ser justificada. As políticas públicas de saneamento implementadas, até o momento, têm deixado a desejar quanto à resolução do problema no meio rural e à garantia dos direitos universais. No entanto, é preciso reconhecer os avanços históricos alcançados (BRASIL, 2019).

Conforme o Censo Demográfico de 2010, 23,66% dos setores censitários representavam áreas rurais, perfazendo 29,54 milhões de habitantes (15,57% do total da população brasileira). Entretanto, o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) apresentou, no ano de 2017, um estudo sobre o redimensionamento do rural no Brasil, com o intuito de subsidiar as políticas públicas voltadas para a questão agrária, a partir de uma abordagem multidimensional, capaz de captar as heterogeneidades de seu território. A população rural redefinida neste estudo resultou em torno de 70,4 milhões de habitantes, 2,4 vezes a enumerada no Censo Demográfico em 2010 (29,54 milhões) (BRASIL, 2019).

Mesmo com a realização do censo demográfico pelo IBGE, o qual fornece dados que caracterizam o saneamento domiciliar nas áreas rurais, as informações disponibilizadas não

permitem avaliar se a solução apresentada é adequada, pois não relevam aspectos relativos à qualidade da água, tratamento do esgoto e coleta de resíduos. Para a avaliação do déficit em saneamento básico nas áreas rurais, algumas premissas do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) foram observadas, também incluindo a perspectiva dos direitos humanos (BRASIL, 2019). De maneira geral, os dados do Censo Demográfico de 2010 não refletem idealmente a situação do acesso ao saneamento básico, também pela sua defasagem, tornando o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR, 2019) um importante estudo, o qual apresenta as informações mais qualificadas para a caracterização do saneamento rural no Brasil (BRASIL, 2019).

Através da necessidade de correção do déficit histórico de oferta dos serviços de saneamento para a população rural, o Plansab (BRASIL, 2013), previu a elaboração do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR). Este programa, de abrangência nacional e com operacionalização em esferas estaduais e municipais, fortalece o papel da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) como instituição pública do estado brasileiro, vinculada ao Ministério da Saúde e integrante do Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2019), mas atualmente está extinta (CONGRESSO NACIONAL, 2023).

De acordo com o Plansab (BRASIL, 2013), o atendimento precário de abastecimento de água à população é caracterizado através do 1) recebimento de água da rede de distribuição, fora dos padrões de potabilidade ou com intermitência prolongada no fornecimento; 2) recebimento de água de poço ou nascente, que não possui canalização intradomiciliar, 3) utilização de água de cisterna de captação de água de chuva que forneça água sem segurança sanitária, ou em quantidade insuficiente para a proteção à saúde; e 4) utilização de água de chafariz ou caixa abastecidos por carro pipa. Quanto ao esgotamento sanitário, o Plansab (BRASIL, 2013) estabelece um atendimento precário à população representado pela coleta de esgotos, não seguida de tratamento ou com a presença de fossa rudimentar.

O Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) tem como base a Política Federal de Saneamento Básico, a Lei Federal nº 11.445 de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para ações de saneamento básico no Brasil, atualizada pelo novo marco do saneamento, a Lei Federal nº 14.026 de 2020. Uma das diretrizes trata sobre a garantia de soluções adequadas para atender a população rural dispersa, levando em consideração suas características socioeconômicas. O PNSR, alinhado ao Plansab, avança na discussão e consolidação de um conceito de rural que orienta o planejamento em saneamento no país e na compreensão dos

problemas que levaram à falta de soluções sanitárias adequadas para a população rural brasileira (BRASIL, 2019).

A Lei Federal nº 14.026/2020, que estabelece o atual marco regulatório do saneamento básico, define o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais relacionados ao abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. A legislação busca garantir meios adequados para atender a população rural dispersa, por meio da utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais. Além disso, enfatiza a inclusão das áreas rurais na elaboração ou atualização dos planos regionais de saneamento básico (BRASIL, 2020b).

O levantamento feito pelo do PNSR (2019), quanto à análise de atendimento e déficit de saneamento para a população rural, evidencia que em aglomerados próximos aos centros urbanos e em aglomerados mais adensados há uma hegemonia de soluções coletivas, onde o abastecimento de água apresenta uma situação mais consolidada em termos de atendimento adequado. Já o esgotamento sanitário apresenta maior grau de precariedade, este fator deve-se à generalizada presença de fossas rudimentares nos lares situados em aglomerados nas áreas rurais. O Quadro 1 apresenta os dados de atendimento e déficit por componente do saneamento para as populações rurais do Brasil.

Quadro 1 - Atendimento e déficit por componente do saneamento para a população residente nas diferentes áreas rurais do Brasil.

Fonte: Adaptado de Programa Nacional de Saneamento Rural (BRASIL, 2019).

Componente	Área rural	Atendimeto adequado		Déficit			
				Atendimento precário		Sem atendimento	
		hab	%	hab	%	hab	%
Abastecimento de água	Aglomeraciones próximas do urbano	5.484.327	55,6	3.549.959	36,0	836.030	8,5
	Aglomeraciones mais adensadas isoladas	728.711	56,6	452.602	35,2	106.311	8,3
	Aglomeraciones menos adensadas isoladas	2.102.198	46,3	1.423.372	31,3	1.018.890	22,4
	Sem aglomeraciones, com domicílios relativamente próximos ou isolados	7.781.219	32,4	7.869.079	32,8	8.374.700	34,9
Total		16.096.455	40,5	13.295.012	33,5	10.335.932	26,0

Componente	Área rural	Atendimeto adequado		Déficit			
				Atendimento precário		Sem atendimento	
		hab	%	hab	%	hab	%
Esgotamento sanitário	Aglomeracões próximas do urbano	3.698.535	37,5	5.326.809	54,0	844.291	8,6
	Aglomeracões mais adensadas isoladas	511.190	39,7	688.331	53,5	88.015	6,8
	Aglomeracões menos adensadas isoladas	689.909	15,2	2.863.182	63,0	993.143	21,8
	Sem aglomeracões, com domicílios relativamente próximos ou isolados	3.272.850	13,6	12.617.002	52,5	8.134.142	33,9
Total		8.172.484	20,6	21.495.324	54,1	10.059.591	25,3

3.1.1. Abastecimento de Água

Segundo o PNSR (2019) e os dados do IBGE (2010), a presença de rede de distribuição de água para abastecimento nos domicílios rurais apresentou um aumento ordenado, passando de 9% em 1991 para 28% em 2010. Outras formas de abastecimento menos adequadas, como carro pipa, cisterna de água de chuva, rio, açude, lago ou igarapé sofreram redução neste mesmo período, passando de 31% em 1991 para 17% em 2010. Quanto ao atendimento por poços ou nascentes, a alternativa se manteve hegemônica, passando de 60% em 1991 para 55% em 2010.

Conforme informações disponíveis no Siságua (2019), elaborado pela Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental, 10,4 % da população total do Rio Grande do Sul não está ligada à rede de abastecimento de água, dependendo assim, de soluções alternativas. Estima-se que aproximadamente 280 mil pessoas dependam de Soluções Alternativas Coletivas (SACs), através da captação de água de mananciais subterrâneos, sem tratamento simplificado por desinfecção (BRASIL, 2020^a). A Figura 1 mostra a evolução das formas de abastecimento de água nas residências rurais brasileiras.

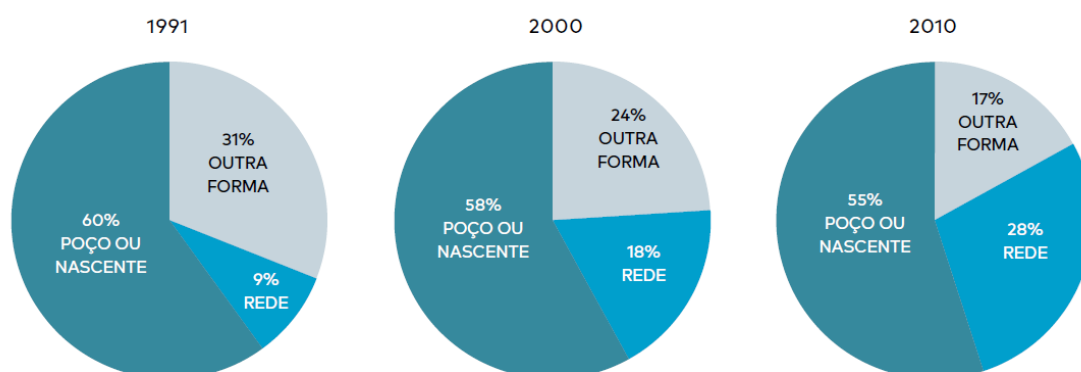


Figura 1 - Evolução das formas de abastecimento de água nos domicílios rurais brasileiros.

Fonte: Programa Nacional de Saneamento Rural (BRASIL, 2019), IBGE (1992, 2001, 2011) - Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010, dados da amostra (delimitação de rural do IBGE).

Para o cumprimento das metas de longo prazo, relativas ao abastecimento de água nas áreas rurais brasileiras, segundo o PNSR (2019), será necessário um investimento total de 94,46 bilhões de reais até 2038, em que 91,6% deste valor será destinado à expansão dos serviços e o restante para a reposição das infraestruturas. Deste total, as soluções coletivas mobilizam 38,8% dos investimentos em produção e distribuição de água (36,7 bilhões de reais), enquanto as soluções individuais respondem por 45,3% (42,82 bilhões de reais) e as instalações hidrossanitárias por 15,8% (14,95 bilhões de reais).

3.1.2. Esgotamento Sanitário

Quanto ao esgotamento sanitário, PNSR (2019) e o IBGE (2010) evidenciam a persistência das fossas rudimentares, cuja situação é praticamente inalterada, apresentando índices de 59% em 1991 e 64% em 2010. No quesito fossa séptica, os dados apresentam uma redução no percentual de domicílios, passando de 26% em 1991 para 16% em 2010. A partir da análise dos dados, é possível evidenciar que essa mudança esteve relacionada ao aumento de domicílios com esgotos dispostos em vala, rio, lago ou mar, que aumentaram seus índices domiciliares de 12% em 1991 para 16% em 2010. Dessa forma, pode-se inferir uma reclassificação nos dados, resultando na redução do percentual de fossas sépticas e no aumento das formas de disposição inadequada dos esgotos entre os anos de 1991 e 2010. A Figura 2 apresenta a evolução dos tipos de destinação do esgoto domiciliar nas regiões rurais brasileiras.

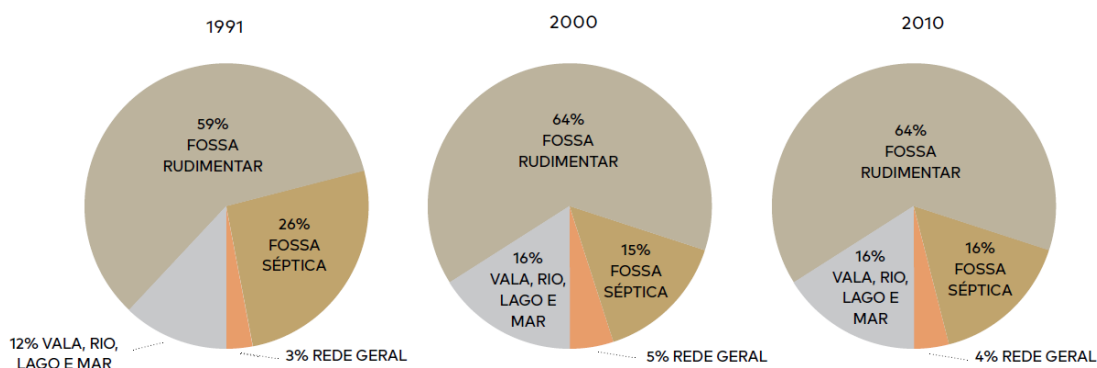


Figura 2 - Evolução dos tipos de escoadouro de esgotos nos domicílios rurais brasileiros.

Fonte: Programa Nacional de Saneamento Rural (BRASIL, 2019), IBGE (1992, 2001, 2011) - Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010, dados da amostra (delimitação de rural do IBGE).

As metas do Plansab serviram de referência para a definição das metas do PNSR, quanto aos indicadores urbanos e rurais para os anos de 2023 e 2033. Embora as metas de curto prazo apresentassem um ritmo de crescimento menor, no período de (2024 a 2028) há um aumento no ritmo de crescimento das metas, que se prolonga até o ano final, 2038.

Já o novo marco do saneamento, a Lei Federal nº 14.026 de 2020, através do seu Art. 11-B, prevê novas metas até 2033, onde 99% da população deverá ter água potável e 90% da população deverá ter acesso ao tratamento e à coleta de esgoto:

"Art. 11-B. Os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, assim como metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento."

Quanto à necessidade de investimento em infraestruturas de esgotamento sanitário nas áreas rurais brasileira, para o cumprimento das metas de longo prazo, segundo o PNSR (2019) será necessário um valor total de 80,19 bilhões de reais até 2038, em que 92,8% do total a ser investido (74,42 bilhões de reais) são necessários para investimentos em expansão dos serviços e 5,77 bilhões de reais em investimentos relativos à reposição das infraestruturas. As soluções coletivas correspondem a 66,0% dos investimentos para coleta e tratamento dos esgotos, enquanto as soluções individuais representam 34,0% do custo total.

3.2. QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

A qualidade da água é determinada pelas características apresentadas pelas substâncias nela presentes. Contudo, a incorporação de substâncias indesejáveis, por processos naturais ou decorrentes das atividades humanas, pode comprometer determinados usos. Assim, a qualidade da água é dinâmica no tempo e no espaço e está relacionada com os usos a que se destina. Já a poluição é caracterizada pela perda de qualidade da água, o que compromete um ou mais usos do manancial, enquanto a contaminação é entendida como um fenômeno de poluição que apresenta risco à saúde.

Em termos gerais, água potável é aquela que não apresenta riscos à saúde e pode ser consumida sem causar rejeição. O padrão de potabilidade da água é definido por um conjunto de parâmetros que garantem sua qualidade para o consumo humano (BRASIL, 2006). Entende-se que qualquer água pode ser tratada, entretanto a viabilidade técnico-econômica é um fator determinante para a sua realização (BRASIL, 2006).

De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, cabe ao Estado a realização da vigilância da qualidade da água, que envolve um conjunto de ações adotadas regularmente pelas autoridades de saúde pública para verificar se a água atende aos padrões de potabilidade exigidos (BRASIL, 2021). A potabilidade da água de consumo é dada através do atendimento dos Valores Máximos Permitidos (VMP), os quais são os limites máximos estabelecidos de concentrações de determinados parâmetros importantes à saúde humana (BRASIL, 2006).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) enfatiza que os riscos microbiológicos associados à transmissão de doenças devem ser priorizados em relação aos riscos químicos (que, por vezes, não possuem fundamentação epidemiológica e toxicológica bem estabelecida) na garantia da qualidade da água. Essa visão da OMS foi incorporada no conteúdo da Portaria MS nº 518/2004, referente à potabilidade de água, e já foi atualizada e substituída, pelas Portarias nº 2914, no ano de 2011, e nº 888, em 2021. Embora seja importante considerar a importância de cada tipo de risco, a garantia da qualidade microbiológica da água deve ser uma prioridade absoluta (BRASIL, 2004).

As Portarias estabelecidas pelo Ministério da Saúde podem ser consideradas um grande avanço na atualização da legislação brasileira referente à qualidade da água para consumo humano, sendo efetivos dispositivos de controle e vigilância da qualidade da água, em concordância com a estrutura de Vigilância em Saúde Ambiental e o princípio de descentralização previsto no Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2006).

Dessa forma, um Modelo de Atuação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano foi definido pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS), que inclui princípios, diretrizes, bases conceituais e gerenciais, bem como ações necessárias para sua implementação através do Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) (BRASIL, 2006).

A Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) é responsável, em nível federal, por promover e monitorar a qualidade da água para consumo humano, em conjunto com as Secretarias de Saúde estaduais e municipais. As Secretarias de Saúde estaduais e municipais devem executar as ações especificadas no Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água (Vigiagua), em conformidade com a legislação do Sistema Único de Saúde (SUS), e as diretrizes definidas nos planos federal e estadual devem ser seguidas no âmbito municipal. A manutenção dos registros das formas de abastecimento de água e dos dados de monitoramento da qualidade no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua) é de responsabilidade municipal (BRASIL, 2021).

3.2.1. Vigilância Em Saúde Ambiental

Os procedimentos de rotina para a vigilância da qualidade da água incluem um plano de amostragem básico, que engloba parâmetros como cloro residual livre, turbidez, coliformes totais, *Escherichia coli* e fluoreto, além do plano de monitoramento de agrotóxicos (BRASIL, 2016).

Neste sentido, a Portaria GM/MS nº 888/2021 define de forma mais clara as responsabilidades em relação ao abastecimento, fornecimento e consumo de água, que devem estar sujeitas às ações de vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2021). Segundo o Artigo 14. da Portaria GM/MS nº 888/2021, compete ao responsável pelo SAA ou SAC exercer o controle da qualidade da água para consumo humano. Isso inclui também as atividades de monitoramento da qualidade da água e a prestação de contas ao setor de saúde e ao público consumidor. Outra determinação importante da Portaria supracitada é que toda água destinada ao consumo humano está sujeita à vigilância da qualidade da água, exercida pelas autoridades de saúde.

As Soluções Alternativas Individuais (SAI) de abastecimento também estão sujeitas à vigilância da qualidade da água (BRASIL, 2021). A utilização de mananciais (superficiais, subterrâneos ou de água de chuva) pode representar risco potencial de ocorrência de agravos à

saúde das populações ou dos indivíduos que não têm acesso às soluções coletivas de fornecimento de água (BRASIL, 2006).

3.2.2. Conceito de Risco

Segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021, situação de risco à saúde é a circunstância que apresenta risco ou ameaça à saúde pública. Pode ser decorrente de desastres, acidentes ou mudanças ambientais, ou ainda por alterações das condições normais de operação e manutenção de sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água para consumo, que alterem a qualidade ou quantidade da água de consumo oferecida à população.

Embora possa parecer óbvia a relação entre água de consumo e doenças em seres humanos, se torna necessário avaliar frequentemente a associação entre o consumo de água e a ocorrência de agravos na população, tendo em vista que a qualidade da água pode variar ao longo do tempo e espaço, além de existir outras formas de exposição à população (WHO, 2017). Em situações de surtos ou epidemias que possam estar relacionados à água de abastecimento, é avaliada a presença de organismos patogênicos, de produtos ou de resíduos químicos (BRASIL, 2006).

No entanto, o grande desafio dos responsáveis pela vigilância é a identificação de riscos precedendo a ocorrência de casos de problemas de saúde da população, já que o monitoramento da qualidade da água ocorre simultaneamente à sua captação, tratamento, distribuição e consumo, e os resultados das análises podem levar algum tempo para serem obtidos, acarretando a adoção de medidas corretivas e não preventivas (WHO, 2017). Segundo Freitas et al. (2002), a *avaliação de risco* tem sido uma importante ferramenta auxiliar no processo de decisão, para controle e prevenção da exposição da população aos agentes perigosos à saúde.

A *avaliação de risco* é uma das etapas de uma metodologia mais abrangente, denominada *Análise de Risco*, a qual compreende, de forma sequencial, três procedimentos: Avaliação de Risco, Gerenciamento de Risco e Comunicação de Risco (BRASIL, 2006).

A Avaliação de Risco é um processo que busca caracterizar e estimar os potenciais efeitos adversos à saúde resultantes da exposição de indivíduos e populações a perigos, sejam eles situações, agentes físicos, químicos ou microbianos. Esse processo envolve diversas etapas, que incluem a identificação do perigo, a avaliação da relação entre a dose de exposição e a incidência de efeitos, a avaliação do tipo de exposição existente e a caracterização do risco (BRASIL, 2006).

Na perspectiva da avaliação e gerenciamento de riscos, a vigilância da qualidade da água para consumo humano requer uma visão abrangente que considere a dinâmica da qualidade da água desde o manancial até o consumo. Para isso, é fundamental identificar os perigos potenciais que podem comprometer a potabilidade da água (BRASIL, 2006).

3.3. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O tratamento de água para consumo humano tem como principal objetivo torná-la potável, ou seja, segura e atrativa para o consumo. Para isso, são realizadas ações que visam a remoção de organismos patogênicos e substâncias químicas que representam riscos à saúde, bem como a melhoria de características estéticas e organolépticas, como turbidez, cor, gosto e odor. Além disso, em alguns casos, podem ser buscadas soluções para reduzir a corrosividade, dureza, ferro, entre outros aspectos, com o intuito de atender também objetivos econômicos (BRASIL, 2006).

A qualidade da água destinada ao consumo humano deve satisfazer aos requisitos de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde, conforme especificado na Portaria GM/MS nº 888/2021, visando prevenir a transmissão de doenças de origem microbiológica ou química, estimular sua aceitação para consumo, prevenir a cárie dentária por meio da fluoretação e proteger o sistema de abastecimento contra corrosão e incrustações (BRASIL, 2021). O conhecimento das características da água bruta é fundamental para avaliar a possibilidade de tratamento e escolha do processo mais adequado e viável para torná-la potável. O tipo de manancial, seja ele superficial ou subterrâneo, é um fator determinante das características da água bruta (BRASIL, 2006).

Os sistemas de abastecimento de água (SAA) podem apresentar diferentes combinações de unidades que se integram para fornecer água encanada à população (BRASIL, 2006). Não há um arranjo único e fixo que possa caracterizar um sistema de abastecimento de água, mas a maioria inclui dois conjuntos principais: unidades de produção e unidades de distribuição. O primeiro conjunto é composto pelo manancial, a captação, a unidade de transporte (adução e, quando necessário, estações elevatórias) e o tratamento. O segundo conjunto inclui reservatórios e a rede de distribuição (HELLER; PÁDUA, 2016).

Segundo Schiavo (2007), os sistemas de tratamento de água para abastecimento podem apresentar diversas formas, sendo realizados através de sistemas simples de desinfecção; sistemas simplificados com adição de cloro e flúor; sistema convencional com tratamento completo pela ETA, dotado dos processos de floculação, decantação, filtração, correção de pH,

desinfecção (cloração) e fluoretação; ou sistema avançado, contendo, além das etapas do sistema anterior, também clarificador de contato, pré-oxidação, flotação, centrifugação, membranas filtrantes.

Devido ao crescente aumento dos custos da sua captação, adução e tratamento, a água subterrânea está sendo reconhecida como alternativa viável aos usuários e tem apresentado uso crescente nos últimos anos, obtidas em poços bem localizados e construídos, tendo em vista a sua melhor qualidade em comparação com as águas superficiais (Capucci et al., 2001).

A Portaria GM/MS no 888/2021, estabelece, em seu Art. 24, que toda água para consumo humano fornecida coletivamente deverá passar por processo de desinfecção ou adição de desinfetante para manutenção dos residuais mínimos, concebido e operado de forma a garantir o atendimento ao padrão microbiológico. Além disso, também estabelece que assim como toda água para consumo humano, suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização, deve incluir tratamento por filtração.

A etapa de clarificação, frequentemente é dispensada para as águas subterrâneas de aquíferos confinados, em função dos baixos níveis de turbidez encontrados. Entretanto, em função da composição dos sedimentos e rochas, as águas subterrâneas podem conter concentrações mais elevadas de substâncias dissolvidas (BRASIL, 2006).

3.3.1. Componentes de soluções alternativas de abastecimento de água

Em alguns casos, determinados tipos de soluções alternativas podem ser idênticos aos sistemas de abastecimento, como por exemplo as instalações condominiais horizontais. A diferenciação, neste caso, estaria apenas no fato de a responsabilidade das instalações não ser do poder público, e sim do próprio condomínio.

As Soluções Alternativas Coletivas de abastecimento de água para consumo humano (SACs) podem ser consideradas, de acordo com a legislação, como modalidades de abastecimento coletivo, destinadas a fornecer água potável, sem rede de distribuição (BRASIL, 2021). As Soluções Alternativas Individuais de abastecimento de água (SAI) envolvem algumas fontes de água mais frequentes, como os poços rasos ou profundos, as nascentes e as minas de água, a captação de águas de chuva e, em menor proporção, as águas superficiais (BRASIL, 2006). Em geral, as SAI são implementadas em regiões com ausência de SAA e SAC, principalmente pela falta de captação adequada, rede de distribuição e sistema de tratamento convencional.

3.4. MANANCIASIS SUBTERRÂNEOS

Os mananciais subterrâneos são as fontes de água que se encontram abaixo da superfície do solo, compreendendo os aquíferos livres e os confinados. A captação é realizada por meio de poços rasos ou profundos, galerias de infiltração ou pelo aproveitamento das nascentes, dentre outras formas. As seguintes definições aplicam-se (BRASIL, 2006):

- Aquífero livre: localizado entre a superfície do solo e uma camada impermeável (rocha); submetido à pressão atmosférica.
- Aquífero confinado: encontra-se confinado entre camadas impermeáveis e sujeito a uma pressão maior que a pressão atmosférica. Em um poço profundo, a água subirá acima do nível do aquífero livre, podendo, às vezes, atingir a boca do poço e produzir uma descarga contínua, jorrante.

As águas subterrâneas se formam através da precipitação das chuvas que infiltram no subsolo. Este é constituído por diferentes materiais geológicos (sedimentos, rochas e minerais), por matéria orgânica, por ar e água. Segundo Caicedo (1993), o solo pode ser dividido em zonas, dependendo da ocupação dos vazios por ar e água. Em função disso, há a formação de uma zona saturada e de uma zona não saturada, delimitada pelo nível da água subterrânea.

Na hidrogeologia, a denominação água subterrânea é atribuída apenas à água que circula na zona saturada, ou seja, abaixo da superfície freática. Segundo Cleary (1989) um aquífero é uma formação geológica com suficiente permeabilidade e porosidade interconectada, que permite armazenar e transmitir quantidades significativas de água. Camadas permeáveis como as areias e os arenitos são exemplos de aquíferos.

A Resolução CONAMA nº 396 (2008, p. 309) define aquífero como “*Corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos*”.

Um aquífero pode ser classificado de acordo com a pressão das águas nas suas camadas limítrofes, superior e inferior e também em função da capacidade de transmissão de água dessas camadas limítrofes. Quanto à pressão, são classificados em livres ou confinados (drenantes ou não drenantes). A Figura 3 apresenta os diferentes tipos de aquíferos de acordo com as classificações acima citadas.

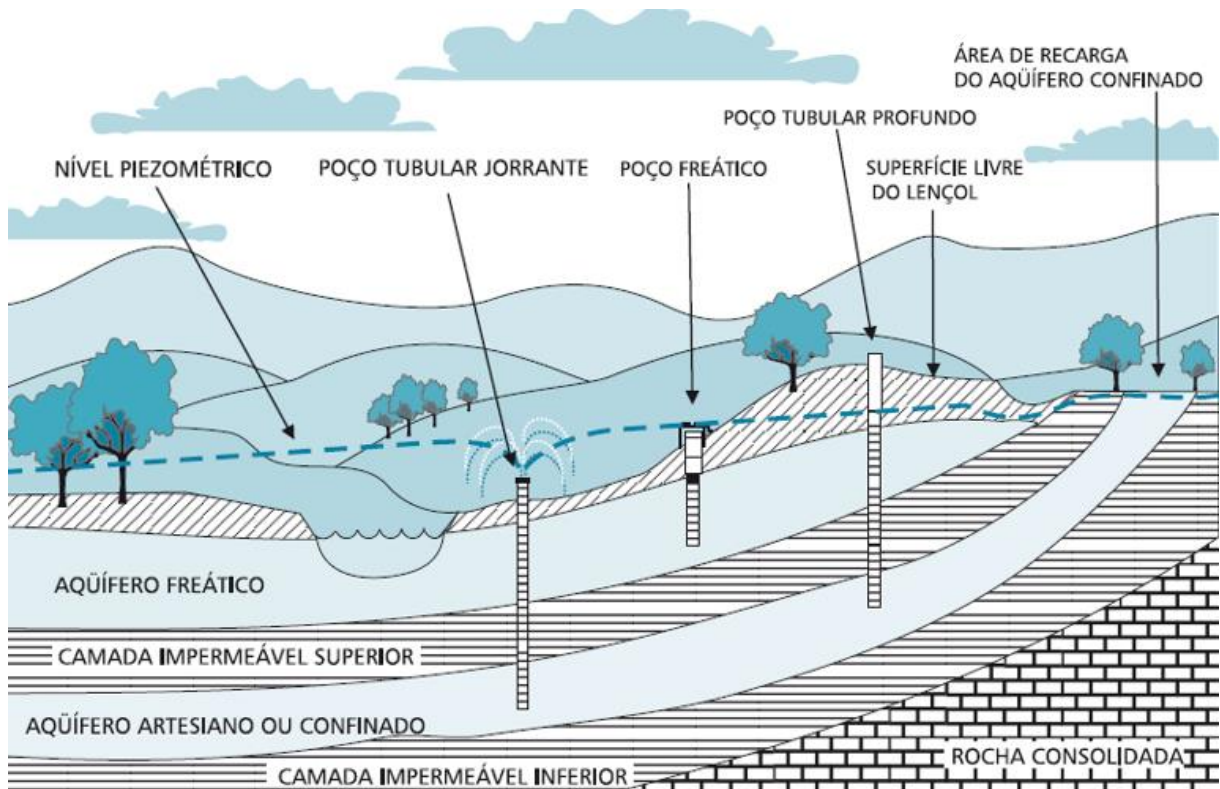


Figura 3 - Mananciais subterrâneos.

Fonte: Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2006) e FUNASA (1999).

3.4.1. Abastecimento humano por água subterrânea

Os métodos construtivos e perfuração de poços são diversos, porém as formas mais utilizadas são os poços escavados, poços de pequeno diâmetro e os poços tubulares (DEMETRIO, 2000). Outras formas de abastecimento por água subterrânea também são comumente utilizadas, como a captação de água de nascentes naturais, através do aquífero livre.

Os poços escavados são conhecidos popularmente como poços cacimba ou amazonas, construídos através da utilização de pás e picaretas, em solos com baixa resistência, apresentando grandes diâmetros e geralmente revestidos por tijolos. Este tipo de poço apresenta elevado risco de contaminação por captar as águas superficiais que infiltram no solo, recebendo substâncias ali presentes que acabam sendo lixiviadas (MINEROPAR, 2009).

Os poços de pequeno diâmetro são constituídos por um tubo com seções perfuradas. A execução destes poços é dada através do uso de bate-estaca ou de jatos de água, sendo assim, são limitados a solos arenosos e homogêneos. Possuem um processo simples de

instalação, apresentando pequeno diâmetro e baixo custo de implantação. Este tipo de poço, assim como os poços escavados, apresentam grande risco de contaminação, pois são construídos sem atender as normas de construção (MINEROPAR, 2009).

Já os poços tubulares são os mais práticos e eficientes para captação de água de uma formação aquífera. A perfuração deste tipo de poço é feita por meio de máquinas perfuratrizes à percussão, rotativas ou rotopneumáticas. Possuem alguns centímetros de abertura (no máximo 50 cm), revestido com canos de ferro ou de plástico. Os poços tubulares perfurados em formações não consolidadas como areia, argilas expansivas ou pedregulhos precisam receber sustentação através de um revestimento, de forma a evitar o desmoronamento do poço. Nessas formações a água está presente nos vazios formados entre as partículas adjacentes. Poços perfurados em rochas consolidadas apresentam grande estabilidade, portanto, não há a necessidade de revestimentos na parte da rocha. Nas formações consolidadas, as águas ocorrem nas fraturas ou fendas existentes nas rochas ou nos poros do arenito (FILHO, 1998).

A captação de água das nascentes normalmente é realizada por meio de caixas de coleta que podem encontrar-se abertas ou fechadas, tendo seu entorno, em geral, capões de mata ou campo. Na maioria, os poços escavados e as captações de nascentes não apresentam boas condições sanitárias ou de proteção às águas subterrâneas. A formação, ocorrência e circulação de água no aquífero livre são condicionadas por fatores como o tipo e a espessura do solo, a topografia, a litologia e as condições climáticas (REGINATO, 2012).

Determinadas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) versam sobre concepção, projeto e execução de componentes de sistemas de abastecimento de água e devem ser rigorosamente observadas nas situações em que se aplicam. O processo de construção de poços deve ser realizado de acordo com as normas vigentes a serem seguidas: a NBR 12212 (ABNT, 2017) (Projeto de poço para captação de água subterrânea – Procedimento) e a NBR 12244 (ABNT, 2006) (Construção de poço para captação de água subterrânea).

A NBR 12212 apresenta a especificação dos projetos de poço para captação de água subterrânea, além de fixar condições mínimas a serem obedecidas na elaboração de projetos de poços para captação de água subterrânea para abastecimento público (BRASIL, 2006). Os poços construídos em conformidade com a norma devem apresentar selo sanitário, tubo de revestimento, filtro e pré-filtro, perímetro de proteção, além da vedação das camadas indesejadas de captação, através da cimentação com material impermeável, como bentonita ou cimento.

A Figura 4 apresenta a ilustração dos componentes necessários para instalação de um poço tubular em conformidade com as normas vigentes.

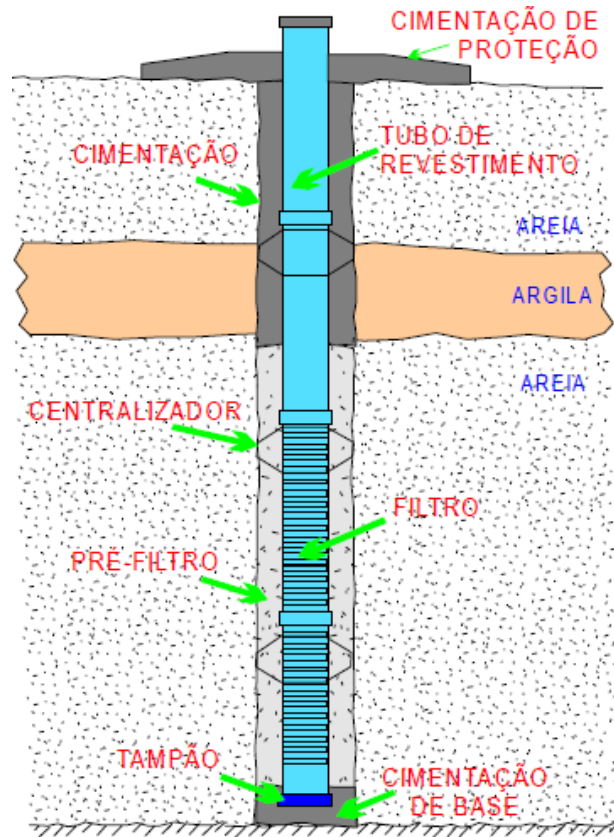


Figura 4 - Estruturas de construção de poços tubulares em aquíferos sedimentares.

Fonte: Noções básicas de poços tubulares – CPRM (1998).

A construção incorreta dos poços pode favorecer a entrada de águas superficiais que transportam as substâncias presentes na superfície do solo, como contaminantes ou elementos químicos de origem natural, existentes nos diversos minerais específicos, de diferentes camadas litológicas. A percolação dessas águas superficiais pode trazer consigo algumas substâncias indesejadas na captação das águas subterrâneas, podendo contaminar os aquíferos captados pelos poços (WINCK, 2015).

3.4.2. Hidroquímica das águas subterrâneas

As características químicas das águas subterrâneas dependem, inicialmente, da composição das águas de recarga e, em seguida, de sua evolução química, influenciada diretamente pela litologia pela qual atravessa (CETESB, 2001b). Entretanto, segundo Mösslacher (2000) e CETESB (2001a), o solo e a água subterrânea fazem parte de um mesmo contexto e o que ocorrer com o solo repercutirá nas águas subterrâneas, podendo resultar em alterações de sua qualidade.

Segundo a ABAS (2015), a constituição geológica do aquífero determina sua velocidade e qualidade da água como reservatório. A litologia dos aquíferos decorre da sua origem geológica, a qual pode ser sedimentar (composta por rochas formadas em diferentes ambientes como o fluvial, lacustre, eólico, glacial, aluvial, marinho), ígnea intrusiva (granitos), ígneas vulcânicas (basaltos) e metamórficas (xistos, gnaisses, mármore), determinando os diferentes tipos e características dos aquíferos.

A composição físico-química das águas subterrâneas depende da composição das águas de recarga (pluviometria, águas superficiais) e de suas evoluções químicas, que são influenciadas diretamente pela interação água-rocha representadas pela percolação da água através dos poros e/ou fraturas das camadas geológicas (CAJAZEIRAS, 2007). A composição química da água presente na zona saturada está intimamente relacionada à solubilidade e à mobilidade dos elementos e compostos do meio (CLEARY, 1989). O teor de substâncias dissolvidas nas águas subterrâneas pode aumentar à medida que essa água prossegue com o seu movimento (CETESB, 1998).

Conforme Custódio & Llamas (1983), as águas subterrâneas podem apresentar concentrações de sais superiores a das águas superficiais, pois apresentam maiores superfícies de contato para dissolver materiais, reduzidas velocidades de circulação e maiores pressão e temperatura a que estão submetidas. Segundo Cajazeiras (2007), a qualidade das águas subterrâneas varia lentamente em sua condição natural, porém em características extremas podem apresentar situações anômalas como, por exemplo, presença de uma maior concentração de elementos químicos como ferro, manganês, fluoreto, entre outros. Dessa forma, a investigação das águas subterrâneas se torna uma ferramenta importante para avaliar os parâmetros químicos de uma determinada formação aquífera, que podem ser considerados de origem natural ou provenientes das atividades antrópicas.

Os aquíferos livres e semiconfinados estão mais susceptíveis à contaminação do que aquíferos mais profundos e altamente confinados, pois apresentam maior risco, onde armazenam substâncias que se depositam sobre o solo e são lixiviadas pelas águas das chuvas, que infiltram e contaminam os aquíferos livres (FOSTER, 1993).

A água é um solvente quimicamente muito ativo capaz de dissolver e reagir com o meio, incorporando grandes quantidades de substâncias ao entrar em contato com os minerais constituintes dos solos e rochas (SANTOS, 2000). As substâncias dissolvidas podem estar sob a forma molecular ou iônica, porém, nas águas subterrâneas esta última é predominante (SANTOS, 2000).

A qualidade da água é avaliada através de estudos hidroquímicos, que a classifica quanto ao seu uso (consumo humano, dessedentação animal, irrigação, industrial, piscicultura, aquicultura, recreação e urbano) (FEITOSA, 2008). Os principais objetivos das investigações hidroquímicas em águas subterrâneas consistem em avaliar a ocorrência de contaminantes potenciais, avaliar o nível e a gravidade da contaminação e identificar as opções de medidas reparadoras, para evitar danos para a saúde da população (FOSTER & GOMES, 1989).

Na região de estudo, de acordo com os dados de qualidade da água disponíveis no SIAGAS, alguns elementos naturais são mais comumente encontrados na água subterrânea de abastecimento, como o Ferro e o Manganês, os quais serão abordados de forma mais detalhada no presente estudo.

3.4.2.1. Ferro

Segundo Richter e Azevedo Netto (1991), teores elevados de ferro são encontrados nas águas subterrâneas com baixo pH, ricas em gás carbônico e sem oxigênio dissolvido, sob a forma de bicarbonato ferroso dissolvido. Essas águas subterrâneas são captadas principalmente em terrenos antigos e aluviões. Nessas condições, o ferro está sob as formas quimicamente reduzidas (Fe^{+2}), solúveis e invisíveis (MORUZZI, 2012).

Quando o material sofre oxidação, seja ela através da aeração ou então pela adição de cloro, os minerais são precipitados, fazendo com que a água adquira uma aparência avermelhada escura em casos de presença de ferro ou então púrpura escura, em casos de concentrações de manganês (MORUZZI, 2012). O pH é determinante para as diferentes formas em que podem se apresentar os materiais de ferro e manganês (MORUZZI, 2012). Segundo Cleasby (1983), alguns hidróxidos complexos de ferro podem estar presentes na água subterrânea, assim como complexos inorgânicos com bicarbonato, sulfato ou fosfato; complexos orgânicos associados a ácidos húmicos e fúlvicos ou complexos estáveis como os quelatos, frequentemente coloridos.

Nas águas subterrâneas podem ocorrer complexações entre o ferro e a matéria orgânica presente, ocasionando a formação de compostos. A formação desses complexos orgânicos e quelatos aumenta a solubilidade do ferro e manganês, dificultando a sua remoção (O'CONNOR, 1971). Quando esses minerais são quimicamente intemperizados acabam fornecendo os elementos de Fe e Mn para os solos e, conseqüentemente, para as águas que circulam por eles.

Alguns estudos realizados por Reginato e Strieder (2007), na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, apontaram uma associação entre as ocorrências de Fe e Mn e os aspectos morfoestruturais e geomorfológicos. Vales com vertentes e fundos côncavos e altos topográficos representados por superfícies onduladas apresentaram maiores concentrações de Fe e Mn nas águas subterrâneas.

No processo de captação, as águas subterrâneas com altos teores de ferro são incolores, porém ao entrarem em contato com o oxigênio do ar apresentam coloração. Segundo Richter & Azevedo Netto (1991), teores excessivos de ferro nas águas apresentam vários inconvenientes, dentre eles: manchas nos tecidos, roupas, utensílios sanitários, entre outros; sabor desagradável; interferência em processos industriais, como cervejarias, tinturarias, fabricação de papel; incrustações e o aparecimento de bactérias ferruginosas nocivas. A precipitação de ferro presente nas águas é a principal responsável pela perda da capacidade específica de poços profundos (ZIMBRES, 2000).

O ferro é um elemento essencial em todos os organismos vivos (AISEN, 2001), entretanto, ele também é capaz de participar da formação de Espécies Reativas de Oxigênio (ERO) que podem, por sua vez, causar danos severos a todas as biomoléculas. Quando presente em excesso, a sobrecarga de ferro pode ser uma condição com risco de vida, promovendo mutações em proteínas envolvidas na síntese de heme ou aglomerados de enxofre de ferro, resultando no acúmulo de ferro nas mitocôndrias. Como doenças relacionadas, destacam-se a Ataxia de Friedreich, deficiência de glutaredoxina-5 e anemias sideroblásticas (JOMOVA, 2022).

Os distúrbios neurológicos são de origem multifatorial, muitos deles são caracterizados por um metabolismo de ferro perturbado (SNYDER, 2009). Ferro (e também cobre) foi encontrado em concentrações elevadas em tecidos cerebrais retirados de pacientes com Doença de Huntington, post mortem, e exames de ressonância magnética revelaram o acúmulo deste elemento nos gânglios da base e no córtex. Sendo assim, o excesso de ferro foi correlacionado com a gravidade da doença (KUMAR, 2016).

Outro provável problema encontrado está correlacionado às bactérias de ferro. Estas ocorrem principalmente em poços cuja água que possuem teores elevados de ferro e manganês associados com matéria orgânica dissolvida, bicarbonato e dióxido de carbono (FILHO, 2000). Tais bactérias obtêm sua energia através do processo de oxidação dos íons ferrosos para íons férricos, e assim, se desenvolvem. A precipitação do ferro e o rápido crescimento das bactérias criam rapidamente grandes volumes de materiais mucilaginosos que obstruem as aberturas das

ranhuras dos filtros dos poços. Em casos extremos, um poço pode ser totalmente obstruído em poucos meses (DRISCOLL, 1987).

3.4.2.2. Manganês

Os metais essenciais aos organismos estão envolvidos em muitas funções biológicas importantes, incluindo ação catalítica, capacidade estabilizadora de proteínas, movimentação de elétrons de doadores de elétrons para receptores de elétrons, prevenção de danos por Espécies Reativas de Oxigênio (ERO), construção de DNA e regulação dos níveis hormonais, entre outros (JOMOVA, 2022).

Os níveis de manganês variam entre diferentes regiões do cérebro, e o excesso desse elemento pode resultar em neurotoxicidade. O acúmulo anormal de manganês nas áreas do cérebro onde os neurônios dopaminérgicos são abundantes é referido como manganismo, uma condição que é mais comumente causada por uma exposição ocupacional ao manganês (JOMOVA, 2022).

Em excesso, o Mn também pode oxidar moléculas na cascata de catecolaminas, incluindo a dopamina, e assim perturbar seu nível em várias áreas do cérebro, como apresentado por uma síndrome bifásica que compreende dois componentes diferentes. Os estágios iniciais do aumento dos níveis de dopamina se manifestam como distúrbios psiquiátricos e nos últimos estágios da progressão da doença, por sintomas parkinsonianos (ASCHNER, 2007). Enquanto os estágios iniciais são reversíveis, após a interrupção da exposição ao Mn, os estágios posteriores, caracterizados por anormalidades dos sintomas motores, são graves e irreversíveis (BENEDETTO, 2009).

Segundo Jomova (2022), acúmulos de Manganês também podem levar a ocorrência de doença de Alzheimer, doença de Huntington, Esclerose Lateral Amiotrófica, disfunção mitocondrial, entre outras.

3.4.3. Riscos associados à captação para consumo humano

Problemas oriundos de processos construtivos ou de processos de deterioração decorrente do bombeamento de água e das características físico-químicas do aquífero que está sendo captado, podem ser frequentes em alguns poços. Algumas causas de deterioração dos poços incluem as incrustações, a corrosão e a formação das bactérias de ferro, que podem ocasionar a queda de produção do poço, obstrução das ranhuras dos filtros, carreamento de areia para os reservatórios de água captada, colapso do revestimento do poço e redução da vida útil da bomba (WINCK, 2015).

A presença de substâncias químicas dissolvidas na água pode ocorrer de origem natural ou antropogênica, resultando de características específicas da bacia hidrográfica, como os aspectos geomorfológicos, a intensidade e a natureza das atividades industriais e agrícolas, e também das propriedades da própria substância, como sua solubilidade e persistência no solo e na água (BRASIL, 2006). Essas substâncias podem comprometer a qualidade da água e, conseqüentemente, prejudicar o seu uso para consumo humano e outras finalidades. Portanto, é importante que sejam realizados estudos e monitoramentos constantes para identificar a presença e a origem dessas substâncias, a fim de garantir a segurança da água (BRASIL, 2006).

Debiasi (2016) avaliou o índice de vulnerabilidade dos pequenos sistemas de abastecimento de água no Rio Grande do Sul. Para a análise, foram considerados indicadores como: 1) nível de tratamento, 2) disponibilidade dos recursos hídricos, 3) qualidade da água, 4) manancial de captação, 5) operação e manutenção, 6) sistema de distribuição, 7) capacidade econômica, 8) capacidade técnica, 9) suporte governamental e 10) controle amostral. Como resultado, constatou que 60,4% dos pequenos sistemas de abastecimento de água são considerados vulneráveis, correspondendo à 59,7% da população do Estado. Isso evidencia a relevância do problema.

Quanto aos riscos específicos, associados aos mananciais e captação de águas subterrâneas, o Manual de Procedimentos em Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2006) e o Guia de Proteção da Qualidade da Água Subterrânea (FOSTER, 2002) ressaltam:

- Infiltrações no revestimento de poços tubulares; revestimento não suficientemente profundo, revestimento não elevado acima do solo ou do piso da sala de bombas ou não fechado na extremidade superior; revestimento impropriamente usado como canalização de sucção.
- Poço de captação ou reservatório sujeito a contaminação pelo refluxo de água poluída por meio de dreno impróprio ou por efeito de drenagem superficial. Ausência de tampas, dispositivos de inspeção impropriamente construídos, frestas, entre outros, que possam permitir contaminação.
- Emprego de manilhas de barro ou outros condutos não impermeáveis em lugares onde a água do subsolo pode ser contaminada.

- Poços situados nas proximidades de sistemas de esgotos, fossas, irrigação subsuperficial por meio de manilhas; instalações de criação de animais, postos de gasolina, ou outras formas de contaminação.
- Perigos Ambientais (fora do local): grutas locais; cavidades ou poços abandonados usados para drenagem; fissuras nas camadas que cobrem o aquífero; esgotos, latrinas, fossas sanitárias ou sépticas nas proximidades; resíduos agrícolas despejados ou derramados nas proximidades.
- Perigos Associados à Construção (no local): revestimento de poço vazando, ou em profundidade insuficiente; o revestimento de poço não ultrapassa o terreno ou o piso do compartimento de bomba; vazamentos no sistema sob vácuo (sucção); bomba da boca do poço, tubos de sucção ou caixas de válvulas vulneráveis a enchentes.

3.5. PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA

O estudo elaborado pela Secretaria de Vigilância em Saúde, denominado “Plano de segurança da água (PSA): garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS/Ministério da Saúde”, em 2012, é uma ferramenta de avaliação e gerenciamento de riscos à saúde, associados aos sistemas de abastecimento de água. O PSA foi citado na Portaria do Ministério da Saúde sobre potabilidade da água para consumo humano – Portaria MS nº 2.914/2011, atualizada pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Em publicações do século XX, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabeleceu uma metodologia baseada na verificação da conformidade das características da água fornecida, de acordo com as normas vigentes, por meio de programas de amostragem. Essa abordagem seguia um controle de qualidade do tipo fim de linha (VIEIRA; MORAIS, 2005). Na segunda edição das “Diretrizes de Qualidade da Água para Consumo Humano”, publicada entre 1993 e 1997, foi introduzido o conceito de gestão de risco como parte das diretrizes de vigilância da qualidade da água. No documento "*Water quality: Guidelines, standards and health*", de 2001, a OMS resume as diretrizes de avaliação e gestão de risco para doenças infecciosas transmitidas pela água, recomendando a aplicação do sistema Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (DEERE, 2001). Atualmente, a terceira edição das Diretrizes de Qualidade da Água para Consumo Humano estabelece os procedimentos de gestão de risco estruturados na forma de um Plano de Segurança da Água (*Drinking-water Safety Plan*) (WHO, 2017b).

O controle da qualidade da água para consumo humano, muitas vezes, é focado apenas em análises laboratoriais, apresentando demora e baixa capacidade para o alerta rápido à população. Nos casos em que há a confirmação da contaminação da água de abastecimento, tal abordagem não garante a efetiva segurança da água para consumo humano. Dessa forma, faz-se necessária a implantação de um PSA, justificada pelas limitações da abordagem tradicional, trazendo benefícios para todos os tipos de sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano, de pequeno a grande porte. (BRASIL, 2012).

O PSA é uma ferramenta inovadora, pois aborda a gestão de riscos, com o foco no consumidor da água, sendo um importante instrumento para a identificação de possíveis deficiências no sistema de abastecimento de água, organizando e estruturando o sistema para minimizar a chance de incidentes (BRASIL, 2012).

De acordo com o Plano de Segurança da Água (BRASIL, 2012), o gerenciamento da qualidade da água é essencial para garantir a segurança do abastecimento de água potável para consumo humano. A abordagem preventiva de risco é fundamental para garantir a qualidade microbiológica e química da água, e requer a implementação de planos de gestão que assegurem a proteção do sistema e o controle do processo. É importante que esses planos de gestão sejam efetivamente implementados, garantindo que o número de patógenos e as concentrações de substâncias químicas não apresentem riscos à saúde pública, fazendo com que a qualidade da água seja aceitável para os consumidores, conforme recomendado pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011). O PSA tem como principais objetivos minimizar as fontes de contaminação pontual e difusa no manancial, eliminar a contaminação durante o processo de tratamento e prevenir a (re)contaminação da água durante o armazenamento e no sistema de distribuição (BASTOS, 2010).

A implementação do PSA traz vantagens significativas aos responsáveis pelo abastecimento de água, como destacado por Vieira e Moraes (2005) e pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011), dentre elas: 1) Identificação de perigos e riscos; 2) Otimização de investimentos; 3) Redução de custos de tratamento; 4) Otimização de processos de trabalho, por meio da organização da documentação e dos procedimentos operacionais existentes, aumentando a eficiência, desempenho e resposta mais ágil em caso de incidentes; 5) Qualificação dos profissionais; 6) Garantia da qualidade da água, atendendo ao padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente; 7) Garantia de maior segurança e confiabilidade, por parte dos consumidores, diminuindo as reclamações; e 8) Melhoria da atuação intersetorial.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), os Planos de Segurança da Água (PSA) geralmente compreendem as seguintes etapas: Etapas preliminares; Avaliação do sistema; Monitoramento operacional; Planos de gestão; Revisão do PSA; Validação e verificação do PSA (BRASIL, 2012).

No ano de 2023, foi divulgada pela ABNT, a Norma Técnica – NBR 17080, que apresenta os requisitos para elaboração, implementação e avaliação de Planos de Segurança da Água com a finalidade de assegurar o fornecimento de água segura e potável, por meio de um enfoque de avaliação e gestão de risco desde o manancial ou fonte até o ponto de consumo, independentemente do seu porte e das tecnologias de tratamento utilizadas. A Norma é aplicável a Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano (SAA), Sistema Alternativo de Abastecimento de Água para Consumo Humano (SA), operados por prestadores de serviços de água públicos ou privados.

3.5.1. Desenvolvimento do plano de segurança da água

As etapas para o desenvolvimento do PSA, de maneira geral, incluem a avaliação do sistema, o monitoramento operacional e os planos de gestão (WHO, 2011). A avaliação do sistema é um processo de análise e verificação de riscos que engloba todas as etapas do sistema de abastecimento, desde a fonte de captação até o consumo final. O objetivo da avaliação é determinar se a qualidade final da água distribuída aos consumidores atende aos padrões estabelecidos pelas metas de saúde.

Já o monitoramento operacional consiste na identificação e no acompanhamento dos pontos críticos de controle, visando à redução dos riscos identificados. Por sua vez, os planos de gestão têm como objetivo gerenciar o controle dos sistemas de abastecimento, de forma a atender às condições de operação de rotina e excepcionais, em que pode ocorrer uma perda de controle do sistema (VIEIRA; MORAIS, 2005; WHO, 2011).

O Plano de Segurança da Água (BRASIL, 2012) descreve as etapas específicas que devem ser seguidas para a implantação do PSA, visando sistematizar o processo. Essas etapas são as seguintes: 1) Constituição da equipe técnica multidisciplinar para realizar o levantamento das informações e o planejamento, desenvolvimento, aplicação e verificação do PSA; 2) Descrição e avaliação do sistema de abastecimento de água existente ou proposto, com construção do diagrama de fluxo e sistematização da documentação; 3) Identificação e análise dos perigos potenciais e caracterização dos riscos; 4) Identificação, avaliação e monitoramento das medidas de controle; 5) Identificação dos pontos críticos de controle; 6) Monitoramento

operacional da implementação do PSA; 7) Estabelecimento de limites críticos, procedimentos de monitoramento e ações corretivas para condições normais e de incidentes; 8) Estabelecimento de planos de gestão; 9) Desenvolvimento de programas de apoio, como treinamentos, práticas de higiene, procedimentos de operação-padrão, atualização, aperfeiçoamento, pesquisa e desenvolvimento; 10) Estabelecimento de comunicação de risco; e 11) Validação e verificação do PSA, avaliando seu funcionamento. A Figura 5, a seguir, apresenta um esquema com a sequência das etapas para o desenvolvimento de um PSA.

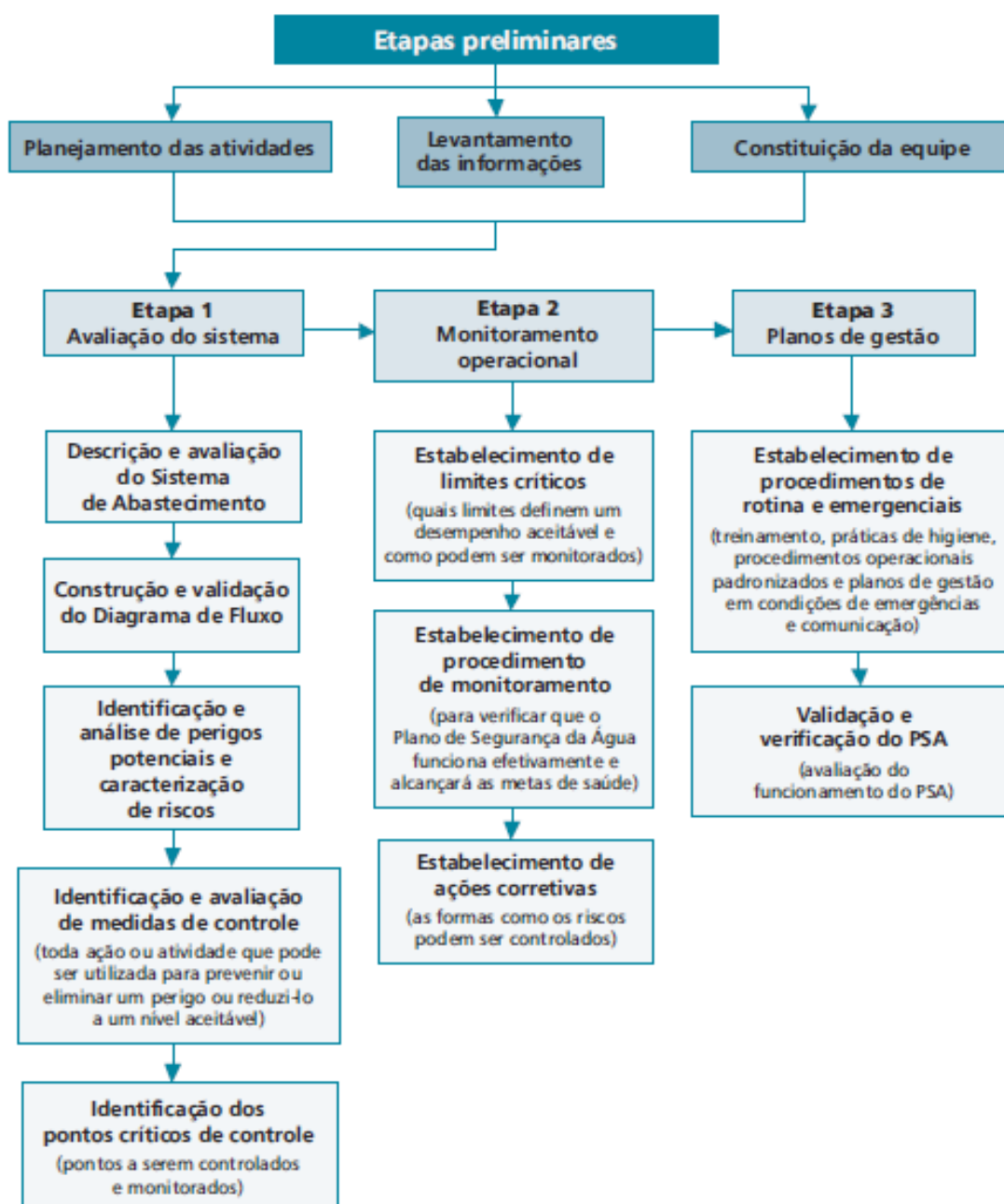


Figura 5 - Etapas para o desenvolvimento de um PSA.

Fonte: Plano de segurança da água (BRASIL, 2012). Adaptado de WHO (2004); WHO (2005).

3.5.1.1. Etapas preliminares

Previamente à etapa de avaliação do sistema é importante a implementação de uma etapa preliminar, na qual envolve o planejamento das atividades, o levantamento das informações necessárias e a constituição da equipe técnica de elaboração e implantação do PSA.

3.5.1.2. Etapa 1: Avaliação do sistema

A avaliação do sistema é uma etapa fundamental do PSA que tem como objetivo principal garantir que o sistema de abastecimento de água possa tratar e fornecer água de acordo com as metas de saúde pré-estabelecidas. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011), essa avaliação deve ser realizada de forma detalhada, desde o manancial até o local de consumo, considerando todas as etapas do processo de abastecimento.

A avaliação do sistema é composta por três fases: 1) descrição do sistema de abastecimento de água; 2) identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos; e 3) estabelecimento de medidas de controle dos pontos críticos. Essas fases permitem a elaboração de um diagnóstico preciso do sistema e a definição de estratégias que promovam a garantia da qualidade da água distribuída aos consumidores (VIEIRA; MORAIS, 2005; WHO, 2011).

Descrição do sistema de abastecimento, construção e validação do diagrama de fluxo

A avaliação de um sistema de abastecimento de água para consumo humano segue um processo que inclui a descrição e análise da bacia hidrográfica do manancial de captação, a estação de tratamento de água e o sistema de distribuição. A descrição deve abranger informações sobre o uso e a ocupação do solo, medidas de proteção das bacias hidrográficas, quantidade e qualidade da água dos mananciais de captação, processos de tratamento aplicados, reservatórios dentro dos sistemas e sistemas de distribuição existentes. A avaliação deve determinar se a qualidade final da água distribuída aos consumidores atenderá aos padrões estabelecidos nas metas de saúde (BASTOS, 2010).

A construção do diagrama de fluxo é fundamental para a identificação de perigos e pontos de controle relacionados a todo o processo de produção de água potável. A precisão da descrição e do diagrama de fluxo é essencial, pois potenciais perigos podem ser ignorados se a descrição não for correta. A validação da descrição e do diagrama de fluxo é realizada pela equipe técnica para garantir a precisão das informações que apoiam o Plano (VIEIRA; MORAIS, 2005).

Recomenda-se que a equipe técnica verifique a precisão das informações contidas no diagrama de fluxo por meio de visita em campo e providencie ajustes, quando necessário, de forma a refletir a situação real do sistema de abastecimento de água. É importante revisar periodicamente a avaliação dos sistemas para antecipar e gerenciar os riscos e eventos perigosos com base em informações técnicas confiáveis e precisas (VIEIRA; MORAIS, 2005; WHO, 2011).

Identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos

Após descrever o sistema de abastecimento de água, é necessário identificar os perigos biológicos, químicos, físicos e radiológicos em cada etapa do fluxo e avaliá-los em termos de seus riscos para a saúde humana. Algas tóxicas e microrganismos podem representar perigos biológicos, enquanto substâncias químicas tóxicas e características estéticas indesejáveis da água representam perigos químicos e físicos, respectivamente. Perigos radiológicos podem resultar de fontes naturais ou antrópicas (VIEIRA; MORAIS, 2005).

De acordo com a NBR 17080 (ABNT, 2023), o risco diz respeito à probabilidade de ocorrência de um perigo e as suas consequências, na perspectiva de efeitos nocivos à saúde pública. No âmbito do PSA, medidas de controle devem ser adotadas nos elementos constituintes do sistema de abastecimento quando existir um potencial de comprometimento do seu desempenho, resultando na produção de água fora das especificações estabelecidas pela legislação vigente, o que caracteriza pontos de controle críticos.

Os riscos identificados devem ser priorizados com técnicas como a Matriz de Priorização de Risco (ABNT, 2023) e a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (WHO, 1998), com atenção especial aos perigos com consequências mais graves (DEWETTINCK et al., 2001; BARTRAM et al., 2009; NOKES; TAYLOR, 2003; VIEIRA; MORAIS, 2005).

De acordo com Vieira e Morais (2005), é essencial ter um entendimento aprofundado das características do sistema em estudo para a caracterização dos riscos. Para isso, é recomendado utilizar dados históricos, experiências de operadores e técnicos, publicações relevantes, estudos e pesquisas, bem como opiniões de especialistas. A definição de medidas de controle deve ser baseada na priorização dos riscos associados aos perigos ou eventos perigosos identificados.

Matriz de Priorização de Riscos

De acordo com Vieira e Morais (2005), a caracterização dos riscos pode ser realizada de diversas maneiras, dependendo dos recursos disponíveis, da finalidade da análise, das informações e dos dados. É possível utilizar técnicas qualitativas, semiquantitativas,

semiquantitativas ou quantitativas, ou combinações delas, a depender das circunstâncias de exposição dos indivíduos e das populações aos perigos (AS/NZS, 2004).

A NBR 17080 (ABNT, 2023) define a matriz de priorização ou classificação de riscos como uma importante ferramenta de gestão, a qual utiliza uma matriz de probabilidade de ocorrer um evento perigoso e de severidade das consequências, para identificar e determinar o tamanho de um risco, ajudando no processo de tomada de decisões.

Para a caracterização dos riscos recomenda-se a utilização das técnicas qualitativas e semiquantitativas. A técnica qualitativa expressa a probabilidade de ocorrência e a intensidade das consequências de determinado risco, permitindo a construção da *Matriz de Priorização Qualitativa de Risco* para facilitar a hierarquização dos riscos. Já a técnica semiquantitativa atribui valores numéricos às probabilidades e consequências para a determinação da priorização de riscos, utilizando a escala de 1 a 5 para classificar cada perigo com base nas escalas de probabilidade de ocorrência e de severidade das consequências.

Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)

Segundo a NBR 17080 (ABNT, 2023), o conceito de risco já foi contemplado no estabelecimento dos padrões de qualidade de água para abastecimento. Desta forma, o desenvolvimento do PSA deve ser feito com base em um procedimento que identifique os pontos de controle nos quais podem ocorrer condições que contribuam para a violação dos padrões de qualidade estabelecidos para a água de abastecimento, os quais serão definidos como PCC.

O Sistema APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) trata-se de uma abordagem sistemática para identificar os perigos que podem afetar a potabilidade da água e estabelecer medidas de controle (WHO, 1998). Essa metodologia tem como base a identificação de Pontos de Controle (PC) e/ou Pontos Críticos de Controle (PCC) para monitorar o sistema de abastecimento de água e adotar medidas de intervenção, caso sejam detectadas alterações nos parâmetros selecionados para avaliação (MOSSSEL; STRUIJK, 2004).

Estabelecimento de medidas de controle dos pontos críticos

Identificar medidas de controle baseadas no princípio das múltiplas barreiras é essencial para prevenir, eliminar ou reduzir perigos na produção de água para consumo humano. É necessário documentar todas as informações levantadas sobre perigos e eventos perigosos para verificar continuamente a eficácia das medidas de controle e do PSA. A avaliação do sistema de abastecimento de água pode indicar a necessidade de revisão, documentação e formalização

de práticas existentes ou mudanças de infraestrutura para garantir a segurança da água (BASTOS; HELLER; FORMAGGIA, 2005).

3.5.1.3. Etapa 2: Monitoramento operacional

O objetivo do monitoramento operacional do sistema de abastecimento de água para consumo humano é controlar riscos e atender metas de saúde. Para cada perigo priorizado nas diversas etapas do sistema deve-se verificar a necessidade de associação de programas de avaliação, além das medidas de controle, para manter a eficácia na eliminação dos perigos ou minimização dos riscos (WHO, 2011).

O monitoramento operacional requer a determinação das medidas de controle dos sistemas de abastecimento de água; seleção dos parâmetros de monitoramento; estabelecimento dos limites críticos e das ações corretivas (BRASIL, 2012). As medidas de controle são implementadas para prevenir, reduzir ou eliminar a contaminação e devem ser baseadas no princípio das múltiplas barreiras. Vários parâmetros são utilizados no monitoramento, incluindo a ocorrência de floração de cianobactérias e a concentração residual de desinfetante. O estabelecimento de limites críticos é essencial para avaliar se o perigo está mantido sob controle ou, caso contrário, se torna necessário estabelecer ações corretivas (BRASIL, 2012).

A etapa de monitoramento operacional é um conjunto de ações planejadas para garantir um gerenciamento eficaz do sistema e a saúde dos consumidores, assegurando que a água fornecida à população esteja dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela norma (WHO, 2011).

3.5.1.4. Etapa 3: Planos de gestão

Os planos de gestão permitem a verificação constante do PSA e devem descrever as ações a serem tomadas em operações rotineiras e excepcionais, organizar a documentação da avaliação do sistema, a comunicação de riscos à saúde, os programas de suporte e a validação e verificação periódica do PSA, de forma a garantir o melhor funcionamento do sistema de abastecimento de água para consumo humano (VIEIRA; MORAIS, 2005).

3.5.2. Experiências de implantação do PSA

Diversos países como Austrália, Portugal, Honduras, Canadá, Inglaterra, País de Gales e regiões da América Latina, do Caribe e do Brasil possuem experiências de implantação de PSA. Essas iniciativas demonstraram resultados eficazes, porém também evidenciaram a necessidade

de adequação da metodologia do PSA à realidade local. As experiências realizadas também demonstraram que o PSA pode ser implementado e coordenado por diferentes instituições, sejam elas empresas responsáveis pelos serviços de abastecimento de água, agências reguladoras de abastecimento de água, entre outras.

De forma geral, cada país tem realizado a sua experiência de maneira particular, conforme sua organização institucional e arcabouço legal. Tais experiências implementadas podem subsidiar as discussões, articulações técnicas e políticas, bem como definir estratégias para a correta implantação da metodologia no Brasil (BRASIL, 2012).

De acordo com relatório publicado pela OMS, a abordagem do PSA passou por adaptações em todos os continentes, sendo adotada por 93 países em todo o mundo, os quais apresentaram diferentes níveis de efetivação e desenvolvimento de instrumentos regulatórios relacionados ao PSA. Entretanto, experiências de implementação do PSA em áreas rurais eram poucas (WHO, 2017a).

As diretrizes gerais para a elaboração de PSAs publicadas no Brasil são baseadas em estudos que enfocam principalmente sistemas de abastecimento urbanos de médio a grande porte (FAGUNDES, 2022). Embora existam algumas iniciativas de aplicação em pequenas comunidades, ainda existem lacunas em termos de materiais oficiais direcionados a sistemas de pequeno porte, abastecimento de comunidades isoladas e soluções alternativas coletivas com captação em mananciais subterrâneos (BRASIL, 2013).

De acordo com a Lei Federal nº 9.433/1997 também se torna importante a participação dos comitês de bacias hidrográficas nas discussões e implementação do PSA, tendo em vista que são formados por representantes de órgãos públicos, municípios, usuários das águas e sociedade civil, com atribuições normativas, consultivas e deliberativas na gestão dos recursos hídricos (BRASIL, 2012).

4. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é o distrito de Ipiranga, localizado na região rural do município de Gravataí/RS (Figura 6). O município de Gravataí é integrante da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), situado a 23 km da capital e possuindo pouco mais de 265 mil habitantes (IBGE, 2022), sendo o sexto município mais populoso do Estado e o terceiro da RMPA.

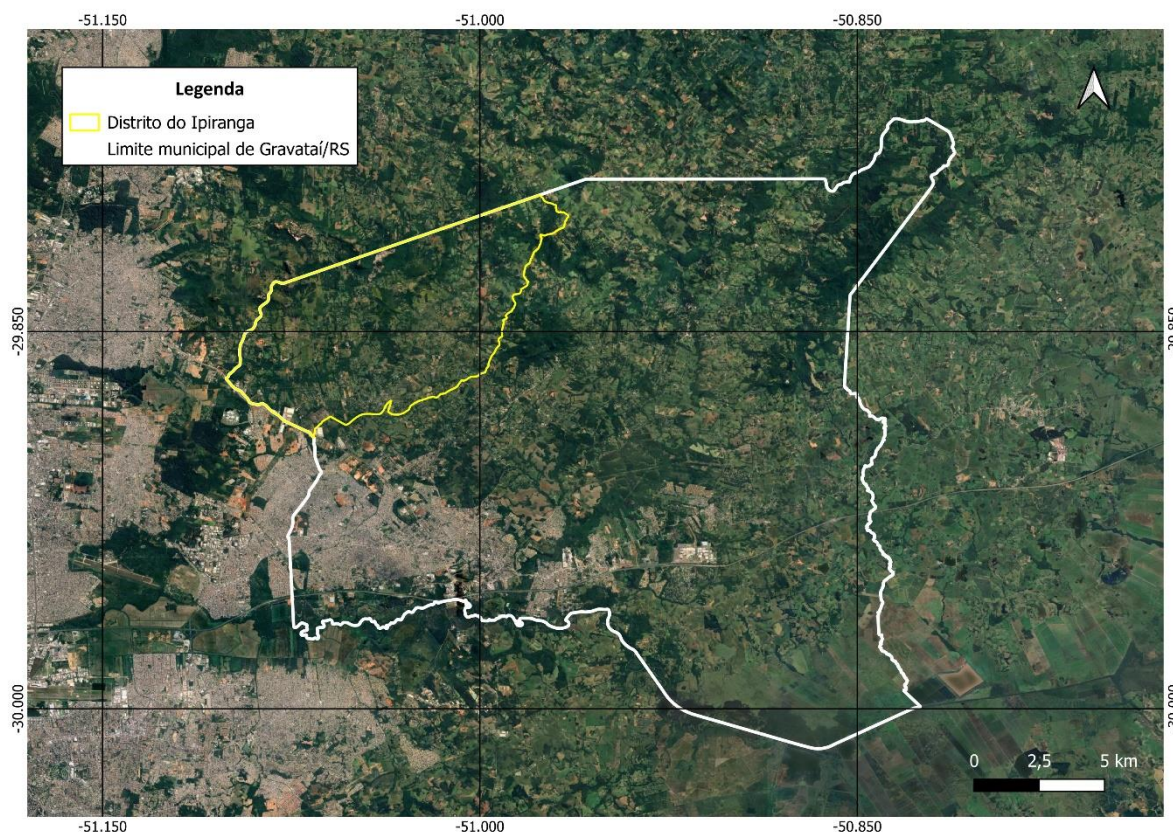


Figura 6 - Imagem de satélite da região do distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.

Fonte: Plano Diretor de Gravataí (2021) e Google Maps.

O presente trabalho foi dividido em cinco etapas, sendo 1) caracterização da área de estudo, 2) identificação das atividades potencialmente poluidoras, presentes e em fase de instalação, 3) diagnóstico de abastecimento de água e 4) identificação dos riscos associados ao abastecimento da região e 5) proposição de medidas de prevenção e mitigação dos riscos.

As etapas desenvolvidas neste estudo se fundamentaram na metodologia estabelecida e publicada pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2012), a qual se baseou principalmente nas publicações técnicas de Vieira e Moraes (2005), Bartram et al. (2009), Bastos et al. (2010). A identificação dos perigos potenciais foi realizada com base no trabalho de Beuken et al. (2008), em que foram selecionados e adaptados os principais riscos associados à área de estudo, para avaliação da Matriz de Priorização de Riscos.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A caracterização da área de estudo foi realizada com base em pesquisa documental em fontes oficiais e consulta à bibliografia existente sobre as condições geológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas, pedológicas, hidrográficas e de uso e ocupação do solo do distrito de Ipiranga. As informações contidas no Plano Diretor Municipal e o Plano Municipal de Saneamento Básico, os quais encontram-se em atualização, forneceram subsídios importantes para os resultados evidenciados no presente estudo.

Também foram utilizadas informações obtidas em visitas técnicas; dados fornecidos pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Bem-Estar Animal – SEMA Gravataí e pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM RS; além de pesquisa documental por meio de fontes oficiais do município.

4.2. IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES POTENCIALMENTE POLUIDORAS

A identificação das atividades potencialmente poluidoras, situadas no distrito de Ipiranga foi realizada através de pesquisa documental em fontes oficiais, em que foram levantados os estudos já realizados na região, principalmente relacionados aos impactos ambientais de atividades econômicas reconhecidas historicamente, como atividades minerárias e o antigo lixão Santa Tecla.

O presente estudo abordou sobre os principais problemas relacionados a empreendimentos de alto potencial poluidor que estão em processo de implementação na região, promovendo insegurança aos moradores locais, principalmente por seus reconhecidos impactos ambientais e a fragilidade da infraestrutura de abastecimento de água. O diagnóstico considerou as informações relacionadas aos licenciamentos das atividades econômicas da região, através do levantamento das licenças ambientais emitidas pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Bem-Estar Animal – SEMA e pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM.

4.3. DIAGNÓSTICO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO

Segundo a NBR 17080 (ABNT, 2023), a qual estabelece os princípios e diretrizes para elaboração e implementação do PSA, é importante se dispor de uma descrição adequada do sistema de abastecimento de água, devendo-se considerar o estado atual em que ele se encontra. Esta descrição é importante, pois dará apoio às etapas subsequentes, permitindo a identificação dos Pontos Críticos de Controle e proposição de medidas de controle para sua gestão.

Embora a normativa não especifique as diretrizes para descrição adequada das SAI, foram consideradas no presente estudo as determinações para as SAA ou SAC. Para os sistemas de abastecimento que não disponham da documentação indicada, deve ser aplicado um maior esforço para a obtenção de uma caracterização adequada do sistema, sendo necessário elaborar um conjunto mínimo de documentos para esta finalidade, indicados pela NBR 17080 (ABNT, 2023), como características construtivas e operacionais, principais componentes, detalhes de projeto, dados dimensionais, etc.

O diagnóstico de abastecimento de água consistiu no levantamento de dados realizado por meio de pesquisa documental, através do Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB de Gravataí e sua revisão; dos registros de poços da região rural junto à Vigilância Sanitária da Secretaria Municipal de Saúde de Gravataí – VIEMSA; dos registros de poços junto ao Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul - SIOUT RS, do Departamento de Recursos Hídricos - DRH do Rio Grande do Sul; bem como dos poços cadastrados junto ao Sistema de Informações de Água Subterrânea – SIAGAS, que compreende um cadastro nacional de pontos de água desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM. Também foi elaborada uma pesquisa bibliográfica sobre a região, de forma a abranger informações sobre o uso e a ocupação do solo do solo; análise dos mananciais subterrâneos utilizados na captação, como a quantidade e qualidade da água; processos de tratamento aplicados e os riscos que podem comprometer a qualidade hídrica.

O estudo compreendeu também um levantamento de campo, onde foram selecionados dez (10) Soluções Alternativas Individuais (SAI) de abastecimento da região, divididos nas localidades de Santa Tecla e Costa do Ipiranga, para fins de representação do sistema comumente utilizado na região. A vistoria na área de estudo foi realizada no dia 20 de abril de 2024, em que foram selecionadas e visitadas 10 SAI, localizados em aglomerados populacionais das comunidades da Costa do Ipiranga e Santa Tecla. A escolha dos 10 SAI foi dada em função do acesso facilitado, do histórico dos impactos ambientais e dos riscos associados pelas atividades econômicas levantadas na região, mas principalmente, pela situação atual do abastecimento de água da população.

As vistorias realizadas tiveram como objetivo avaliar as condições dos sistemas de abastecimento e realizar a aplicação de um questionário de pesquisa (Apêndice A), envolvendo perguntas sobre a instalação dos poços; vazão consumida; ocorrência de problemas relacionados à qualidade da água; existência de sistema de distribuição, armazenamento e controle operacional da qualidade; existência de sistema de desinfecção e de tratamento de

esgoto doméstico; e verificação dos potenciais riscos ao consumo de água e à saúde da população.

Esta pesquisa não foi submetida ao Conselho de Ética. O método de pesquisa foi concebido para reunir informações sobre a área de estudo, com a participação de voluntários não identificados. Os dados primários foram adquiridos de fontes públicas; todas as informações coletadas foram anonimizadas e armazenadas em um banco de dados sem qualquer chance de identificação dos participantes, em conformidade com as diretrizes estabelecidas na Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde.

4.4. IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS DE ABASTECIMENTO

De acordo com a NBR 17080 (ABNT, 2023), os principais perigos existentes em sistemas de abastecimento se referem à presença de organismos patogênicos, substâncias e compostos químicos ou condições que venham a comprometer a qualidade final da água de abastecimento e ocasionar um efeito adverso na saúde do consumidor, assim como os problemas que afetam a quantidade de água distribuída, levando ao consumo de outras fontes de água não adequadas ao consumidor.

Os perigos podem estar associados a condições ou fatores naturais, principalmente no manancial de abastecimento, ou a outros fatores que podem resultar na sua presença, como acidentes, lançamento de esgoto, drenagem superficial, uso de produtos químicos e materiais com qualidade ou composição inadequada e condições operacionais fora de limites aceitáveis (ABNT, 2023).

A partir dos dados obtidos na realização do diagnóstico, alcançados através das vistorias de campo, dos relatos dos moradores, de imagens de satélite e de pesquisa documental, foram identificados os potenciais problemas relacionados às fontes de poluição ou contaminação dos sistemas de captação das comunidades do distrito de Ipiranga. A identificação consistiu na avaliação dos perigos biológicos, químicos, físicos e radiológicos, considerando seus riscos para a saúde humana.

Segundo Manual de Procedimentos em Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2006), os principais itens necessários para verificação em cada etapa de abastecimento de água, especificamente para mananciais subterrâneos são: 1) distância de fontes de contaminação; 2) estado de conservação e proteção dos poços e das fontes, dos equipamentos e das estruturas de captação e recalque, 3) qualidade da água subterrânea de poços, fonte e minas; 4) proteção e conservação das estruturas de

captação, 5) proximidade de fontes de poluição (atividades agropecuárias, esgoto sanitário, fossas, lixão, aterro sanitário); 6) quando cabível, comprovação das exigências de tratamento e controle de qualidade da água; 7) quando cabível, identificação do responsável.

A identificação dos perigos potenciais foi realizada com base no trabalho de Beuken et al. (2008), utilizando a base de dados de perigos da *Techneau Hazard Database* (THDB). A base de dados de perigos da THDB abrange 12 categorias de análise: 1) Captação de água superficial; 2) Captação de água subterrânea; 3) Captação e transporte de água superficial; 4) Infiltração de água superficial; 5) Manancial subterrâneo e infiltração, captação e transporte de água; 6) Tratamento; 7) Reservatórios e bombas; 8) Transporte e distribuição; 9) Tubulação interna; 10) Consumidor e torneiras; 11) Organização; e 12) Riscos futuros (incluindo todo o sistema de água potável). Algumas definições descritas no Quadro 2 são aplicadas no banco de dados de riscos.

Quadro 2 - Definições aplicadas no banco de dados de riscos.

Fonte: Adaptado de Beuken et al. (2008).

Elemento:	Componente do sistema no qual os riscos se refererem.
Risco:	Uma fonte de dano potencial ou uma situação com potencial de dano (por exemplo, um agente biológico, químico, físico ou radiológico, ou circunstâncias que têm o potencial de ter um efeito negativo no fornecimento de água segura e suficiente).
Referência:	Ref.: Número de referência do risco.
Evento Perigoso:	Um evento que pode causar dano (por exemplo, um incidente ou situação que pode levar à presença de um risco, o que pode acontecer e como).
Tipo de Evento Perigoso:	Indicação da origem do evento perigoso. D: relacionado ao projeto O: relacionado à operação E: relacionado a fatores externos OS: consequência de um risco em outro subsistema Ref. OS: referência de outro subsistema
Tipo de Risco:	Indicação do tipo de risco. Biológico: biológico Químico: químico Radiológico/Físico: radiológico ou físico (incluindo turbidez) Indisp.: indisponibilidade ou insuficiência de água para consumo Segurança: segurança do trabalhador Dano Externo: dano externo a terceiros, incluindo responsabilidade
Descrição das Consequências Potenciais	Descrição das consequências potenciais do risco para outros subsistemas em primeiro lugar e, em segundo lugar, para o consumidor.

Segundo Beuken et al. (2008), o THDB apresenta uma coluna chamada "Risco relevante?" para marcação dos riscos identificados. As marcações podem ser feitas de diferentes formas, sendo a mais simples adicionando um "visto" quando o risco é considerado relevante ou então realizando uma classificação de cada risco relevante, por exemplo: (X) Risco não relevante ou não reconhecido como um problema; (0) Risco reconhecido, mas medidas de controle foram implementadas; (1) Um risco menor que requer atenção; (2) Um risco significativo como um todo.

Os perigos potenciais da base de dados do THDB foram selecionados, adaptados e avaliados ao sistema de abastecimento da região do distrito de Ipiranga, considerando a vistoria de campo e questionamento aplicados nas SAI das aglomerações populacionais da comunidade de Santa Tecla e Costa do Ipiranga (Apêndice A).

Considerando a NBR 17080 (ABNT, 2023), para avaliar o risco associado a um perigo é preciso determinar a probabilidade de ocorrência por meio da *Escala de Probabilidade de Ocorrência*, que classifica a probabilidade do risco em "quase certa", "muito provável", "provável", "pouco provável" e "raro". Também é necessário avaliar as consequências para a saúde da população, utilizando a *Escala de Severidade das Consequências*, que classifica as consequências dos riscos como "catastrófica", "grande", "moderada", "pequena" e "insignificante" (ABNT, 2023) (Quadro 3).

Quadro 3 - Critérios para a classificação de riscos na descrição do SAA ou AS.

Fonte: NBR 17080 (ABNT, 2023).

Escala de probabilidade de ocorrências		
Probabilidade de ocorrências	Descrição	Peso
Quase certa	Espera-se que ocorra uma vez por dia	5
Muito provável	Vai acontecer provavelmente uma vez por semana	4
Provável	Vai acontecer provavelmente uma vez por mês	3
Pouco provável	Pode ocorrer uma vez por ano	2
Raro	Pode ocorrer em situações excepcionais (uma vez em cinco anos)	1
Escala de severidade de consequências		
Severidade das consequências	Descrição	Peso
Catastrófica	Potencial agravamento à saúde para uma grande parte da população	5
Grande	Potencial agravamento à saúde para uma pequena parte da população	4
Moderada	Potencialmente prejudicial para uma grande parte da população	3
Pequena	Potencialmente prejudicial para uma pequena parte da população	2
Insignificante	Sem impacto ou não detectável	1

Os riscos identificados foram priorizados com técnicas como a Matriz de Priorização de Risco, com atenção especial aos perigos com consequências mais graves. Com base na matriz, para cada perigo identificado, foram verificadas as condições ou os eventos que podem ter influência sobre a exposição dos usuários da água potável ou de algum elemento do sistema de abastecimento e a ocorrência de efeitos adversos (ABNT, 2023). O Quadro 4 apresenta um exemplo de matriz de classificação de risco.

Quadro 4 – Exemplo de matriz de classificação de risco.

Fonte: NBR 17080 (ABNT, 2023).

Classificação			Severidade das consequências				
			Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
Probab. de ocorrência			1	2	3	4	5
	Quase certa	5	5	10	15	20	25
	Muito provável	4	4	8	12	16	20
	Provável	3	3	6	9	12	15
	Pouco provável	2	2	4	6	8	10
	Raro	1	1	2	3	4	5

O Quadro 5 apresenta um comparativo entre as descrições de risco definidas por Beuken et al. (2008) e pela ABNT NBR 17080 (2023), as quais foram consideradas para avaliação e comparação dos resultados no presente estudo.

Quadro 5 – Comparativo entre as classificações de risco propostas por Beuken et al. (2008) e pela ABNT NBR 17080 (2023).

Definição por Beuken et al. (2008)		Definição ABNT NBR 17080/2023		
X	Risco não relevante ou não reconhecido como um problema	< 6	Baixo	Controlável por meio de procedimentos de rotina
0	Risco reconhecido, mas medidas de controle foram implementadas	6 a 9	Médio	Necessidade de atenção
1	Um risco menor que requer atenção	10 a 15	Alto	Necessidade de especial atenção
2	Um risco significativo como um todo	> 15	Muito alto	Necessidade de ação imediata

4.5. PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO

A etapa de proposição de medidas de prevenção e mitigação tem como objetivo avaliar a necessidade de associar os riscos identificados a programas de avaliação e controle, promovendo a eficácia na eliminação de perigos ou na minimização dos riscos (WHO, 2011). As medidas recomendadas neste estudo são essenciais para prevenir, reduzir ou eliminar os perigos de contaminação.

Nesta etapa foi elaborado um conjunto de ações planejadas para os principais riscos identificados, de modo a garantir melhorias e investimentos no sistema de abastecimento de água e à saúde dos consumidores, assegurando que a água fornecida à população esteja dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela norma (WHO, 2011). As medidas de controle especificadas no presente estudo foram definidas a partir do diagnóstico realizado e dos riscos avaliados no processo de abastecimento de água da região.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O distrito de Ipiranga está localizado na região rural do município de Gravataí/RS (Figura 6). Segundo o IBGE (2021), a região rural do município de Gravataí possui uma população aproximada de 15 mil pessoas, representando 5% da população total do município, distribuída em uma área aproximada de 302 km². O distrito de Ipiranga, considerado um ex-povoado, foi anexado ao município de Gravataí através da Lei Municipal nº 1, de 08 de janeiro de 1958, possuindo uma extensão de 72 km², com aproximadamente 5 mil habitantes, segundo o IBGE (2010).

O distrito de Ipiranga possui diversas localidades tradicionais do município, sendo as principais e mais povoadas as localidades da Costa do Ipiranga, Santa Tecla e Morro Agudo. O distrito faz divisas com os municípios de Cachoeirinha, Novo Hamburgo, Sapucaia e é passagem pela zona rural para os municípios de São Leopoldo, Taquara, Glorinha e Esteio.

A caracterização da área de estudo consistiu no levantamento de dados relacionados à hidrografia, geologia, geomorfologia, hidrogeologia, pedologia e uso e ocupação do solo, através de pesquisa bibliográfica, considerando trabalhos acadêmicos realizados na área de estudo; dados de levantamento de campo; dados fornecidos pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Bem-Estar Animal – SEMA Gravataí e pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM RS; além de pesquisa documental por meio de fontes oficiais do município.

5.1.1. Hidrografia

O município de Gravataí está localizado, em sua maior parte, na bacia hidrográfica do rio Gravataí, com aproximadamente 85% de sua área inserida nesta bacia. O restante, equivalente a 15% de sua área, está inserido na bacia hidrográfica do rio dos Sinos. A área de estudo, a qual corresponde aos limites geográficos do distrito de Ipiranga, possui aproximadamente 90% de sua área inserida na bacia hidrográfica do rio dos Sinos, sendo consideravelmente pertencente à sub-bacia do arroio Sapucaia (Figura 7).

O distrito também possui uma pequena porção, ao norte, inserida na sub-bacia do arroio Guari, um afluente do rio dos Sinos e outra pequena porção, ao sul, inserida na sub-bacia do arroio Brigadeiro (ou Águas Mortas), um afluente do rio Gravataí.

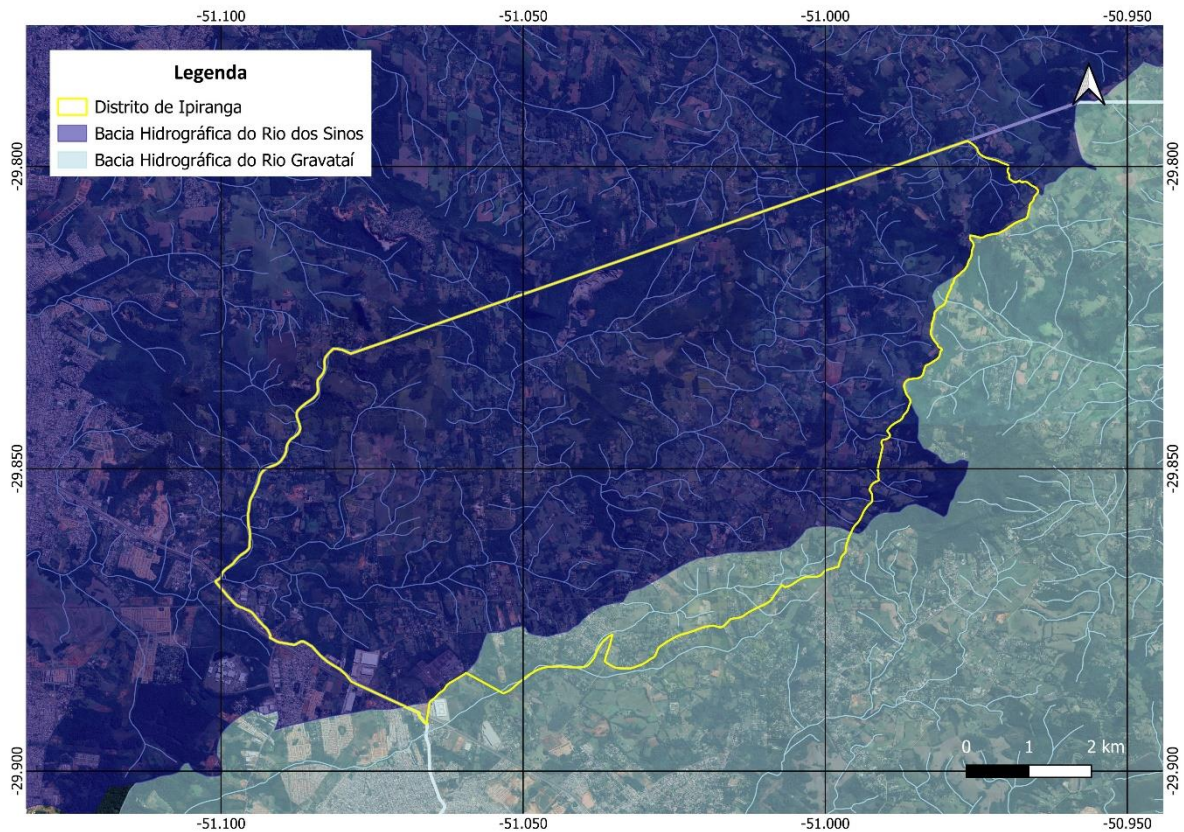


Figura 7 – Imagem de satélite contendo a divisão das bacias hidrográficas dos Sinos e Gravataí, na região do distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.

Fonte: Google Maps.

5.1.2. Contexto Geológico, Geomorfológico e Pedológico

A caracterização do meio físico da área de estudo é fundamental para realizar o entendimento das condições geológicas, hidrogeológicas, pedológicas, de uso e ocupação do solo, as quais interferem indiretamente e diretamente na qualidade da água subterrânea captada para o abastecimento humano, objeto de estudo do presente trabalho. Segundo Cajazeiras (2007), a composição físico-química das águas subterrâneas é influenciada pela composição das águas de recarga, como a precipitação e as águas superficiais, bem como pelas interações água-rocha durante a percolação através dos poros e fraturas das formações geológicas. A avaliação do uso e ocupação do solo também se torna extremamente importante, pois pode influenciar nos aquíferos utilizados para abastecimento, tendo em vista que os aquíferos livres estão mais susceptíveis à contaminação do que aquíferos mais profundos e confinados.

5.1.2.1. Escudo Sul-rio-grandense

O Escudo Sul-rio-grandense representa o embasamento do estado do Rio Grande do Sul e está localizado na região centro-sul. O escudo possui cerca de 65.000 km² de área no Estado (CHEMALE JR., 2000) e é delimitado ao norte, oeste e sudoeste pela Bacia do Paraná, e a leste

pela Bacia de Pelotas, também conhecida como Província Costeira do Rio Grande do Sul. O escudo é composto por rochas de idades variadas desde o Arqueano até o Eopaleozóico. Apesar de ser espacialmente restrito, apresenta associações de rochas metamórficas, ígneas e sedimentares, de idade, origem e evolução diversas, distribuídas num complexo arranjo tecnoestratigráfico controlado por lineamentos regionais de orientação predominante NE-SW e NW-SE (ROISENBERG, 2008).

5.1.2.2. Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná corresponde a uma bacia intracratônica cujas unidades basais depositaram-se sobre o Escudo Sul-rio-grandense, incluindo a Bacia do Camaquã. A Bacia do Paraná, em toda sua extensão, é representada por sedimentos predominantemente siliciclásticos e rochas vulcânicas, de idade desde o Ordoviciano ao Cretáceo. A espessura máxima da Bacia é estimada entre 5.000 e 6.000 m (ROISENBERG, 2008).

A região de estudo está inserida na porção sudeste da unidade geológica da Bacia do Paraná, composta por rochas sedimentares e efusivas originadas a partir do predomínio das forças tectônicas quando a ação predominante das forças endógenas forma os elementos morfoestruturais que, para serem interpretados, devem ser analisados a partir dos condicionantes tectônicos-estruturais (MOURA; SUERTEGARAY, 2012).

Segundo Roisenberg (2008), a Bacia do Paraná, na área da região de Gravataí, está representada por algumas unidades pertencentes as Supersequência Gondwana I (Formações Rio Bonito e Palermo do Grupo Guatá, Subgrupo Estrada Nova e Formação Rio do Rastro do Grupo Passa Dois, e Formação Pirambóia) e Supersequência Gondwana III (Formações Botucatu e Serra Geral do Grupo São Bento). As unidades litológicas que compõem a morfoestrutura da Bacia do Paraná são as formações Rio do Rastro, Pirambóia, Serra Geral, além dos Depósitos elúvio-colúviais e aluvionares recentes (CATTANEO, 2019) (Figura 8).

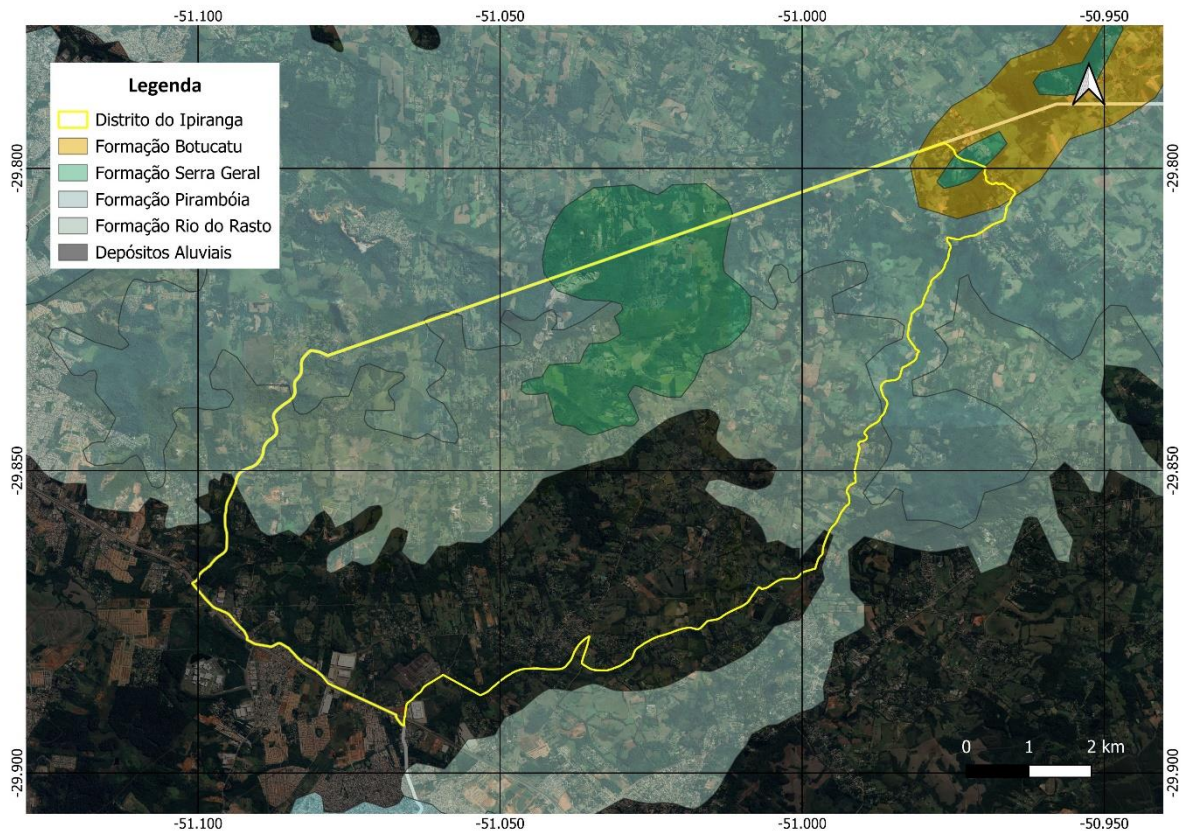


Figura 8 – Imagem de satélite contendo a geologia da região do distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.

Fonte: Google Maps e CPRM.

Formação Rio do Rasto

A Formação Rio do Rasto é constituída pelos membros Serrinha e Morro Pelado. Serrinha tem sua deposição associada a um ambiente transicional constituído por depósitos marinho raso e de planície costeira e apresenta, em sua constituição, arenitos finos, bem selecionados, intercalados com siltitos e argilitos. Morro Pelado está associado a depósitos flúvio-deltaicos, sendo constituído por lentes de arenitos finos intercalados com siltitos e argilitos (ROISENBERG, 2007). Segundo Lavina (1991), no Rio Grande do Sul, os depósitos apresentam características associadas ao Membro Morro Pelado, apresentando arenitos avermelhados depositados em ambiente continental sob condições climáticas oxidantes.

Formação Pirambóia

A Formação Pirambóia é caracterizada como seqüências deposicionais representadas por depósitos flúvio-lacustres-eólicos depositados sobre a Formação Rio do Rasto. É constituída por litologias predominantemente arenosas, friáveis e espessas com uma quantidade reduzida de afloramentos bem preservados. Ocorrem predominantemente, arenitos médios a finos, siltosos, brancos, avermelhados e arroxeados (ROISENBERG, 2008).

Formação Botucatu

A Formação Botucatu juntamente com as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, passaram a compor o Grupo São Bento a partir dos estudos de White (1908) ao longo da Serra do Rio do Rastro em Santa Catarina (ROISENBERG, 2008). A formação abrange um conjunto de sedimentos depositados em ambiente do tipo continental eólico, localmente fluvial, cuja espessura máxima raramente ultrapassa os 100 metros, processo que deu origem ao grande Aquífero Guarani. Quanto à idade dessa formação, pode-se dizer que ela ocorreu no período compreendido entre o Neotriássico e o Neojurássico (FINATO, 2013).

A formação Botucatu caracteriza-se por um espesso pacote de arenitos róseos, composição essencialmente quartzosa, granulometria fina a média, localmente grosseiros, bem selecionados, bimodais, estratificação cruzada tangencial e plano paralela de grande porte, gerados por processos eólicos em ambiente desértico continental (FINATO, 2013). O contato com os basaltos da Formação Serra Geral em sua porção superior é discordante. As melhores exposições desta unidade ocorrem em pedreiras ativas ou desativadas, onde é extraído e explorado como material para a construção civil, e em cortes ao longo das estradas (ROISENBERG, 2008).

Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral tem sua formação associada a um extensivo derramamento de lavas basálticas, de imenso volume em área cratônicas continentais. Na região de Gravataí, as unidades relacionadas ao magmatismo da Formação Serra Geral ocorrem principalmente na metade superior. Foi identificado o predomínio de rochas vulcânicas básicas a intermediárias (Fácies Gramado), principalmente nas regiões de escarpas do planalto. Também há a ocorrência de lavas ácidas (Fácies Caxias) em pequenas áreas ao noroeste e nordeste, na parte mais elevada e plana (ROISENBERG, 2008).

Depósitos Gravitacionais de Encostas (Aluviões e Coluviões)

Os Depósitos Gravitacionais de Encostas (Aluviões e Coluviões) são constituídos de leques aluviais alimentados principalmente pelo Escudo Pré-cambriano. Englobam um conjunto de fácies sedimentares resultantes de processos de transporte associados aos ambientes de encosta de terras altas. São conglomerados, diamictitos, arenitos conglomeráticos, arenitos e lamitos de cores avermelhadas, maciços ou com estruturas acanaladas. As flutuações entre clima árido e úmido no Terciário Superior e Quaternário tiveram grande influência no desenvolvimento deste sistema deposicional (FINATO, 2013).

Quanto aos aspectos geomorfológicos, a área de estudo está situada na Depressão Periférica do Rio Grande do Sul. A formação inicial da Depressão Periférica é explicada por processos erosivos gerados pelo reordenamento da drenagem após a reativação de zonas de falhas que ocorreram, provavelmente, no médio Jurássico e médio Cretáceo, com a fragmentação do continente de Gondwana (SUERTEGARAY; MOURA, 2012).

No interior da região de estudo ocorrem morfologias em superfícies dissecadas, resultando em formas denudacionais como superfícies de feições convexas em colinas e morros e áreas agradacionais com superfícies planas de acumulação como características das feições atuais, resultado de processos morfogenéticos que ocorreram no passado. A configuração espacial da área de estudo mostra uma seção com predomínio de atividades rurais, com ocupação rarefeita sobre superfícies planas entalhadas pela drenagem e que conta com feições geomorfológicas relacionadas aos morros testemunhos dos patamares da Serra Geral, abrangendo os municípios de Gravataí, Novo Hamburgo e Sapucaia do Sul na Região Metropolitana de Porto Alegre (CATTANEO, 2019).

As variáveis pedogenéticas que auxiliam na formação dos solos são constituídas por fatores como material de origem, clima, organismos, relevo, tempo e ação do homem (REINERT et al, 2007). No Rio Grande do Sul, os argissolos vermelhos e argissolos vermelhos- amarelos foram identificados a partir dos substratos do basalto, do arenito e do granito, solos que apresentam um perfil em que o horizonte B sempre é mais argiloso em comparação aos horizontes A ou E, são bem drenados, condicionados pelo clima úmido onde as precipitações pluviais ocorrem bem distribuídas durante o ano (STRECK et al., 2008 apud CATTANEO, 2019).

Na área de estudo, ocorre a formação predominante de solos argilosos, principalmente os argissolos. A densa rede de drenagem na área de estudo remobiliza os sedimentos no interior da bacia hidrográfica da região e os redistribui, contribuindo para a formação de solos com frações arenosas oriundas da intemperização dos arenitos e das frações argilosas originárias principalmente dos basaltos ao longo do tempo geológico. Entretanto, o fator antrópico, ligado ao uso da terra, vem contribuindo para a introdução de objetos originários da produção ou indução humana em camadas superficiais do solo, com reflexos mais marcantes sobre os vales fluviais, originando nestes locais indicadores da ação antrópica em depósitos superficiais mesmo em ambientes com predomínio de atividades rurais (CATTANEO, 2019).

Alguns estudos realizados por Reginato e Strieder (2007), na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, apontaram uma associação entre as ocorrências de alguns minerais como ferro e manganês, e os aspectos morfoestruturais e geomorfológicos. Vales com vertentes e fundos côncavos e altos topográficos representados por superfícies onduladas apresentaram maiores concentrações dessas substâncias nas águas subterrâneas. Os mesmos autores também destacaram uma associação das concentrações desses elementos com regiões de solos do tipo argissolos, cambissolos e latossolos, bem como com a espessura do manto de alteração. Geralmente os mantos de alteração mais espessos apresentam horizonte B argiloso, com concentração de óxidos e hidróxidos de ferro. Nos vales com fundo côncavo há uma tendência da formação de maiores espessuras de solo, além de maior circulação de água pelo manto de alteração, favorecendo no aumento de concentração desses elementos. Sendo assim, concentrações maiores de ferro e manganês apresentam significativa relação com os aspectos morfoestruturais, geomorfológicos e pedológicos. Segundo Hausman (1995), a presença de ferro e manganês nas águas subterrâneas está associada aos processos de decomposição das rochas vulcânicas que possuem minerais ferro-magnesianos. Quando esses minerais são quimicamente intemperizados acabam fornecendo os elementos de ferro e manganês para os solos e, conseqüentemente, para as águas que circulam por eles.

5.1.3. Hidrogeologia

Os trabalhos pioneiros de pesquisa hidrogeológica em escala regional foram conduzidos por Hausman (1995) e Machado & Freitas (2005). O primeiro autor realizou a caracterização das províncias hidrogeológicas do estado, subdividindo-as em subprovíncias e produzindo o Mapa das Províncias Hidrogeológicas do Rio Grande do Sul em uma escala de 1:1.000.000. Por sua vez, o segundo autor desenvolveu, em colaboração com a Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (SEMA), o primeiro mapa hidrogeológico do Estado na escala de 1:750.000. Este mapa definiu os principais aquíferos do estado e os caracterizou quanto às suas potencialidades qualitativas e quantitativas.

Segundo Machado & Freitas (2005), os recursos hídricos subterrâneos que englobam a região do distrito de Ipiranga estão relacionados, em sua maior parte, às unidades hidroestratigráficas dos Aquitardos Permianos, e em menor parte, dos sistemas aquíferos Botucatu/Pirambóia e Sistema Aquífero Basalto/Botucatu, situados nas porções ao norte da região de estudo. No contexto hidrogeológico da área de estudo o sistema aquífero Botucatu/Pirambóia integra o Sistema Aquífero Guarani, enquanto que o Sistema Aquífero Basalto/Botucatu integra o Sistema Aquífero Serra Geral (Figura 9).

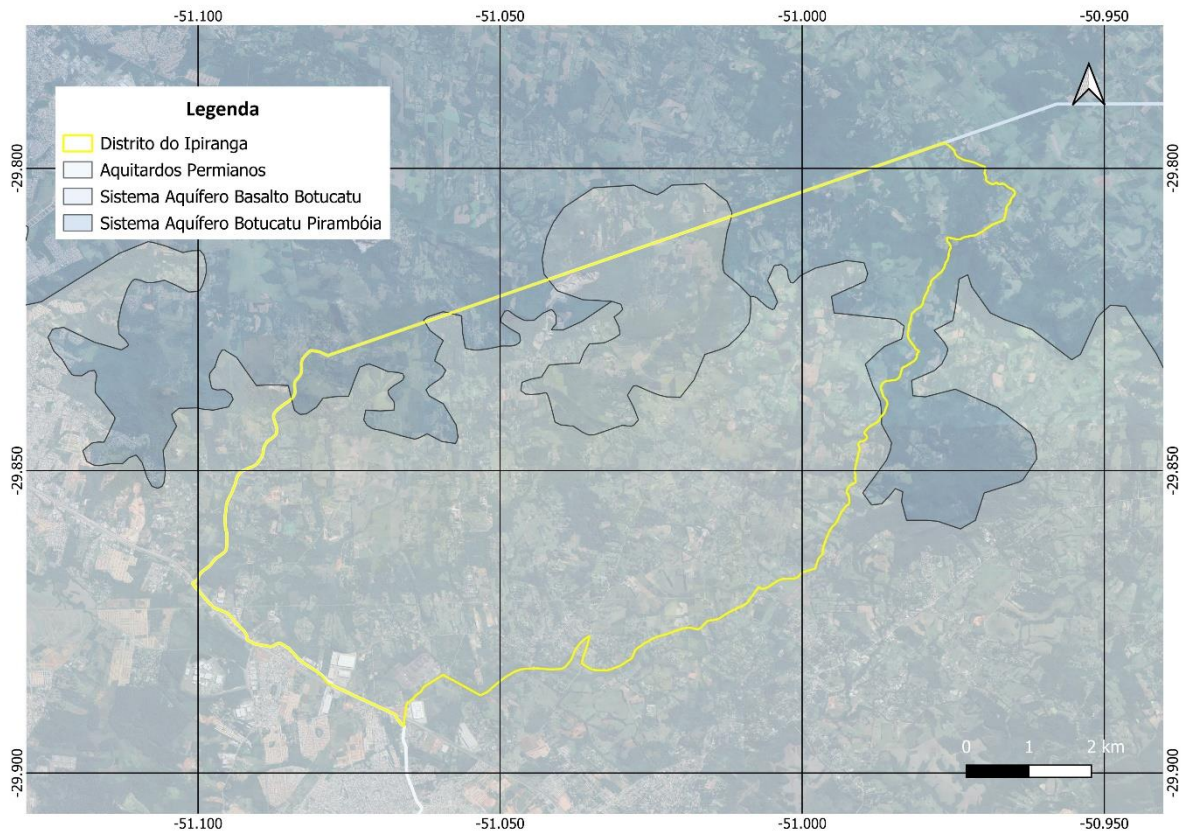


Figura 9 – Imagem de satélite contendo a hidrogeologia da região do distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.

Fonte: Google Maps e CPRM.

Aquitardos Permianos

Os Aquitardos Permianos são classificados por Machado & Freitas (2005) como “aquíferos limitados de baixa possibilidade para água subterrânea em rochas com porosidade intergranular ou por fraturas”. Localizam-se em uma estreita faixa na depressão periférica, circundando o embasamento cristalino, desde Candiota no sul do Estado até Taquara no leste. Tratam-se de siltitos argilosos, argilitos cinza-escuros, folhelhos pirobetuminosos e pequenas camadas de margas e arenitos. Normalmente os poços que captam somente essas litologias apresentam vazões muito baixas ou estão secos. As capacidades específicas são geralmente inferiores a $0,1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ e as águas podem ser duras, com grande quantidade de sais de cálcio e magnésio. Os Aquitardos Permianos constituem-se de siltitos argilosos, argilitos cinza escuros, folhelhos pirobetuminosos e pequenas camadas de margas e arenitos. Normalmente os poços que captam água somente dessas litologias apresentam vazões muito baixas ou estão secos, tendo suas capacidades específicas geralmente inferiores a $0,1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. As águas captadas podem ser duras, com grande quantidade de sais de cálcio e magnésio (Machado & Freitas, 2005).

Os Aquitardos Permianos englobam as Formações Irati, Sub-grupo Estrada Nova e Formação Rio do Rasto, constituindo-se de siltitos argilosos, argilitos cinza escuros, folhelhos pitobetuminosos e pequenas camadas de calcários e arenitos. As capacidades específicas dos poços que captam água deste sistema são normalmente baixas, inferiores a $1\text{m}^3/\text{h.m}$ (Machado & Freitas, 2005). Estas unidades estão sobrejacentes ao Aquífero Rio Bonito, e, por constituírem-se essencialmente de rochas sedimentares finas, são consideradas com aquitardos, possuindo baixíssima condutividade hidráulica. Entretanto, lentes calcárias, camadas de arenitos, planos entre os folhelhos e estruturas frágeis (planos de falhamentos e fraturas) podem promover um aumento da circulação de água nestas unidades. Em função do ambiente deposicional (marinho), associados à mineralogia destas rochas, os Aquitardos Permianos podem se constituir em horizontes contaminantes do Aquífero Rio Bonito, principalmente quando estão em contato com os folhelhos pirobetuminosos da Formação Irati (Hausman, 1995). Suas espessuras na região de São Gabriel, podem atingir até 40 metros, conforme dados de sondagens (Szubert & Toniolo, 1981).

Sistema Aquífero Botucatu/Pirambóia

O Sistema Aquífero Botucatu/Pirambóia é classificado por Machado & Freitas (2005) como “aquíferos com média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas e sedimentos com porosidade intergranular”. Este sistema localiza-se quase que integralmente de Taquari até o município de Santo Antônio da Patrulha, na Região Metropolitana de Porto Alegre. Constitui-se de arenitos médios, róseos, endurecidos em afloramentos e com condições topo-estruturais em geral desfavoráveis para armazenamento de águas. Os arenitos finos a muito finos e avermelhados, são muito argilosos. As capacidades específicas raramente excedem a $0,5\text{ m}^3/\text{h/m}$. As salinidades geralmente são inferiores a 250 mg/l .

Sistema Aquífero Basalto/Botucatu

O Sistema Sistema Aquífero Basalto/Botucatu é classificado por Machado & Freitas (2005) como “aquíferos praticamente improdutivos em rochas com porosidade intergranular ou por fraturas”. Localiza-se na região limite entre a fronteira oeste e a região das missões, entre Santiago, Unistalda e São Borja. Incluem-se também aquelas áreas com morros isolados de basalto sobre arenitos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, tanto na fronteira oeste quanto na porção leste do Estado. São áreas desfavoráveis ao armazenamento de água subterrânea, devido a sua condição topo-estrutural. Os poços são secos ou de baixas vazões.

5.1.4. Uso e Ocupação Do Solo

O distrito de Ipiranga está situado na porção noroeste do município de Gravataí, fazendo divisas com os municípios de Cachoeirinha, Novo Hamburgo, Sapucaia. Os municípios limítrofes à área de estudo integram a Região Metropolitana de Porto Alegre, apresentando elevado grau urbanização e industrialização, onde se concentra mais de um terço da população do Rio Grande do Sul (IBGE, 2022). O distrito é local de passagem para os municípios do entorno, tanto pela rodovia ERS 118, quanto por estradas vicinais através de sua zona rural.

De acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU de Gravataí, 85% da área do distrito de Ipiranga está inserida na macrozona rural do município, enquanto 9% está inserida em zona industrial, porção essa situada às margens da Rodovia ERS 118. O restante, equivalente a 6% da área, está distribuída entre zona de uso misto comercial e residencial, ilhas urbanas e macrozona de preservação ambiental (Figura 10).

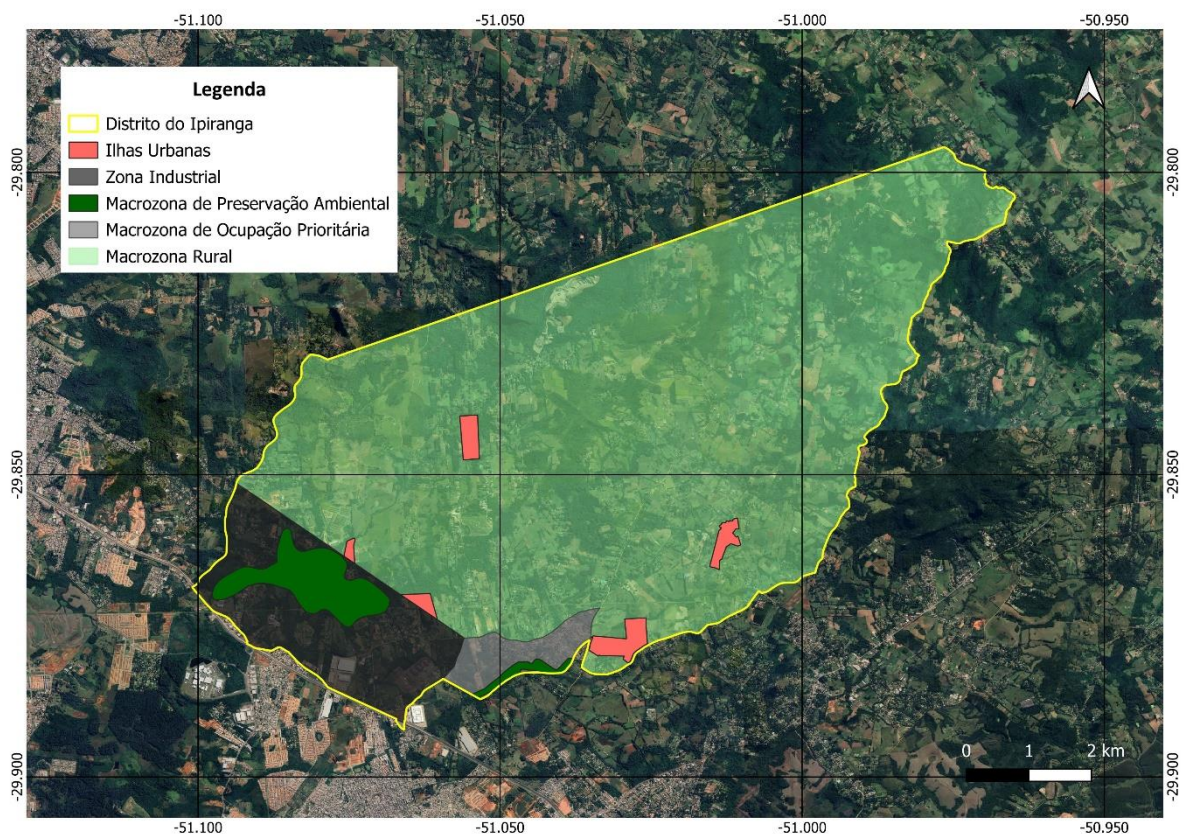


Figura 10 – Imagem de satélite contendo o zoneamento urbano do distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.

Fonte: Plano Diretor Municipal e Google Maps.

Segundo Cattaneo (2019), a densidade demográfica dos municípios integrantes da RMPA situados próximos ao distrito de Ipiranga evidencia uma aglomeração explicada pela instalação de atividades econômicas industriais. De acordo com Plhis (2009 apud BRUBACHER, 2016) a “mobilidade do parque industrial acarreta também uma mobilidade populacional que se expande na direção do trabalho, atraindo também pessoas provindas do interior do Estado para a RMPA, estimulando a proliferação de loteamentos que, de Porto Alegre, se estenderam até Canoas, São Leopoldo e Novo Hamburgo”.

Em termos de população, a área de estudo não apresenta alta densidade populacional, quando comparada a zona urbana do município de Gravataí, por exemplo. No entanto, enfrenta pressões derivadas da maneira como a sociedade se apropria do espaço e das consequências de sua integração ao processo de produção do espaço urbano. Outro fator que contribui para a pressão por interesses sobre os terrenos situados na área de estudo é a interferência da rodovia ERS 118, uma via importante que move as dinâmicas espaciais de circulação de pessoas, bens e serviços entre os parques industriais metropolitanos nos quais está inserido o município de Gravataí.

Próximo à rodovia ERS 118 encontra-se uma área com zoneamento industrial em constante expansão, determinada pelo PDDU municipal. As indústrias estabelecidas no local abrangem diversas atividades econômicas como centrais logísticas, metalúrgicas, centrais de reciclagem, disposição final de resíduos, fabricação de móveis, dentre outras. No distrito de Ipiranga também estão localizados agricultores familiares, que produzem diversas culturas diversificadas para alimentação, criação de animais, hotelaria para cavalos, sítios e parques de lazer privados, além de antigos alambiques ainda ativos. A população que não é absorvida por essas atividades locais acaba buscando emprego em Porto Alegre ou na região metropolitana.

O relevo da região de estudo, segundo Corrêa (2000), com ocorrência de morros de até 340 metros e linha de crista proporciona uma barreira geomorfológica e acarreta relativo isolamento espacial em relação ao sítio urbano metropolitano assentado principalmente sobre áreas deprimidas e planas nos vales dos rios Gravataí e Sinos. No entanto, a área de estudo não escapa à influência dos processos socioeconômicos que ocorrem no ambiente metropolitano. Isso porque a configuração do espaço é fruto de interações complexas entre diversos atores, incluindo o Estado, proprietários de terras, industriais e promotores imobiliários.

De acordo com Cattaneo (2019) a ocupação do solo no distrito de Ipiranga apresenta um setor espacialmente fragmentado, com uso predominantemente rural, com vegetação remanescente que soma aproximadamente 40% da área total entre campos e matas, conservando

a rede de drenagem original e os setores topográficos acima de 200 metros de altitude. Entretanto, desperta atenção a degradação que vem ocorrendo na área das nascentes da região, especialmente na sub-bacia do arroio Santa Tecla, onde foram identificados acelerados processos erosivos nas encostas atravessadas por estradas e assoreamento de canais, banhados e campos.

Projeto de Lei do Novo Plano Diretor

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU do município, Lei Municipal nº 1.541/2000, teve sua última alteração de zoneamento aprovada pela Lei Municipal nº 4.315/2021, entretanto carece da revisão completa dos seus princípios e conceitos, baseada em diagnóstico atualizado, além da inclusão das diretrizes de ocupação para a Zona Rural, atualmente não contemplada. O Plano Diretor é uma Lei Municipal que, de acordo com as diretrizes do Estatuto das Cidades (Lei Federal nº 10.257/2001) e deve ser revisado a cada 10 anos, sendo obrigatório em municípios com mais de vinte mil habitantes, integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas.

O Município de Gravataí, por meio da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SMDUR, deu início ao processo de revisão do seu Plano Diretor no dia 23 de julho de 2021, após a finalização dos procedimentos licitatórios da Concorrência Pública nº 007/2020, que culminaram na contratação do Consórcio Cadaval – CidadeViva para sua elaboração, através do Contrato de Prestação de Serviços CPS nº 044/2021 (GRAVATAÍ, 2021).

A minuta elaborada, referente ao Projeto de Lei do Novo Plano Diretor do município de Gravataí/RS, propõe uma redução da área da Macrozona Rural no distrito de Ipiranga, além de subdividir as zonas rurais do distrito de Ipiranga em Zona Rural de Conservação Ambiental (ZR-3) e Zona Rural Diversificada (ZR-4), de acordo com o nível de restrição ao uso do solo e a necessidade de proteção de seus atributos ambientais. Além da subdivisão da Macrozona Rural, o Novo PDDU proposto estabelece no distrito a Zona de Grandes Equipamentos (ZGE), a Zona de Adensamento 3 – ZA3 e as Áreas de Diretrizes Especiais (ADE) Ilhas Urbanas e Conexão Ambiental (Figura 11). No presente capítulo serão abordadas as principais modificações do PDDU, que possam potencializar os perigos ao abastecimento de água das SAI da região.

Por definição, segundo os Art. 68 e Art. 69 do Projeto de Lei, as Zonas Rurais de Conservação Ambiental (ZR-3 e ZR-4) compreendem a porção do território na qual os parâmetros de uso do solo incidentes serão direcionados para a manutenção do desenvolvimento

rural baseado em práticas agroecológicas, admitindo-se a exploração de atividades de ecoturismo, lazer e recreação, a fim de garantir a preservação ambiental e a manutenção do modo de vida rural. Na ZR-4 acrescenta-se ainda a permissão de instalação de serviços e atividades econômicas de caráter urbano especificados. Nesse sentido, as diretrizes estabelecidas na ZR-4 impedem a realização de atividades com potencial de geração de impactos negativos relevantes para o meio ambiente, especialmente as que representam risco de redução da disponibilidade ou poluição das águas.

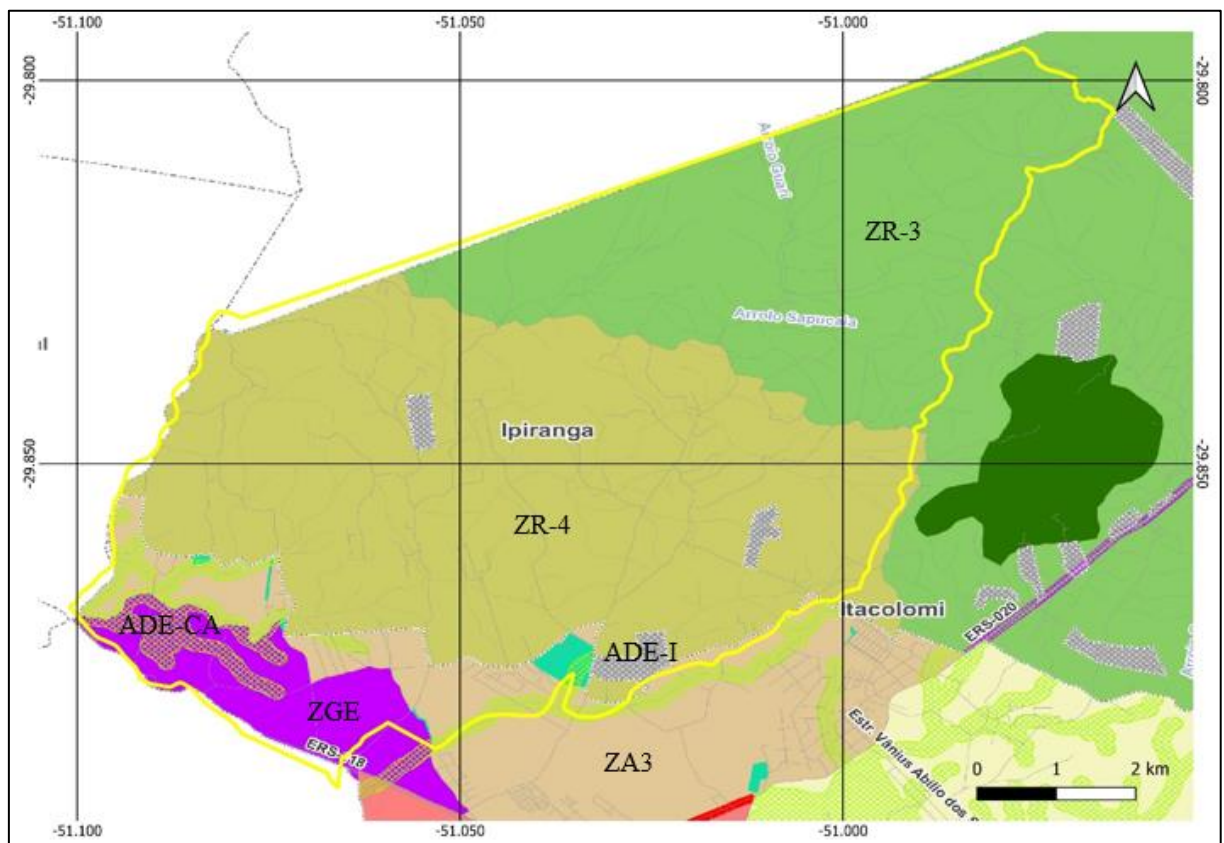


Figura 11 – Imagem de satélite contendo a nova proposta de zoneamento urbano do distrito de Ipiranga, no município de Gravataí/RS.

ZR-4: Zona Rural 4 (diversificada), ZR-3: Zona Rural 3 (conservação ambiental), ZGE: Zona de Grandes Equipamentos, ZA-3: Zona de Adensamento 3, ADE-I: Área de Diretriz Especial Ilhas Urbanas, ADE-CA: Área de Diretriz Especial Conexão Ambiental.

Fonte: Adaptado do Projeto de Lei do Novo Plano Diretor Municipal.

A Zona de Grandes Equipamentos – ZGE, contemplada no Art. 81, identifica áreas nas quais já estão implantadas ou que serão destinadas para a implantação de grandes equipamentos econômicos que sejam caracterizados pela presença predominante de atividades de grande porte e geradoras de impactos ambientais ou urbanísticos de maior relevância – e de uso coletivo. Essas atividades são definidas pelo Grupo 3, abrangendo atividades causadoras de maior

impacto urbanístico ou ambiental e que, por sua natureza, têm potencial de geração de incômodos de maior relevância, bem como de maior atração de veículos e pessoas, abrangendo ainda atividades com alto potencial de geração de impactos ambientais, que geram riscos à saúde ou ao conforto da população ou que sejam de difícil compatibilidade com o funcionamento das atividades urbanas na maioria dos locais. As atividades do Grupo 3 são permitidas unicamente na ZGE e estão sujeitas a normas mais restritivas de instalação.

A minuta proposta define também, em seu Art. 177, os Empreendimentos de Impacto, como sendo aqueles, públicos ou privados, que possam sobrecarregar a infraestrutura instalada, provocar alterações sensíveis na estrutura urbana ou repercussão socioambiental significativa, alterando os padrões funcionais e urbanísticos da vizinhança e do espaço natural circundante. São considerados Empreendimentos de Impacto empreendimentos e atividades como aterros sanitários, complexos industriais, comerciais ou de serviços, dentre outros. O Projeto de Lei estabelece que não serão admitidos Empreendimentos de Impacto, de uso não residencial, na ZR-3, entretanto, não inclui a ZR-4.

Embora o Projeto de Lei defina que as atividades econômicas estabelecidas no Grupo 3 possam operar apenas na ZGE, há uma certa dubiedade quanto ao estabelecido para os Empreendimentos de Impacto, pois não há restrição de instalação desses empreendimentos em áreas rurais como a ZR-4, por exemplo. Dessa forma, caso a minuta do Novo Plano Diretor do município seja aprovada, entende-se que haverá uma flexibilização das atividades causadoras de grande impacto no distrito de Ipiranga, principalmente na ZR-4, a qual sofre com a expansão industrial sobre suas áreas rurais, porém não possui infraestrutura básica para mitigação dos riscos à saúde da população.

5.2. DIAGNÓSTICO DAS ATIVIDADES POTENCIALMENTE POLUIDORAS

5.2.1. Contexto histórico

Segundo Araújo (2017), devido à composição do solo do distrito de Ipiranga, rico em argila e rochas, a região tornou-se foco de intensa atividade mineradora já na década de 1970. Desde o final da década de 1990, a área rural de Gravataí vem se tornando um polo de atração para empreendimentos que degradam o ambiente de forma direta e indireta, os quais vão da mineração de rochas para fins diversos, extração de terra vermelha, passagem do gasoduto Bolívia-Brasil, construção do lixão/aterro e instalação de indústrias (Figuras 12 e 13). Entretanto, apesar da região potencializar as atividades econômicas e gerar empregos, trouxe consigo a necessidade de obras de infraestrutura básica para a população residente.

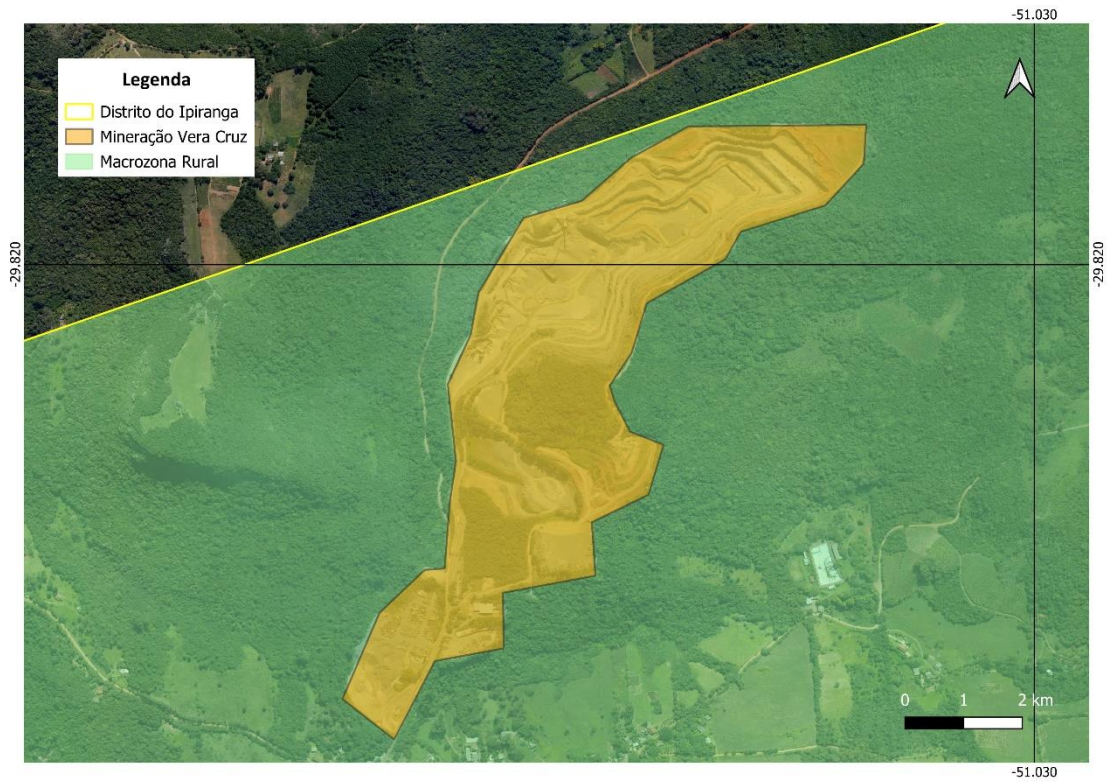


Figura 12 – Imagem de satélite da mineradora existente na região.

Fonte: Google Maps.

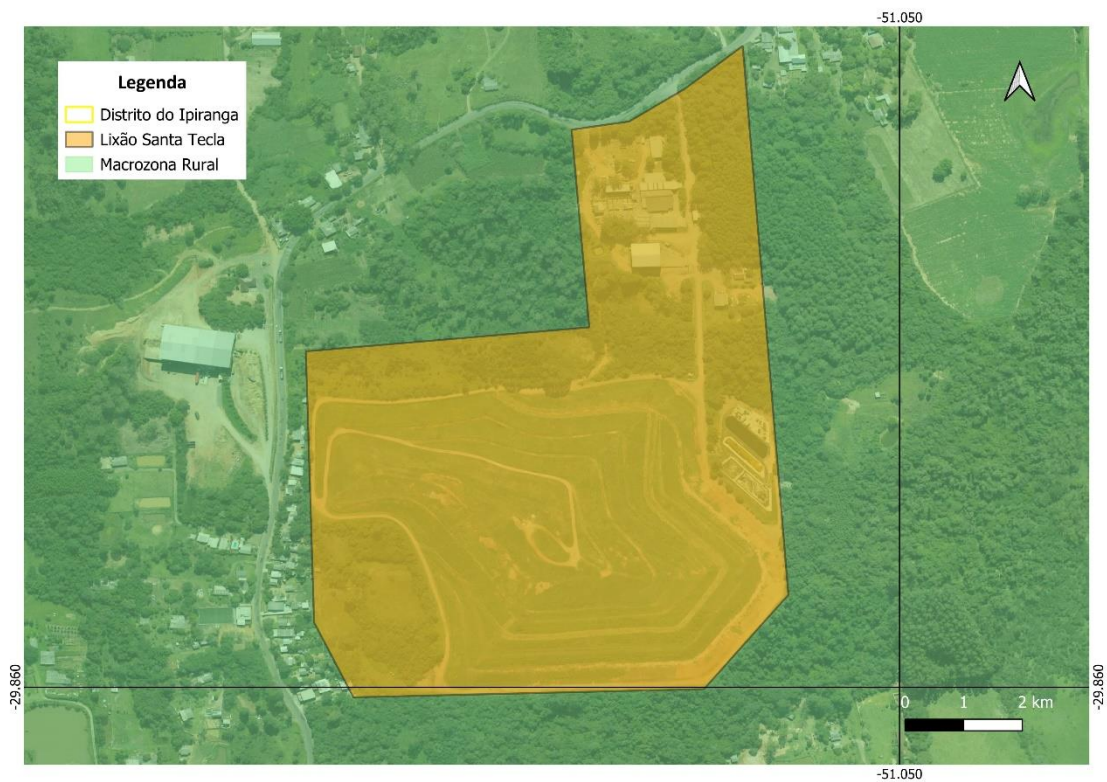


Figura 13 – Imagem de satélite do antigo lixão Santa Tecla e atualmente aterro sanitário.

Fonte: Google Maps.

As casas, antes distantes devido às extensões das propriedades, com o decorrer das décadas e o empobrecimento do meio rural passaram a ser aos poucos vendidas, loteadas ou transformando-se em pequenos sítios de lazer e moradia. Da mesma forma, concomitante a pauperização da população local, as propriedades foram divididas ao longo dos anos devido ao processo de sucessão familiar (ARAUJO, 2017).

Acselrad (2004) e Araújo (2017) afirmam que a seleção de áreas com histórico de baixa visibilidade social, para implantação de algumas atividades econômicas, não é casual. Isso ocorre porque esses lugares, caracterizados pela falta de representatividade política e pela exclusão econômica, são frequentemente designados como "zonas de sacrifício". Essas zonas são onde projetos, inicialmente considerados indesejáveis pela população local, são implantados e acabam atraindo outros investimentos com impactos socioambientais significativos. Isso cria um ciclo vicioso difícil de ser interrompido, especialmente quando não há resistência organizada por parte da comunidade local. Além de possuir um subsolo favorável para certas atividades de mineração e descarte de resíduos, a localização estratégica na fronteira de diversos municípios adjacentes é um fator-chave para a região. Como resultado desse cenário, os danos ambientais combinados com os impactos na população não apenas afastam os residentes atuais e possíveis novos habitantes (tendo em vista o considerável potencial turístico da região), mas também atraem outros empreendimentos com potencial para gerar poluição.

Segundo Araújo (2017), a administração pública municipal tem ignorado ou dado pouca importância à vocação agropecuária da agricultura familiar na região. Apesar da presença da Secretaria de Agricultura e da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater) no município, o corpo técnico é limitado e as iniciativas no setor rural são escassas. Muitas vezes, essas iniciativas estão em desacordo com alternativas de desenvolvimento rural que poderiam aproveitar e valorizar a paisagem natural da Mata Atlântica, assim como a cultura e tradições locais. Enquanto isso, o poder público municipal se omite ao não propor políticas específicas para a comunidade ou para os produtores rurais, tampouco incentiva práticas de produção menos impactantes que já existem na zona rural de Gravataí, como a agricultura policultural e o trabalho familiar. Ao mesmo tempo, sua atuação ajuda a reforçar a condição de invisibilidade social da população residente, ao não atender a comunidade nas suas demandas mais básicas.

5.2.2. Lixão Santa Tecla

Outra atividade de relevante impacto na região foi a instalação do lixão Santa Tecla, também justificado pela composição geológica e hidro-geomorfológica propícia. Segundo

Cotrim e Reichert (2000), somente a partir de 1999 o depósito de resíduos passou a operar como aterro sanitário, recebendo 700 toneladas por dia de resíduos classe II, em uma área de 12 hectares, inicialmente operados e gerenciados pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre (DMLU). Segundo Araújo (2017), o lixão/aterro vem comprometendo o ambiente do entorno faz 20 anos, associado ao passivo ambiental anterior do lixão de mais de uma década, resultando na poluição do ar, do solo, das águas superficiais e subterrâneas.

O lixão Santa Tecla foi alvo de diversas denúncias e irregularidades ao longo dos anos, principalmente pela contaminação direta dos recursos hídricos da região. Em 1993 a contaminação do Arroio Martins e o envolvimento da Prefeitura de Gravataí já eram notícia veiculada site oficial do governo do estado do Rio Grande do Sul, quando, devido à denúncia dos moradores da comunidade de Santa Tecla, o Ministério Público Federal (MPF) ajuizou Ação Civil Pública sobre o despejo de lixo nas imediações do arroio, contaminando o recurso hídrico, entre outras irregularidades ambientais (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Em 2003, outro registro de contaminação ambiental veiculado pelo jornal Diário Gaúcho, que informou sobre a presença de chorume contaminando um arroio. Este problema foi identificado como uma preocupação para a comunidade local e, posteriormente, para as autoridades ambientais, especialmente a Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM. Uma matéria do mesmo jornal mencionou que uma inspeção realizada pela Fepam determinou a remoção, dentro de um prazo de 10 dias, da canalização de chorume do lixão/aterro Santa Tecla, a qual era direcionada para um curso d'água que deságua no arroio Sapucaia (MAGALHÃES, 2003).

De acordo com o estudo realizado por Araújo (2017) sobre os conflitos ambientais causados pelo lixão/aterro Santa Tecla na comunidade rural de Gravataí, o principal abastecimento de água dos moradores da região é realizado através de Soluções Alternativas Individuais, especificamente por poços de pequeno diâmetro. O estudo entrevistou 23 moradores da região, onde, em sua grande maioria, não tomam maiores cuidados quanto aos processos de desinfecção para consumo da água subterrânea captada. O trabalho evidencia que grande parte dos moradores apresenta quadros recorrentes de doenças como diarreia, mal estar e dores de cabeça. Entretanto, os mesmos são considerados problemas normais e cotidianos pela população, fazendo com que a percepção sobre a qualidade da água de abastecimento, para a maioria dos entrevistados, seja considerada boa e sem correlação com os sintomas habituais apresentados pelos moradores. A rejeição à ideia de contaminação da água e a percepção dos problemas de saúde como “normais” foi visível nas entrevistas realizadas por Araújo (2017).

Contudo, enquanto uma parte da comunidade pode não reconhecer as evidências de má qualidade da água como motivo de preocupação, aceitando-a como parte de um padrão aparentemente normal, há aqueles que estabelecem uma ligação entre o aterro/lixão e os problemas de saúde enfrentados pelos residentes. Segundo depoimento de uma ex-professora e ex-diretora da escola da Santa Tecla, eram constantes os casos de crianças da vila que tinha mal estar na escola, com queixas de dores de cabeça, enjoo e problemas gástricos. De acordo com o relato, os casos ocorriam como se fossem pequenos surtos, em que alguns alunos apresentavam sempre o mesmo quadro, ano após ano, com fortes dores de cabeça e, sobretudo, problemas estomacais (ARAÚJO, 2017).

Segundo Araújo (2017), no ano de 2010, a diretora da Escola Municipal de Ensino Fundamental Humberto de Campos (EMEF), situada em frente ao aterro/lixão, solicitou uma análise da qualidade da água de abastecimento da escola. Nessa amostragem, foram detectadas *Vibrio cholerae* e coliformes fecais acima dos limites estabelecidos para consumo humano. A diretora realizou uma denúncia pública junto ao jornal Correio de Gravataí, sobre a situação da contaminação da água de abastecimento da escola, convocando a comunidade escolar, mães e pais para colocá-los a par do problema.

No que diz respeito à prefeitura, Araújo (2017) evidencia uma dualidade de ações, em que por um lado fornece água tratada para a escola, mas por outro lado nega e isenta o aterro/lixão de qualquer responsabilidade pela sua contaminação. Os responsáveis pelo aterro/lixão, por sua vez, utilizam o artifício da negação, enquanto também recorrem ao discurso técnico e de competência.

Embora a pessoa responsável pela fiscalização reconheça os problemas enfrentados pela comunidade, principalmente pela escola, e a poluição da água com coliformes fecais, ela alega não ter conhecimento específico sobre a contaminação dos poços da Escola Humberto de Campos. Da mesma forma, a negação é aplicada em relação ao aterro/lixão, com a afirmação de que não há problemas de qualidade da água causados por ele. Em caso de contaminação, argumenta-se que esta não é resultado da deposição de lixo, mas sim, devido à criação de suínos nas proximidades, exonerando completamente a prefeitura e a administração do aterro/lixão de qualquer responsabilidade.

O estudo supracitado aponta que tanto a deposição de lixo quanto a criação de suínos são atividades que podem causar problemas similares, como o aumento de coliformes fecais e a incidência da bactéria causadora da cólera, sendo plausível que ambas possam estar contribuindo simultaneamente para a contaminação das águas da região. Araújo (2017) afirma

que há uma divergência de entendimento entre poder público e parte dos moradores sobre a responsabilidade da contaminação da água na região, embora não haja nenhum acompanhamento técnico ou estudo detalhado para determinação dos impactos ambientais. Apesar das divergências sobre quem é o culpado pela contaminação, os principais envolvidos parecem concordar que há, de fato, um problema com a qualidade da água.

Araújo (2017) observa que em Santa Tecla houve um padrão consistente de desrespeito às normas técnicas e leis ambientais por parte do consórcio responsável pela administração do lixão/aterro. A fragilidade e as lacunas na legislação ambiental, tanto em sua formulação quanto na fiscalização e punição, levaram à flexibilização e ao não cumprimento de instrumentos regulatórios como o Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) e o Termo de Ajustamento de Conduta (TAC).

Mais uma vez, o caso do aterro/lixão exemplifica as estratégias tanto do setor público quanto privado, que se utilizam de diversos artifícios para contornar ou evitar a aplicação da lei, resultando na continuidade das operações do aterro/lixão sem a devida observância dos instrumentos legais mencionados (EIA/RIMA e TAC). Em última análise, isso foi evidenciado ao longo de muitos anos com o funcionamento do aterro/lixão de Santa Tecla, que operou sem licença e sob liminares, resultando na perpetuação do aterro/lixão como uma situação consolidada.

No ano de 1997 foi realizada a intervenção e interdição do lixão pela prefeitura, e em 1998 o local passou a operar como um aterro sanitário, o que gerou a ampliação da área e desapropriação de terras. Algumas famílias foram retiradas à força e, posteriormente, retornariam ao local do aterro, para constituir a denominada Vila Tripa, formada por habitações sem infraestrutura, com uso clandestino de eletricidade e com abastecimento da água via poço (Araújo, 2017).

Além disso, é importante mencionar os confrontos esporádicos que ocorreram durante o período em que o aterro estava a céu aberto e também durante sua recategorização no final dos anos 1990. Ao longo de mais de 10 anos, a comunidade de Santa Tecla, o poder público e o setor privado estiveram envolvidos em embates até que parte da questão fosse encerrada com o fechamento parcial do aterro/lixão no ano de 2013. O local deixou de ser um depósito de lixo e passou a funcionar como uma unidade de transbordo.

Em 2014, apesar da retórica que promovia a eficiência do "aterro sanitário" em comparação ao antigo lixão, especialmente em termos de controle e utilização de tecnologia,

ocorreu o maior vazamento da história, resultando em um impacto ambiental significativo. Conforme um estudo conduzido pela antiga Fundação Municipal do Meio Ambiente (FMMA), agora SEMA, cerca de 10 mil litros de chorume vazaram e contaminaram o Arroio dos Martins, uma vez que o aterro/lixão está localizado às suas margens. De acordo com o Dossiê do Aterro Sanitário Santa Tecla (ROSA; ROSA, 2004), elaborado pela Associação dos Moradores das Adjacências do Lixão de Santa Tecla (Amalst), o chorume, transportado por um sistema de dutos diretamente para o arroio e controlado por válvulas manuais, nunca foi tratado, resultando em infiltração e contaminação do solo e do aquífero freático, cuja água é utilizada por grande parte da população, especialmente os moradores da Vila Tripa. Além disso, os responsáveis pelo lixão/aterro canalizaram e despejaram clandestinamente o líquido proveniente do lixo nos arroios e nas propriedades circundantes, resultando em sua contaminação (ARAÚJO, 2017).

Atualmente o local abriga uma unidade de transbordo de Resíduo Sólido Urbano - RSU, o qual é armazenado temporariamente em um galpão e posteriormente enviado para destinação final em aterro licenciado no município de Minas do Leão. Também está instalada na área uma central de triagem de resíduos recicláveis, onde catadores e recicladores vinculados à Associação de Resíduos Santa Rita- ARSARI e à Cooperativa de Trabalhadores Carroceiros e Catadores de Material Reciclável - COOTRACAR exercem atividades de separação, beneficiamento e venda de materiais recicláveis para a indústria da reciclagem. Até o ano de 2019 a COOTRACAR não possuía licença ambiental junto ao órgão ambiental, situação essa que foi regularizada através da Licença de Operação n° 104/2019.

Outro fato relevante é a coleta de animais mortos no município, sob responsabilidade da Secretaria Municipal de Serviços Urbanos – SMSU, os quais também são destinados temporariamente para a unidade de transbordo. A reclamação geral acerca do cheiro gerado pelo transbordo é indício de que as irregularidades permanecem e que se isso ocorria durante a operação regular do aterro/lixão, o mesmo pode estar acontecendo com o transbordo (ARAÚJO, 2017).

Araújo (2017) enfatiza que os depoimentos de profissionais técnicos, os testemunhos dos residentes locais e as matérias jornalísticas da época evidenciam de forma incontestável as infrações relacionadas à operação do aterro sanitário/lixão e à utilização, pelo Estado, de mecanismos legais para assegurar sua continuidade. Ainda reforça que as entidades estatais, demonstram omissão, impotência, conivência e participação direta nos problemas decorrentes desses empreendimentos, tanto no aspecto ambiental quanto no social. Segundo o autor os empreendimentos instalados na região adotaram discursos destinados a atrair a população local

com promessas de emprego e melhorias na infraestrutura, apresentadas sob a justificativa de uma suposta "modernização", "progresso" e "desenvolvimento", os quais muito poucos, de fato, se materializaram. Entretanto, para obter alguns desses "benefícios", a região foi submetida compulsoriamente a riscos e danos ecológicos que tiveram um impacto significativo na forma como vivem, não apenas a área circundante do aterro, mas em todo o distrito do Ipiranga e as comunidades dependentes dos afluentes da bacia do rio dos Sinos.

De acordo com Araújo (2017), a comunidade do distrito de Ipiranga está longe de uma realizada democrática e de autonomia de poder de decisão sobre suas demandas, tendo em vista que não recebe adequada atenção por parte das políticas públicas direcionadas às especificidades de uma localidade rural. Pelo contrário, seu histórico, de caráter rural, traços culturais e demandas práticas são frequentemente negligenciados. Araújo (2017) ainda destaca que o distrito de Ipiranga se configura como uma "zona de sacrifício", onde a presença de um empreendimento prejudicial atrai a implantação de outros de natureza similar ou ainda mais danosa, transformando o local em um centro de atração para atividades que acarretam riscos e danos ambientais. Essa situação é exacerbada por mecanismos e instrumentos que funcionam como "alternativas infernais", forçando a comunidade a escolher entre opções desfavoráveis e adotar critérios baseados no que é menos prejudicial, e, em certos casos, até mesmo trágico.

Segundo Araújo (2017) o grande problema da instalação de empreendimentos deste porte é o fato de não compartilharem benefícios justos e duradouros à região impactada, evidenciando um descaso, tanto das empresas que são beneficiadas com ganhos financeiros, quanto do poder público, que diminui seus custos com a destinação dos resíduos. Pelo contrário, os moradores acabam por sofrer com empreendimentos irregulares e altamente impactantes do ponto de vista socioambiental.

Diversos benefícios poderiam ter sido considerados à população local em virtude dos impactos causados pelo empreendimento, como a) melhorias nas estradas locais, incluindo sinalização viária e controle de poeiras; b) desenvolvimento de projetos para garantir rendas alternativas aos moradores; c) investimento na revitalização do turismo rural e recuperação da Mata Atlântica; d) investimento em monitoramento e planos de recuperação ambiental de cursos hídricos superficiais e subterrâneos; e e) principalmente investimentos em saneamento básico e fornecimento de água potável, garantindo saúde e qualidade de abastecimento para a população da região. No entanto, tais metas não estavam entre as opções e prioridades dos representantes da prefeitura e do consórcio que o geria. Em vez disso, prevaleceram o

desrespeito, a indiferença, a dissimulação, o descaso e a manutenção de um estado permanente de irregularidade, com o descumprimento das leis e normas (Araújo, 2017).

Em virtude de constantes ações de grupos da comunidade do distrito de Ipiranga, no ano de 2007 foi sancionada a Lei Municipal nº 2643/2007 que proibia o Poder Público Municipal de Gravataí, por seus órgãos competentes, a qualquer título, construir e/ou autorizar, conceder ou permitir a construção de Central de Resíduos de qualquer natureza, bem como de Aterro Sanitário, na zona definida pelo Plano Ambiental de Gravataí como Patamares da Serra Geral, que incluem as regiões conhecidas como Costa do Ipiranga e Santa Tecla. Entretanto, no ano de 2010 a supracitada Lei foi revogada através da Lei Ordinária nº 3073/2010.

Fica evidente através dos estudos analisados que as políticas públicas do município de Gravataí ignoram completamente as reivindicações da comunidade do distrito de Ipiranga, promovendo a instalação de empreendimentos indesejáveis aos moradores, sem consideração aos aspectos locais significativos, com a justificativa de desenvolvimento para a região. Segundo Araújo (2017), além de impor à região a instalação de empreendimentos com alto potencial poluidor, o poder público desconsidera o alto potencial turístico e agrícola da região, com presença de agricultores familiares e da agricultura orgânica, com potencial para estudos nas áreas de antropologia, sociologia e desenvolvimento rural, contendo ainda a presença de um quilombo e de um cemitério jesuíta. Além disso, garantir a segurança da qualidade da água da população local deveria ser a prioridade do poder público, tendo em vista a falta de infraestrutura de saneamento da região.

Através do histórico dos empreendimentos instalados na região, bem como do levantamento dos processos de licenciamento ambiental existentes, fica evidente que o distrito de Ipiranga sofre cada vez mais com a descaracterização de sua área rural e de sua população local tradicional. Desta forma, com a perda da qualidade ambiental e com a piora do estado de saúde dos moradores, os mesmos estão sendo forçados gradativamente a deixar a região onde vivem.

5.2.3. Parque Ambiental Gravataí

Atualmente, está em processo de implementação na região do distrito de Ipiranga o empreendimento denominado “Parque Ambiental Gravataí”, o qual, segundo a empresa responsável, busca atender a carência de destinação final adequada de resíduos de qualquer natureza, na RMPA. A área prevista para instalação do empreendimento apresenta significativa dimensão, com 266,4 hectares, segundo o EIV elaborado (Figura 14).

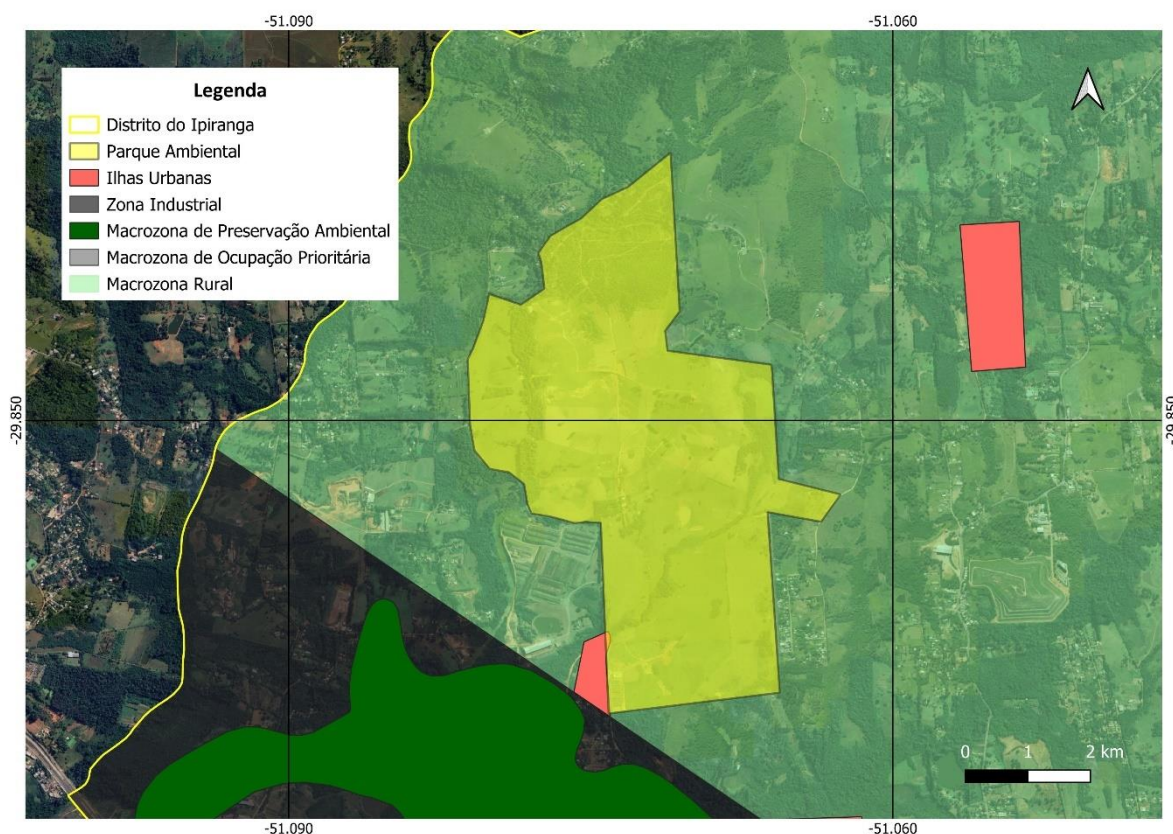


Figura 14 – Imagem de satélite com a delimitação da área prevista para instalação do Parque Ambiental Gravataí, no interior da Macrozona Rural.

Fonte: Google Maps e SEMA Gravataí.

O Estudo de Impacto de Vizinhança é um instrumento do planejamento urbano municipal e sua finalidade está diretamente relacionada à previsão dos impactos, em especial os negativos, indesejados, que determinada atividade pode provocar no seu entorno. A elaboração do EIV do empreendimento foi determinada pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SMDUR de Gravataí.

O empreendimento é subdividido em 10 unidades principais, sendo elas uma Unidade de Resíduos Urbanos (URU); uma Unidade de Resíduos Industriais (URI); uma Unidade de Resíduos da Construção Civil e Central de Recebimento de Poda (URC); uma Unidade de Resíduos de Saúde (URS); uma Unidade de Resíduos Eletrônicos (URE); uma Unidade de Tratamento de Efluentes (UTE); uma Unidade Termelétrica a Biogás (UTB); uma Unidade de Triagem Automatizada (UTA); um Complexo Industrial de Resíduos; e um Parque Fotovoltaico, evidenciando um grande complexo de gerenciamento de resíduos de diversos tipos, com alto potencial poluidor e porte excepcional.

A principal justificativa para instalação do empreendimento está correlacionada à Portaria FEPAM n° 35/2020, a qual dispõe sobre critérios e diretrizes gerais, bem como define os

estudos ambientais e os procedimentos básicos a serem seguidos no âmbito do licenciamento ambiental para a atividade de aterros sanitários. De acordo com a Portaria supracitada e pelo "Mapa de Diretrizes para o Licenciamento Ambiental de Aterros Sanitários no Estado do Rio Grande do Sul", disponibilizado pela FEPAM, o Parque Ambiental se encontra em zona de "Muito baixa" de sensibilidade ambiental, tendo em vista as características geológicas locais como solo argiloso pouco espesso, superfície freática ausente, baixa suscetibilidade à erosão e baixo gradiente topográfico.

Segundo o EIV elaborado para o empreendimento, outra justificativa dada para sua implantação é a suposta geração de valor para a comunidade local, dada como fundamental para a consolidação do projeto, a qual promoverá um ambiente corporativo que atenda às necessidades das populações circunvizinhas. Segundo a empresa, as ações serão voltadas à mitigação de quaisquer impactos negativos e a potencialização dos efeitos sinérgicos positivos que o empreendimento possa gerar através da consolidação de toda a cadeia de gestão de resíduos em um único parque.

O EIV informa que o local previsto para o empreendimento apresenta uma posição geográfica privilegiada em relação aos centros urbanos da região, proporcionando economia relevante aos municípios da região metropolitana de Porto Alegre em virtude da proximidade para destinar seus resíduos sólidos urbanos. Essa talvez seja a principal justificativa para implantação do empreendimento, tendo em vista os aspectos econômicos relacionados tanto para a empresa responsável quanto para o município de Gravataí. O estudo elaborado apresenta que no entorno da área do "Parque Ambiental" já existem empreendimentos que operam no mesmo setor, como o antigo aterro sanitário Santa Tecla e a central de resíduos Pró Ambiente. O EIV ainda reforça que o empreendimento já se encontra em "uma região com vocação para tal atividade".

A Portaria FEPAM n° 35/2020 ainda define os critérios para o licenciamento ambiental da atividade, conforme classificação quanto à sensibilidade ambiental e características do local, considerando as condições estabelecidas pelo Mapa de Diretrizes e o porte do empreendimento. Nesse contexto, considerando o porte excepcional do empreendimento e a classificação da área com sensibilidade definida como "Muito Baixa", o licenciamento ambiental está sendo realizado através de Relatório Ambiental Simplificado (RAS) ao invés de Estudo Prévio de Impacto Ambiental e Relatório do Impacto Ambiental - EIA/RIMA. De fato, a legislação supracitada apresenta simplificações para o licenciamento ambiental da atividade de aterro sanitário em alguns casos específicos, entretanto, parece haver uma interpretação equivocada

do poder público quanto à complexidade das atividades envolvidas no “Parque Ambiental Gravataí”.

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) compreende o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA). Nesse sentido, é fundamental para a correta investigação e prospecção dos impactos a serem gerados, cujo diagnóstico orientará e servirá de base para a decisão acerca da viabilidade ambiental do projeto por parte do órgão licenciador, bem como definição das condicionantes, medidas de monitoramento, compensação e mitigação dos referidos impactos (BARAZETTI, 2022).

Segundo De Araújo (2015), o licenciamento ambiental é o processo administrativo mediante o qual o órgão ambiental competente licencia a implantação, a ampliação e a operação de empreendimentos potencialmente causadores de degradação do meio ambiente, sendo efetivado perante o órgão ambiental federal, estadual ou municipal, conforme as definições da Lei Complementar nº 140/2011. A LC nº 140/2011 “fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora”.

No Estado do Rio Grande do Sul, a legislação que determina a competência e análise das atividades de licenciamento ambiental é a CONSEMA nº 372/2018, juntamente com suas alterações, em que define o potencial poluidor e porte de cada atividade. Nesse sentido, verifica-se que apenas empreendimentos de pequeno porte estão associados aos impactos locais, sendo licenciados sob competência municipal.

Segundo o EIV elaborado as diferentes atividades previstas no “Parque Ambiental Gravataí” estão sendo licenciadas de forma individual, havendo uma distinção de cada uma delas no interior do complexo, fazendo com que algumas atividades previstas sejam licenciadas ora sob competência municipal e outras com maior potencial poluidor sob competência estadual, na figura da FEPAM.

A própria Portaria FEPAM nº 35/2020 determina o conceito de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, definindo como o local de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde e à segurança pública, minimizando os impactos ambientais negativos, com instalação de drenagem e tratamento de efluente e gases, drenagem pluvial,

impermeabilização, compactação e cobertura dos resíduos. A legislação também define o conceito de resíduos sólidos urbanos, sendo o conjunto de resíduos que contempla resíduos domiciliares, de limpeza urbana e de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços.

A partir dos conceitos estabelecidos na legislação fica evidente que parece haver um equívoco por parte do poder público na condução dos processos de licenciamento ambiental. Fica evidente que o “Parque Ambiental Gravataí” compreende não apenas uma atividade de aterro sanitário, passível de simplificação dos estudos ambientais necessários ao licenciamento, mas sim um grande complexo de gerenciamento de resíduos, incluindo não somente a disposição final do RSU, mas também com uma central de tratamento de efluentes e disposição final de resíduos industriais, além de um aterro de resíduos de saúde. Tais informações são confirmadas inclusive pela empresa responsável através de seus materiais de divulgação, bem como pelo EIV elaborado.

Ao longo do tempo, múltiplos empreendimentos, de mesma natureza ou diversos, podem ser planejados e construídos para uma mesma região, promovendo uma soma de impactos que podem interagir negativamente na qualidade do meio ambiente daquela localidade. A essa condição, denominada cumulatividade ou sinergia de impactos, os órgãos licenciadores devem especial atenção, destacadamente quanto aos estudos exigidos (BARAZETTI, 2022).

Segundo Sánchez (2020) apud Barazetti (2022), os impactos cumulativos (ou acumulativos) “são aqueles que se acumulam no tempo ou no espaço, como resultado da adição ou da combinação de impactos decorrentes de uma ou de diversas ações humanas”. Os autores destacam que a somatória de impactos da mesma natureza (cumulatividade) ou a interação de impactos diferentes (sinergismo) são fatores que devem ser analisados no âmbito do licenciamento quando oferecerem riscos à qualidade dos componentes ambientais relevantes. Sejam oriundos de um mesmo projeto (cumulatividade intraprojeto) ou de projetos distintos (cumulatividade interprojetos), esses impactos se tornam significantes quando concentrados espacial e simultaneamente, pois promovem, numa acepção aditiva, um impacto resultante de maior intensidade, duração ou extensão espacial (SÁNCHEZ, 2020).

De acordo com Sánchez (2020), é imprescindível que a avaliação individual dos impactos de um projeto considere os outros projetos na mesma região, sob pena de decidir-se o licenciamento (ou investimento) sem a informação ou as análises ambientais completas. Essa posição também é defendida por Eduardo Fortunato Bim (2020), quando comenta que a identificação da cumulatividade e sinergia dos impactos deve ser considerada na preparação do estudo ambiental quando da análise dos projetos subsequentes, de forma que, “quando se instala

o segundo empreendimento, o seu EIA tem que considerar a existência do primeiro, e analisar ambos globalmente”.

Conforme afirmado por Sánchez (2020), é fundamental que a avaliação dos impactos individuais de um projeto considere os outros projetos na mesma área, de forma a evitar decisões de licenciamento (ou investimento) sem informações ou análises ambientais completas. Esta visão também é compartilhada por Eduardo Fortunato Bim (2020), que salienta a importância da identificação da cumulatividade e sinergia dos impactos durante a elaboração do estudo ambiental para análise dos projetos subsequentes. Dessa forma, quando um segundo empreendimento é proposto, seu Estudo de Impacto Ambiental (EIA) deve considerar a existência do primeiro e analisar ambos de forma abrangente.

A bibliografia refuta a prática do fracionamento, muito comum em diversos países, e aponta exemplos de divisão em fases ou etapas para burlar a legislação, como a construção de rodovias “divididas em lotes para escapar da obrigatoriedade de um EIA”, terminais portuários construídos em etapas ao longo do tempo, avaliadas separadamente (SÁNCHEZ, 2020). Quando detectadas as propriedades cumulativas ou sinérgicas de projetos únicos ou conjuntos que possam afetar os bens ecológicos, deve-se avaliá-los e licenciá-los de forma conjunta, considerando o impacto global como parâmetro para a concessão das licenças (BARAZETTI, 2022).

Assim, segundo Barazetti (2022), adquirem especial importância para a validade dos licenciamentos a real e efetiva participação da população afetada, a transparência por parte dos proponentes do projeto (enquanto responsáveis pelos estudos) e do órgão licenciador, bem como a fiscalização pelo Ministério Público, último responsável pela tutela dos direitos do meio ambiente, ainda que não exclusivamente.

Atualmente, está em andamento um Inquérito Civil (Processo nº 00783.001.317/2022), junto ao Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, para apurar denúncias sobre possíveis irregularidades durante a instalação do empreendimento. Segundo Parecer Técnico elaborado pela Unidade de Assessoramento Ambiental do Ministério Público Estadual, o empreendimento apresenta diversos problemas com a disposição irregular de resíduos sólidos, intervenções irregulares em Áreas de Preservação Permanente, operação sem o devido licenciamento ambiental, além de irregularidades construtivas. Os problemas constatados ocasionaram a interdição temporária das atividades, bem como a necessidade de um Plano de Recuperação de Área Degradada em parte do empreendimento.

Conteúdo do Estudo de Impacto de Vizinhança

Ao analisar o uso e ocupação do solo da AID, o EIV do empreendimento “Parque Ambiental Gravataí” avalia que as construções são, em sua maioria, casas, sítios e chácaras com grandes lotes e áreas vegetadas, com algumas zonas de maior concentração habitacional, onde a maior parte dos estabelecimentos comerciais dentro da AID são voltados ao lazer e pequeno comércio, que atendem a população local.

De acordo com os dados apresentados no estudo supracitado, a Área de Influência Direta do empreendimento foi definida através de um buffer de 1 km a partir dos limites da área do projeto. O estudo apresentou um diagnóstico do abastecimento de água e do sistema de coleta e tratamento de esgoto dessa região, onde avalia o índice de adequabilidade dos serviços, elaborado por Soares et al. (2021), o qual atribuiu pesos para os diferentes tipos de infraestrutura do local, a partir dos dados do IBGE (2010) para os setores censitários.

Para análise do sistema de abastecimento de água foram atribuídos pesos à tipologia, que variava entre rede (maior peso), poço ou nascente, cisternas ou outra forma de abastecimento (menor peso). Esses pesos foram multiplicados pela quantidade de domicílios atendidos por cada tipologia, em cada setor censitário, e divididos pelo total de domicílios por setor. Os resultados evidenciaram que na zona rural do município, na qual a AID estava contemplada, todos os setores ficaram com baixa ou baixíssima adequabilidade, principalmente pela inexistência de rede de abastecimento de água. Dessa forma, o estudo avaliou que a população residente na AID obtém a sua água principalmente de poços e corpos hídricos superficiais.

Já para a análise do sistema de coleta e tratamento de esgotos domésticos, os pesos foram distribuídos entre redes, fossa séptica, fossa rudimentar, vala, cursos hídricos, outro escoadouro e “sem banheiro de uso exclusivo nem sanitário”. A situação da zona rural do município apresentou índice de adequabilidade considerado baixíssimo, com índice pior do que o analisado para abastecimento de água, resultante principalmente pela falta de rede coletora ou até mesmo de fossas sépticas em locais levantados pelo Censo de 2010.

Dessa forma, o estudo conclui que, na zona rural, praticamente todos os setores censitários foram classificados como “frágil” ou “muito frágil” a medida em que se afastam do centro urbano, resultado da inexistência de rede de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgotos. Segundo o estudo elaborado, os serviços de abastecimento de água e de coleta cloacal e pluvial são deficientes ou inexistentes na região, de forma que a maioria dos habitantes

adota soluções individuais para suprir essas necessidades, como poços para abastecimento e foças sépticas.

Quanto à avaliação hidrogeológica apresentada, a presença de aquíferos subterrâneos na área do empreendimento e na área de influência direta estão associadas diretamente às litologias e às condições de relevo existentes no local. Segundo o estudo, no contexto local, a recarga de águas subterrâneas pode ser tipificada essencialmente como decorrente da infiltração superficial da precipitação pluviométrica e pela presença dos corpos d'água superficiais existentes na área da gleba.

Por fim, o estudo também apresenta uma matriz de impactos da atividade prevista, a qual buscou identificar também, os riscos da implantação do empreendimento sobre a saúde, o bem-estar e o meio ambiente. Embora evidenciado no estudo que o abastecimento de água é uma fragilidade local, a matriz de impactos desconsidera completamente este fator, não havendo qualquer menção dos impactos e riscos do empreendimento à qualidade da água de abastecimento da população.

Quanto ao prognóstico de uso e ocupação, o estudo avalia que com a intensificação das atividades do Parque Ambiental é projetado um crescimento populacional, juntamente com a alteração do perfil da região, onde chácaras residenciais deverão ser gradativamente substituídas por indústrias, comércios e serviços. Tal fator evidencia cada vez mais a necessidade do amplo debate da implantação do empreendimento e uma avaliação rigorosa do poder público quanto ao licenciamento ambiental da atividade, não somente pela escassez atual de infraestrutura de saneamento básico da região, mas com a potencialização dos riscos associados à implantação do “Parque Ambiental Gravataí”. Dessa forma fica evidente que a atividade prevista no local se trata de um grande complexo de gerenciamento de resíduos que modifica e impacta significativamente a região rural de Gravataí, não apenas sob o ponto de vista ambiental, mas também social, intensificando os riscos de abastecimento de água na região.

Sendo assim, o licenciamento ambiental da atividade deveria considerar tal magnitude do empreendimento e os amplos riscos envolvidos, sendo conduzido de maneira integrada, através de elaboração de EIA/RIMA, com amplo debate com comunidade através de audiências públicas. A flexibilização do licenciamento ambiental das atividades do Parque Ambiental, somado à alteração do Plano Diretor Municipal, podem potencializar os perigos sobre as SAI do distrito de Ipiranga, dada a inexistência de infraestrutura básica de abastecimento de água.

5.2.4. Atividades licenciadas na SEMA e FEPAM

De acordo com o levantamento de dados junto à SEMA Gravataí e FEPAM, além do “Parque Ambiental Gravataí”, o qual se encontra em processo de instalação e conta com 5 atividades licenciadas, existem outros 50 empreendimentos licenciados na região do distrito de Ipiranga, totalizando 55 atividades vigentes com licenciamento ambiental (Figura 15). Os empreendimentos licenciados abrangem uma diversidade de atividades econômicas, apresentando significativo potencial poluidor nos mais diversos portes, segundo definição da legislação ambiental vigente.

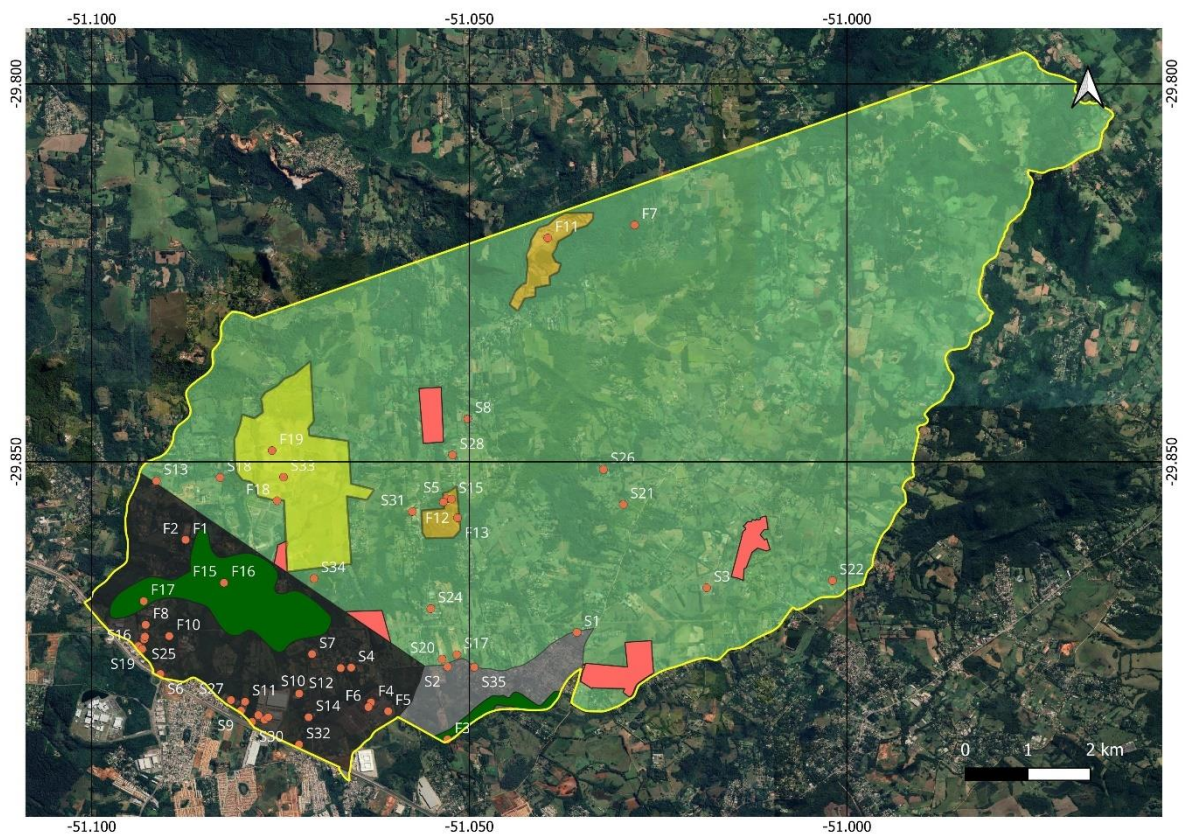


Figura 15 – Imagem de satélite como identificação das atividades licenciadas junto aos órgãos ambientais na região do distrito de Ipiranga.

Fonte: Google Maps, SEMA Gravataí e FEPAM.

Dentre as 55 atividades licenciadas (Apêndice B), 29% apresentam alto potencial poluidor e 49% são consideradas com médio potencial segundo a Resolução CONSEMA 372/2018, totalizando 43 atividades com significativo potencial de impacto ambiental no distrito de Ipiranga. As atividades consideradas pela resolução como baixo potencial poluidor representam 22% da totalidade. As atividades consideradas com alto potencial poluidor envolvem principalmente a disposição final de resíduos, dos mais diversos tipos, bem como indústrias que utilizam produtos químicos em sua operação.

Apesar de uma pequena porção geográfica do distrito de Ipiranga ser considerada como zona industrial, observa-se que grande parte dos empreendimentos licenciados se encontra em zona rural ou até mesmo em zonas de preservação ambiental definidas pelo Plano Diretor Municipal. Tal fato evidencia o movimento constante do poder público para a liberação de atividades e empreendimentos industriais na região, bem como o crescimento da mancha urbana exercida pela Região Metropolitana de Porto Alegre, ocasionando uma descaracterização da zona rural do município, bem como a modificação de áreas de preservação ambiental significativas, definidas como prioritárias no Plano Diretor Municipal.

A modificação do ambiente rural traz consigo um importante debate e necessidade de investimentos imediatos na infraestrutura de saneamento básico do distrito. O avanço das atividades econômicas e das manchas urbanas coloca cada vez mais em risco a saúde da população, que não possui sistema de tratamento de efluentes domésticos, bem como rede de abastecimento de água potável. Além disso, colocam cada vez mais em risco a qualidade da água captada pelas soluções alternativas coletivas e individuais da região.

Na região do distrito de Ipiranga também existem atividades com significativo impacto ambiental as quais não estão licenciadas junto aos órgãos ambientais competentes, caracterizando do ponto de vista legal, operações irregulares. Por meio de vistoria e imagens de satélite também é possível evidenciar diversas atividades econômicas sem registro de licenciamento junto aos órgãos ambientais.

De acordo com os dados disponibilizados pela SEMA Gravataí existem quatro cemitérios antigos na região de estudo, os quais não possuem qualquer tipo de tratamento dos efluentes gerados e situados muito próximos a aglomerações residenciais. Também foram verificados 20 loteamentos e núcleos residenciais desordenados cadastrados, consolidados na área de estudo, em desacordo com a Lei Federal 6.766/1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Atualmente existe uma demanda crescente de loteamentos e ocupações residenciais irregulares na região rural de Gravataí, onde o licenciamento dessas atividades não é permitido por lei (Figura 16). Essas ocupações irregulares não possuem correto sistema de tratamento dos efluentes sanitários, bem como adequado sistema de abastecimento de água, feito através de poços irregulares sem processo de desinfecção.

Segundo a SEMA diversas denúncias ocorrem todos os meses, informando sobre os impactos ambientais causados pelas atividades irregulares de parcelamento de solo na área rural do município, como supressão irregular de vegetação, falta de infraestrutura de saneamento básico, abastecimento de água e até mesmo ocupação de APPs.

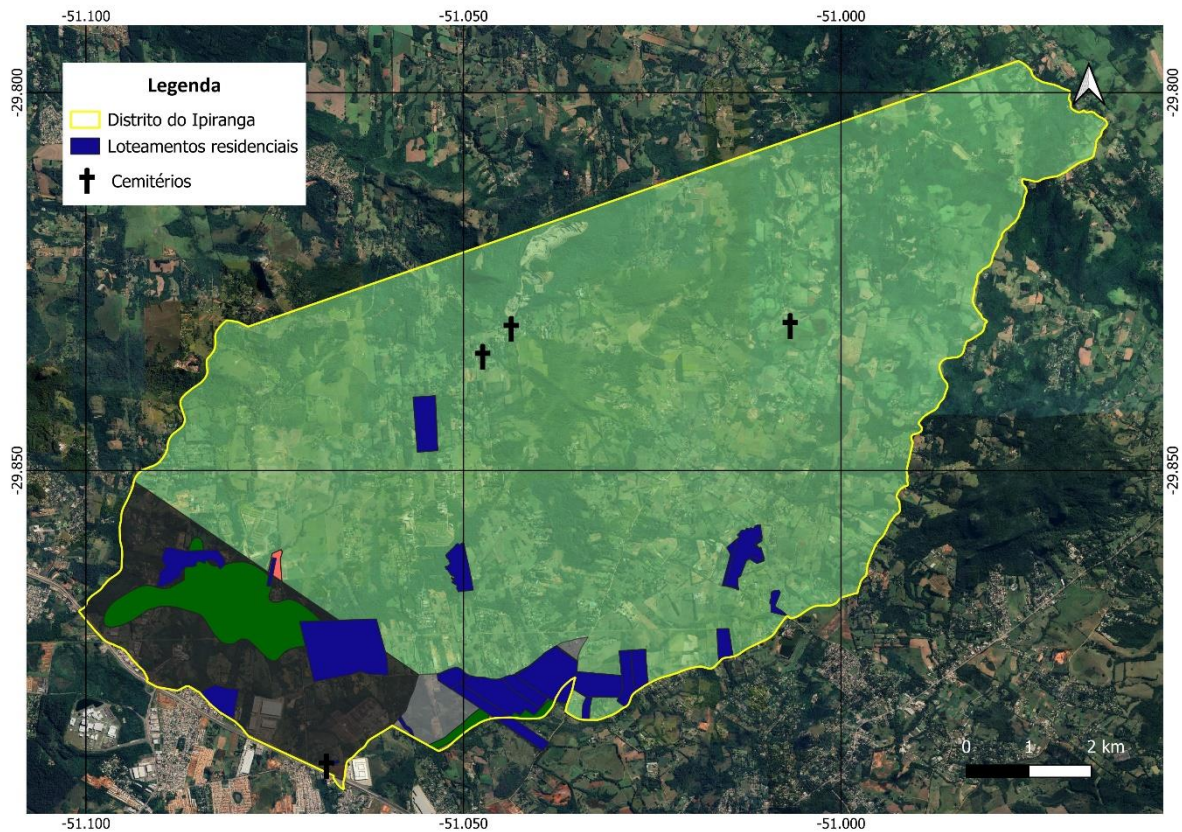


Figura 16 – Imagem de satélite contendo a identificação dos cemitérios existentes e dos loteamentos residenciais (em azul) cadastrados junto à SEMA.

Fonte: Google Maps e SEMA Gravataí.

A crescente instalação de atividades industriais na região rural do distrito de Ipiranga, está ligada de forma intrínseca à implementação de loteamentos residenciais irregulares, principalmente pela necessidade de prover moradia aos trabalhadores. Com isso, os riscos ao sistema de abastecimento de água da região são cada vez mais potencializados, pois tanto a implantação das atividades econômicas, quanto as residenciais não apresentam infraestrutura básica de saneamento. Além disso, diversas atividades industriais instaladas na região são classificadas com alto potencial poluidor, devendo apresentar um rígido controle operacional e monitoramento da qualidade ambiental, de forma a evitar a ocorrência de impactos ao ambiente em que se encontram.

Tendo em vista a fragilidade e os diversos problemas existentes nas soluções alternativas individuais de abastecimento de água da região, o correto licenciamento ambiental das atividades se torna ainda mais importante, sendo uma ferramenta crucial de controle e monitoramento das fontes poluidoras. Nesse sentido, qualquer flexibilização e condução incorreta dos processos licenciatórios podem potencializar os riscos à saúde da população, por meio de possíveis contaminações do sistema de abastecimento de água da região.

Não havendo um investimento do poder público ou exigência de contrapartidas justas aos empreendimentos quanto à infraestrutura de abastecimento da região, as atividades irão fomentar uma piora significativa na qualidade ambiental local, com o incremento de unidades residenciais sem tratamento de efluentes domésticos, aumento da instalação de poços subterrâneos para abastecimento de água em desacordo com os padrões estabelecidos em norma, além dos riscos de contaminação associados diretamente à operação das atividades industriais e principalmente do “Parque Ambiental”, um empreendimento de porte excepcional e que possui um altíssimo potencial poluidor.

5.3. ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO

5.3.1. Plano Municipal de Saneamento Básico

A revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Gravataí foi realizada com base no PMSB de 2014, sendo elaborada por equipe multidisciplinar entre as secretarias envolvidas. A revisão ocorreu com foco direcionado à atualização dos dados do sistema de abastecimento de água do município.

Os serviços inserem-se no contexto da Lei Federal nº 11.445/07 e Lei Federal nº 14.026/2020 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Federal de Saneamento Básico. Também destaca-se o Decreto nº 7.217/2010, que estabelece diretrizes gerais da política pública e define o acesso aos serviços de saneamento básico para os quatro eixos como um dos componentes do direito à cidade. O PMSB tem por objetivo estabelecer o planejamento de ações e projetos de saneamento de maneira a que esteja em concordância com os princípios norteadores da política nacional e estadual de saneamento, assegurando recursos para a sua universalização de forma gradual e progressiva do acesso aos serviços públicos de água, contribuindo para a promoção da saúde, para a qualidade de vida da população e o desenvolvimento do município (PMSB, 2023).

De acordo com o PMSB, o sistema de abastecimento público de água se restringe à área urbana e às regiões rurais mais próximas desta, ou ao longo de vias importantes que tenham rede de abastecimento disponível, sob responsabilidade da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). Na zona rural, o sistema de abastecimento de água é realizado através de Soluções Alternativas Individuais (SAI), utilizado por água subterrânea, em sua maioria por poços de pequeno diâmetro. Segundo o PMSB, a concessão dos serviços realizados pela CORSAN é para a zona urbana e áreas adjacentes ou conglomerados urbanos próximos, como, por exemplo, a ilha urbana da Morungava.

A zona rural do município de Gravataí é composta pelos distritos de Ipiranga, Itacolomi, Morungava e Barro Vermelho. De acordo com o Censo Demográfico (IBGE, 2010), a população rural possui 12.163 habitantes, residindo em 4.091 domicílios e sendo abastecidos em sua grande maioria por poços, nascentes, cursos hídricos, carro pipa, armazenamento de água da chuva e outras. Segundo o PMSB (2023), existem poucos dados de consulta e pesquisas em área rural de Gravataí, entretanto é possível afirmar que não existem núcleos com abastecimento alternativo e coletivo, as únicas fontes alternativas existentes, são 03 (três) poços subterrâneos na Vila Neópolis que se encontram desativados pela CORSAN.

De acordo com os dados da PNAD (2014), são grandes as desigualdades no acesso aos serviços de abastecimento de água entre a população das áreas urbanas e das áreas rurais. Segundo o PMSB (2023), os serviços prestados à população rural apresentam elevado déficit de cobertura, onde o tipo de abastecimento utilizado, em sua maioria por poços de pequeno diâmetro, não possui nenhum tipo de tratamento, geralmente inadequadas para consumo humano.

O PMSB (2023) reforça que deve haver um trabalho contínuo da Secretaria de Saúde do município, principalmente nos postos da região, para detectar o surgimento de doenças de transmissão hídrica, parasitoses intestinais e diarreias, as quais estão diretamente ligados a saúde da população e servem de diagnósticos de alteração na qualidade da água consumida pelos moradores. O PMSB sugere que os agentes comunitários devem coletar amostras de água e orientar a população com ações ao combate as referidas doenças.

5.3.2. Dados do Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul

Segundo os dados do IBGE (2010), há uma estimativa que existam aproximadamente 18.000 poços no município de Gravataí. Entretanto, apenas 217 poços estão cadastrados e outorgados pelo SIOUT/DRH, evidenciando uma condição de clandestinidade para a maioria dos poços existentes na zona rural.

Para avaliação do presente trabalho, foi realizado contato com o Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul – DRH SEMA/RS para consulta dos dados qualitativos dos poços outorgados no município. Foram disponibilizados os dados de qualidade da água de apenas 21 poços no município, sendo 5 situados no distrito de Ipiranga. Os dados de qualidade disponibilizados são incompletos e escassos, não apresentando análises de parâmetros importantes como Coliformes Totais e *Escherichia coli*, por exemplo.

5.3.3. Dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

Em consulta ao SIAGAS foram encontrados 162 poços cadastrados no município de Gravataí, sendo apenas 3 localizados no distrito de Ipiranga. Desse total, apenas 64 apresentavam dados de qualidade da água subterrânea captada, através de análises físicas e químicas realizadas. Os poços consultados no SIAGAS não apresentam periodicidade de amostragem, sendo apenas evidenciadas análises únicas. Em diversos poços as análises apresentadas são muito antigas, da década de 70 em alguns pontos. As análises mais recentes são do ano de 2019. De acordo com os dados apresentados, diversas amostras apresentavam parâmetros acima do estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde para abastecimento humano, bem como da CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

Dentre os parâmetros que apresentaram limites acima do Valor Máximo Permitido – VMP pela Portaria GM/MS nº 888/2021 se destacam o Ferro, que esteve acima em 14 poços analisados (22% do total), o Manganês em 8 poços (13%), Alumínio em 6 poços (9%) e Fluoretos em 5 poços (8%). Demais parâmetros como Arsênio, Cloretos, Sólidos Dissolvidos Totais, Sódio, Nitritos, Chumbo e Sulfato também foram encontrados em alguns poços com concentrações acima do VMP. Tal fato evidencia um problema da qualidade da água na região, com possíveis ocorrências naturais devido à geologia local, mas também com interferência antrópica das atividades econômicas existentes.

5.3.4. Dados da Vigilância em Saúde

De acordo com o PMSB (2023), o município de Gravataí possui cadastrado no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua) 75 SAC e 420 SAI ativas. Esse número evidencia uma preocupação e necessidade do município na tomada de medidas focadas em orientação da população para consumo de água segura, tendo em vista que estão sujeitas à vigilância e controle apenas os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e as Soluções Alternativas Coletivas (SAC).

Os técnicos do órgão de vigilância municipal informaram, após consulta à entidade, que onde existe o Sistema de Abastecimento de Água (SAA), em tese, não deveria haver SAI. Entretanto, ao longo do processo de urbanização do município, algumas regiões passaram a manter as duas formas de abastecimento - SAI e SAA. Nas zonas servidas por rede de abastecimento de água potável, os poços são tolerados exclusivamente para suprimento com fins industriais, ou para uso em floricultura ou agricultura (conforme Art. 96 do Decreto nº

23.430/74). Igualmente, em zonas não dotadas de rede de abastecimento de água potável, é permitido o suprimento por fontes e poços, devendo a água ser previamente examinada e considerada de boa qualidade para fins potáveis (conforme art. 97 do Decreto nº 23.430/74).

Para elaboração do presente trabalho, foram solicitados os dados de controle realizado pela Vigilância em Saúde – VIEMSA de Gravataí. Foram disponibilizados pela equipe técnica os dados de controle entre os anos de 2018 a 2023, os quais evidenciaram novamente uma escassez de informações e parâmetros referentes à qualidade da água de abastecimento humano. De acordo com os dados, apenas 56 SAC e 54 SAI apresentam algum tipo de controle feito através de análise de Coliformes Totais, *Escherichia coli*, Cloro Residual Livre, Turbidez e Fluoreto. Ressalta-se que as análises de Cloro Residual Livre foram realizadas apenas nas SAC.

Entre os anos de 2018 e 2023, foram coletadas e analisadas 222 amostras de água em 56 SAC monitoradas pela VIEMSA, evidenciando uma frequência de amostragem em desacordo com o estabelecido no Anexo 13 da Portaria GM/MS nº 888/21, que estabelece o número mínimo de amostras e frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas e químicas, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.

Além disso, não foram evidenciadas análises físicas e químicas que contemplassem integralmente os parâmetros determinados pelo Art. 42 da Portaria, como Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, condutividade elétrica e parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos, exigidos nos anexos da legislação, com periodicidade de análise semestral nos pontos de captação, com vistas a uma gestão preventiva de risco, conforme recomenda a Portaria GM/MS 888/2021

Do ponto de vista qualitativo do monitoramento realizado em SAC, 16 amostras (12%) apresentaram a presença de *Escherichia coli* e 95 amostras (32%) tiveram a presença de Coliformes Totais. A análise de Cloro Residual Livre não foi realizada em 90 amostras (41%). Quanto aos SAI a situação ainda é pior, considerando que foram coletadas e analisadas apenas 72 amostras de água no mesmo período (2018 a 2023). Das 72 amostras analisadas, 12 amostras (17%) apresentaram presença de *Escherichia coli* e 31 amostras (43%) com presença de Coliformes Totais. A análise de coliformes não foi realizada em 20 amostras (28%). Apenas uma amostra realizada em uma SAC apresentou turbidez elevada, acima dos valores estabelecidos pela Portaria.

Os dados apresentados pela VIEMSA demonstram uma situação preocupante tanto na qualidade da água analisada quanto na falta de controle dos órgãos de saúde com a população rural do município de Gravataí. A presença de coliformes e *Escherichia coli* está relacionada de forma intrínseca às atividades rurais como criação de gado e cultivos agrícolas, bem como à falta de infraestrutura de saneamento básico para tratamento dos efluentes domésticos. Além disso, os SAI da região rural, em sua grande maioria ou totalidade, também não possuem processo de desinfecção para a água captada, outra determinação da Portaria GM/MS nº 888/2021. Nesse sentido, ressalta-se a indisponibilidade de recursos e de equipe técnica do órgão de vigilância municipal, evidenciando a necessidade de maiores investimentos do poder público em controle e monitoramento da qualidade da água de abastecimento da população.

5.3.5. Padrão Construtivo dos Poços

Outro fator importante a ser considerado é o processo construtivo dos poços de abastecimento. Em virtude do menor valor de instalação, a maioria dos SAI são operados por poços de pequeno diâmetro, que estão em desacordo com as normas vigentes, como a NBR 12212 (ABNT, 2017) (Projeto de poço para captação de água subterrânea – Procedimento) e a NBR 12244 (ABNT, 2006) (Construção de poço para captação de água subterrânea).

Essa constatação indica a possibilidade de maior risco de contaminação dos aquíferos captados através das atividades poluidoras de superfície no aquífero livre. A ABNT NBR 12212 e a ABNT NBR 12244 estabelecem os procedimentos para elaboração de projeto e construção de poços tubulares para captação de água subterrânea. Destacam-se, a seguir, alguns procedimentos e componentes básicos e essenciais para garantir a qualidade da água de captação e os riscos de contaminação dos aquíferos:

- 1) A determinação da vazão de projeto deve assegurar vazão contínua e constante sem prejuízo da qualidade e do volume da água de captação. Além disso, a vazão deve ser controlada e monitorada como parcela do recurso hídrico durante a vida útil do poço, pelo responsável pela captação, pela outorga, pelos recursos hídricos ou a quem for de responsabilidade.
- 2) Também deverá estar previsto no projeto o perímetro de proteção do poço, o qual deve ser considerado de acordo com as características hidrogeológicas da região e particularidades locais, com o objetivo de proteger o aquífero. A área de entorno do poço deve ser protegida com base em alvenaria e/ou concreto, tela, cerca ou outro

dispositivo que impeça o acesso de pessoas não autorizadas, e com área mínima que permita acesso, operação, manutenção e/ou ampliação futura do poço.

- 3) O projeto deverá prever também a proteção sanitária, através do preenchimento do espaço anular entre a parede da perfuração e a coluna de revestimento com concreto, com espessura mínima de 75 mm, com a finalidade de preservar a qualidade das águas subterrâneas, protegendo contra contaminantes e infiltrações de superfície. Para prevenir os riscos de contaminação, o poço deve ser selado em toda a extensão necessária ao isolamento, utilizando mistura de água e cimento ou pellets de argila expansiva ou outra técnica que evite a percolação de águas superiores pela parede externa do revestimento.
- 4) No processo de perfuração, a norma especificada determina que, nos casos de formação geológica em rocha sedimentar, como a da área de estudo, o diâmetro da perfuração deve sempre levar em conta o diâmetro dos tubos e filtros a serem instalados, sendo recomendado um espaço anular mínimo de 75 mm, para possibilitar a livre descida da coluna de revestimento, aplicação do pré-filtro e um selamento seguro.
- 5) A distância entre poços deve ser baseada na hidrogeologia local, levando em conta o raio de influência dos poços, para evitar qualquer tipo de interferência entre os sistemas. Os poços deverão conter filtro, pré filtro, laje sanitária, tampa de poço e sistema de bombeamento eficiente. Os poços deverão ser executados por empresa habilitada, sob responsabilidade técnica de profissional de nível superior, devidamente registrado junto ao CREA regional, com emissão de ART da obra, e com base em projeto executivo.

5.3.6. Vistoria realizada na área de estudo

A Figura 17 apresenta o mapa de localização das SAI visitadas, bem como as condições do entorno as quais estão inseridas. Durante a vistoria foram avaliadas as condições dos SAI, através da aplicação de um questionário de pesquisa aos moradores da região (Quadro 6). As SAI, em quase sua totalidade, são compostas por poços de pequeno diâmetro (Figura 18), onde, devido ao baixo custo construtivo, são revestidos com tubos de PVC, apresentando diâmetros entre 40 e 80 mm. De acordo com o levantamento realizado, os poços possuem profundidades que variam de 27 a 80 metros, com exceção dos pontos N1 e N2 que captam água de nascentes localizadas nas propriedades. As vazões captadas pelos SAI apresentam quantidades entre 0,5 e 2,0 m³/dia, com uso predominantemente doméstico, atendendo uma população de 53 pessoas.

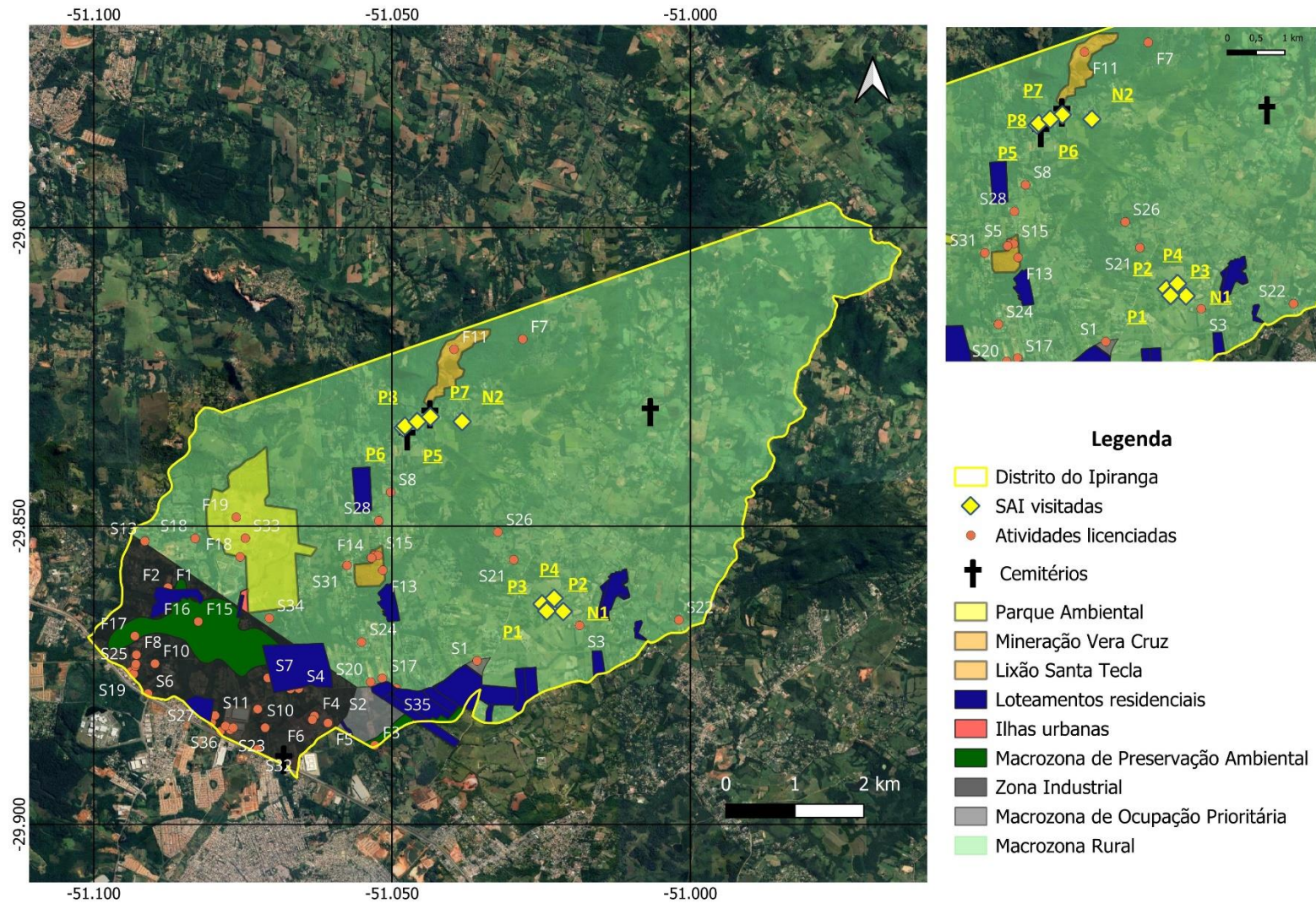


Figura 17 – Imagem de satélite contendo a localização das SAI visitadas na região de estudo.

Fonte: Google Maps e autor.

Quadro 6 – Questionário de pesquisa realizado com os moradores das SAI visitadas.

SAI	P1	P2	N1	P3	P4	P5	P6	N2	P7	P8
Latitude	-29,863045	-29,86385	-29,86432	-29,864258	-29,862092	-29,833528	-29,833226	-29,832479	-29,831692	-29,832491
Longitude	-51,024839	-51,023778	-51,02129	-51,024064	-51,022811	-51,048124	-51,047824	-51,038247	-51,043566	-51,045764
Localidade	Costa do Ipiranga	Costa do Ipiranga	Costa do Ipiranga	Costa do Ipiranga	Costa do Ipiranga	Santa Tecla	Santa Tecla	Santa Tecla	Santa Tecla	Santa Tecla
Tipo construtivo	Poço de pequeno diâmetro	Poço de pequeno diâmetro	Nascente	Poço de pequeno diâmetro	Poço de pequeno diâmetro	Poço de pequeno diâmetro	Poço de pequeno diâmetro	Nascente	Poço de pequeno diâmetro	Poço de pequeno diâmetro
Profundidade (m)	80	48	Superficial	70	56	51	52	Superficial	27	50
Atende ABNT NBR 12212 e 12244?	Não	Não	Não se aplica	Não	Não	Não	Não	Não se aplica	Não	Não
Vazão captada (m³/dia)	0,5	0,5	1,0	0,6	0,5	1	1	2	0,5	1
População atendida (hab.)	5	4	8	3	3	5	3	13	4	5
Finalidade de uso	Doméstico	Doméstico	Doméstico	Doméstico	Doméstico	Doméstico	Doméstico	Doméstico	Doméstico	Doméstico
Situação	Sem cadastro	Sem cadastro	Sem cadastro	Sem cadastro	Sem cadastro	Sem cadastro	Sem cadastro	Sem cadastro	Sem cadastro	Sem cadastro
Sistema de bombeamento	Compressor de ar de pistão	Compressor de ar de pistão	Gravidade	Compressor de ar de pistão	Compressor de ar de pistão	Compressor de ar de pistão	Compressor de ar de pistão	Gravidade	Compressor de ar de pistão	Compressor de ar de pistão
Sistema de armazenamento	Reservatório de fibra de vidro ou polietileno	Reservatório de fibra de vidro ou polietileno	Reservatório de fibra de vidro ou polietileno	Reservatório de fibra de vidro ou polietileno	Reservatório de fibra de vidro ou polietileno	Reservatório de fibra de vidro ou polietileno	Reservatório de fibra de vidro ou polietileno	Reservatório de fibra de vidro ou polietileno	Reservatório de fibra de vidro ou polietileno	Reservatório de fibra de vidro ou polietileno
Problemas de qualidade	Manchas em roupas e tecidos, precipitados avermelhados escuros em reservatórios, entupimento de chuveiros, presença eventual de sedimentos	Presença eventual de sedimentos	Presença de coliformes totais	Presença eventual de sedimentos	Incrustação de material esbranquiçado em chaleiras e panelas, presença de turbidez e sólidos suspensos	Presença eventual de sedimentos	Sem problemas aparentes	Sem problemas aparentes	Eventual presença coloração avermelhada, sedimentos acumulados no reservatório	Sem problemas aparentes
Análises físico químicas e microbiológica	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não

SAI	P1	P2	N1	P3	P4	P5	P6	N2	P7	P8
Sistema de desinfecção	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Limpeza periódica do reservatório	1 x ano	2 x ano	1 x ano	1 x ano	1 x ano	1 x ano	2 x ano	3 x ano	2 x ano	1 x ano
Sistema de tratamento de esgoto doméstico	Fossa séptica	Fossa séptica	Fossa séptica	Fossa séptica	Fossa séptica	Fossa séptica	Fossa séptica	Fossa séptica	Fossa séptica	Fossa séptica
Fontes próximas de contaminação	Fossa séptica, cultivos agrícolas, criação de animais	Fossa séptica, cultivos agrícolas, criação de animais	Fossa séptica, cultivos agrícolas, indústria de artefatos de fibra de vidro, criação de animais	Fossa séptica, cultivos agrícolas, criação de animais	Fossa séptica, criação de animais	Fossa séptica, cemitérios, mineradora, cultivos agrícolas, criação de animais	Fossa séptica, cemitérios, mineradora, cultivos agrícolas, criação de animais	Criação de animais	Fossa séptica, cemitérios, mineradora, cultivos agrícolas, criação de animais	Fossa séptica, cemitérios, mineradora, cultivos agrícolas, criação de animais
Distância da fonte de contaminação (m)	5	16	12	10	5	30	20	50	50	10



Figura 18 – Poço de pequeno diâmetro comumente encontrado na região.

Fonte: Autor.

Nas nascentes, a captação é realizada por gravidade até um reservatório, que abastece as residências próximas. Nos poços, a captação da água é realizada através de bombeamento por compressor de ar de pistão (Figura 19), composto por um sistema onde o ar é comprimido através da movimentação de pistões e injetado na tubulação do poço. Desta forma, a água é conduzida por uma tubulação de PVC até o reservatório, geralmente de fibra de vidro ou polietileno (Figura 20).



Figura 19 – Compressor de ar de pistão utilizado para o bombeamento de água para o reservatório.

Fonte: Autor.



Figura 20 – Reservatório de água comumente encontrado na região.

Fonte: Autor.

O diagrama de fluxo de abastecimento da região é apresentado na Figura 21. Segundo o fabricante do compressor, é necessário atenção para o local instalação do equipamento. Como o compressor recolhe o ar do ambiente para comprimir, é importante que o ambiente seja livre de poeiras e sempre seco, de modo que a umidade não seja condensada. O compressor deverá ficar em lugar bem arejado, evitando o aquecimento do equipamento.

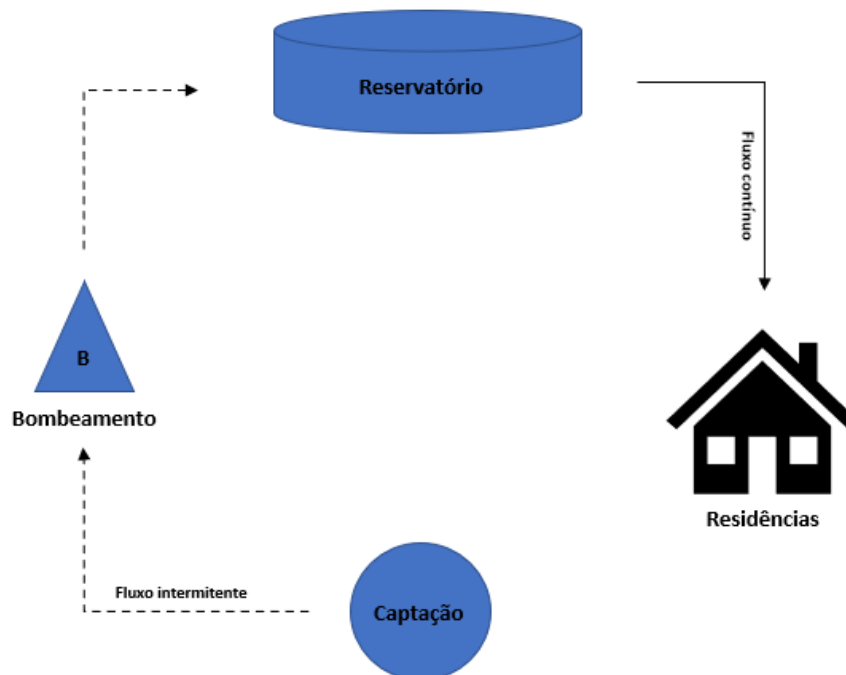


Figura 21 – Diagrama de fluxo elaborado a partir da descrição das SAI da área de estudo.

Fonte: autor.

Todos os poços vistoriados não apresentam qualquer tipo de cadastro junto ao SIOUT e demais sistemas de controle, bem como não possuem qualquer tipo de registro construtivo. Devido ao baixo custo construtivo, os poços de pequeno diâmetro foram construídos por empresas não conformes, desconsiderando as normas técnicas vigentes como a NBR 12212 (ABNT, 2017) e a NBR 12244 (ABNT, 2006). Os poços existentes avaliados não apresentam componentes básicos exigidos pela norma, como filtro, pré filtro, laje sanitária e perímetro de proteção. Em todas as SAI avaliadas também não foi identificado a instalação de hidrômetro e sistema de desinfecção, pois grande parte dos moradores acredita que a água captada apresenta boas condições de qualidade ou desconhece a importância desse processo, e que a instalação de um sistema de cloração demandaria custo financeiro.

Os dados qualitativos e quantitativos dos poços levantados foram obtidos através de relatos dos moradores e do questionário aplicado. O ponto N1 foi o único que apresentava análise física, química e microbiológica de qualidade da água, realizada em 2023. Segundo a análise realizada neste ponto, o único parâmetro em desacordo com as normas foi o de Coliformes Totais. Os demais pontos analisados nunca realizaram coleta ou amostragem, entretanto, há relatos dos moradores quanto a problemas de qualidade da água, como ocorrência de precipitações avermelhadas escuras junto aos reservatórios (Figura 22), manchas em roupas e tecidos, sabor desagradável em alguns pontos, entupimento de chuveiros, incrustação de material esbranquiçado em chaleiras e panelas, e presença eventual de sedimentos. A limpeza dos reservatórios ocorre de forma eventual, sendo executada pelo menos uma vez ao ano.



Figura 22 – Presença de precipitados avermelhados nos reservatórios internos.

Fonte: autor.

Os problemas citados pela população local evidenciam a presença de substâncias indesejadas na água de abastecimento captada pelos poços, provavelmente associada às condições hidrogeológicas da região. A construção incorreta dos poços também favorece a entrada de águas superficiais que transportam substâncias presentes na superfície do solo, como contaminantes ou elementos químicos de origem natural presentes nos diversos minerais específicos de diferentes camadas litológicas.

Quanto ao tratamento do esgoto doméstico, a região não possui qualquer tipo de rede de coleta e tratamento do efluente sanitário. As propriedades analisadas possuem sistema de fossa, filtro e sumidouro junto ao solo, situados em locais muito próximos aos poços de pequeno diâmetro utilizados para captação de água. Esse problema não é comum apenas nas comunidades entrevistadas, mas se trata de uma condição geral em toda a zona rural do município de Gravataí. Nesse sentido, talvez se justifique a presença de coliformes e *Escherichia coli* nas SAC e SAI monitoradas pela VIEMSA de Gravataí.

Considerando as condições de uso do solo do entorno imediato das SAI do aglomerado residencial da Costa do Ipiranga, através de um raio de 500 metros, foi possível evidenciar pequenos cultivos agrícolas. Nesses ambientes, segundo relatos dos moradores, são aplicados defensivos agrícolas, bem como esterco de galinha, um adubo orgânico que vem se tornando cada vez mais popular em plantações e hortas, pois contém nutrientes e matéria orgânica capazes de acumular água como uma esponja, reduzindo a necessidade de irrigação constante.

Em entrevista aos moradores da região, foram constantes as reclamações quanto ao odor de produtos químicos exalado por uma indústria de artefatos de fibra de vidro localizada na região, evidenciando uma preocupação da população com os possíveis riscos da atividade.

Analisando as condições de uso do solo do entorno das SAI do aglomerado residencial de Santa Tecla, também através de um através de um raio de 500 metros, foi possível evidenciar a presença de sítios de lazer, de um Centro de Tradições Gaúchas (CTG) e de uma Igreja, onde eventualmente são realizados eventos tradicionalistas e religiosos. Além disso, existem dois cemitérios muito próximos aos poços utilizados para abastecimento, onde não foram encontrados registros construtivos, bem como licença ambiental para operação das atividades. Muito provavelmente os cemitérios existentes não possuem qualquer tipo de sistema de tratamento do necrochorume, evidenciando um alto risco de contaminação do aquífero que abastece a população local.

No entorno do aglomerado de Santa Tecla foi verificada uma atividade econômica de lavra de rocha para uso imediato na construção civil, a céu aberto, com britagem e com recuperação de área degradada (CODRAM 530,06), licenciada junto à FEPAM. Através de imagem de satélite também foi possível avaliar outra antiga jazida mineral de argila, a qual não se encontra em operação devido à necessidade de renovação das licenças ambientais e também das autorizações junto à ANM.

A partir do levantamento de dados da região do distrito de Ipiranga é possível evidenciar uma combinação de fatores que contribuem para os riscos de abastecimento da população rural de Gravataí. Os principais fatores estão associados às condições naturais da hidrogeologia local, à escassez de infraestrutura de rede de abastecimento de água tratada e coleta e tratamento de esgoto sanitário, à construção incorreta dos poços, às atividades econômicas potencialmente poluidoras existentes no entorno, bem como ao avanço da urbanização descontrolada e de áreas industriais, promovido pelo poder público, desconsiderando os aspectos de bem estar da população local.

5.4. CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS DE ABASTECIMENTO

Para elaboração da matriz de classificação de riscos foram selecionados os dados de perigos detalhados por Beuken et al. (2008), utilizando a base de dados de perigos da *Techneau Hazard Database* (THDB), de acordo com as categorias que apresentavam maior similaridade com as peculiaridades e características do sistema de abastecimento da região do distrito de Ipiranga. Foram realizadas classificações qualitativas dos potenciais perigos existentes com base no provável impacto que representam para a qualidade da água. A seleção das categorias foi executada com base no levantamento de dados da região e através da vistoria de campo realizada nas SAI das comunidades de Santa Tecla e Costa do Ipiranga.

Foram selecionados e avaliados os perigos identificados em sete categorias 2) Captação de água subterrânea; 4) Infiltração de água superficial; 5) Manancial subterrâneo e infiltração, captação e transporte de água; 7) Reservatórios e bombas; 9) Tubulação interna; 10) Consumidor e torneiras; e 12) Perigos Futuros, correspondendo, ao todo, 120 riscos avaliados (Quadro 7). Os riscos detalhados nas categorias de Captação e transporte de água superficial; Tratamento; Transporte e distribuição; Organização; e alguns itens de Perigos Futuros foram desconsiderados no processo de avaliação do presente estudo, tendo em vista a inexistência de captação de água superficial para abastecimento da população, além da ausência de rede de distribuição e equipe técnica responsável pela gestão das SAI, na região do distrito de Ipiranga.

Quadro 7 - Seções do THDB, segundo Beuken et al. (2008), selecionadas para identificação de perigos potenciais na área de estudo.

Item	Categoria de perigos	Elemento	Componente do Sistema
2	Captação de água subterrânea	2.1. Área de captação 2.2. Sistema de monitoramento	Captação Captação
4	Infiltração de água superficial	4.1. Poços de infiltração e entorno 4.2. Área de captação 4.3. Sistema de monitoramento	Captação Captação Captação
5	Manancial subterrâneo e infiltração, captação e transporte	5.1. Instalação de captação de água. 5.2. Transporte de água subterrânea 5.3. Sistema de monitoramento	Captação Captação Captação
7	Reservatório e bombas	7.1. Reservatório de água tratada 7.2. Estação de bombeamento 7.3. Válvulas (tanto em reservatórios quanto em estações de bombeamento)	Reservatório e bombeamento Reservatório e bombeamento Reservatório e bombeamento
9	Tubulação interna	9.1. Instalação de água potável 9.2. O sistema de encanamento de água quente 9.3. Dispositivos de Tratamento de Água no Ponto de Entrada e no Ponto de Uso	Residências Residências Residências
10	Consumidor e Torneiras	10.1. Coleta de água 10.2. Armazenamento e Transporte de Água - Armazenamento antes do Consumo	Residências Residências
12	Riscos futuros	12.1. Água bruta 12.4. Consumidores	Captação Residências

A categoria que considera os riscos que envolvem o sistema de tratamento da água de captação também não foi considerada na avaliação, tendo em vista que as SAI não apresentam qualquer tipo de processo de tratamento da água. Dessa forma, a ausência até mesmo de processo de desinfecção da água utilizada já representa por si só um risco considerado muito alto e significativo, demandando ações imediatas para mitigação dos riscos à saúde da população.

A partir dos resultados obtidos (Apêndice C) foi possível avaliar se a metodologia de identificação de riscos aplicada é adaptável em SAI, bem como realizar um comparativo entre as classificações de risco propostas por Beuken et al. (2008) e pela NBR 17080 (ABNT, 2023), como etapa para elaboração de PSA.

De acordo com os resultados obtidos através da classificação de riscos proposta por Beuken et al. (2008), para todas as categorias de risco avaliadas, 59 perigos identificados foram avaliados como “riscos significativos”, compondo a maior fração e 38 perigos avaliados como “riscos menores que requerem atenção”. “Riscos não relevantes ou não reconhecidos como um problema” somaram 22 avaliações, enquanto apenas 1 avaliação foi classificada como um “risco reconhecido, porém com medidas de controle implementadas” (Quadro 8).

Já os resultados obtidos através da matriz de classificação de risco proposta pela NBR 17080 (ABNT, 2023), considerando todas as categorias de risco avaliadas, demonstram que 28 perigos avaliados foram classificados como “muito alto”, com necessidade de ações imediatas para mitigação dos riscos de abastecimento. Os perigos avaliados como “alto” representam 22 avaliações, sendo necessária uma atenção especial para evitar consequências agravantes. Perigos considerados como “médio”, com necessidade de atenção, foram avaliados em 29 itens. Perigos considerados como “baixo”, controláveis por meio de procedimentos de rotina, totalizam 41 riscos avaliados.

Considerando a avaliação de risco por componente do sistema de abastecimento da área de estudo, verifica-se que o processo de captação apresenta maior preocupação dentre os avaliados para as SAI. De acordo com a classificação de risco de Beuken et al. (2008), 53% dos perigos classificados como significativos estão relacionados ao processo de captação, enquanto 31% estão relacionados ao processo interno nas residências e 17% aos reservatórios e sistema de bombeamento. Pela Matriz de Classificação de Riscos, elaborada através da NBR 17080 (ABNT, 2023), 71% dos perigos avaliados como “muito alto” estão relacionados também ao processo de captação, enquanto que 21% ao processo interno nas residências e 7% aos sistemas de reservatório e abastecimento (Quadro 9).

Quadro 8 – Comparativo dos resultados avaliados na área de estudo, entre as classificações de risco propostas.

Categoria de perigos	Elemento	Componente do Sistema	Classificação de risco Beuken et al. (2008)				Classificação de risco NBR 17080 (ABNT, 2023)			
			Risco não relevante ou não reconhecido X	Risco reconhecido, com medidas de controle 0	Um risco menor que requer atenção 1	Um risco significativo como um todo 2	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
2 Captação de água subterrânea	2.1. Área de captação	Captação	4	0	3	9	6	2	3	5
	2.2. Sistema de monitoramento	Captação	0	0	0	1	0	0	1	0
4 Infiltração de água superficial	4.1. Poços de infiltração e entorno	Captação	1	0	1	3	2	0	1	2
	4.2. Área de captação	Captação	1	0	0	4	1	1	1	2
	4.3. Sistema de monitoramento	Captação	0	0	0	1	0	0	1	0
5 Manancial subterrâneo e infiltração, captação e transporte	5.1. Instalação de captação de água.	Captação	0	0	2	6	0	1	1	6
	5.2. Transporte de água subterrânea	Captação	0	0	1	1	0	2	0	0
	5.3. Sistema de monitoramento	Captação	0	0	0	1	0	0	1	0
7 Reservatório e bombas	7.1. Reservatório de água tratada	Reservatório e bombeamento	2	0	7	5	5	5	3	1
	7.2. Estação de bombeamento	Reservatório e bombeamento	3	0	4	5	5	6	0	1
	7.3. Válvulas (tanto em reservatórios quanto em estações de bombeamento)	Reservatório e bombeamento	1	0	4	0	3	2	0	0
9 Tubulação interna	9.1. Instalação de água potável	Residências	2	1	6	6	7	4	4	0
	9.2. O sistema de encanamento de água quente	Residências	1	0	2	0	1	2	0	0
	9.3. Dispositivos de Tratamento de Água no Ponto de Entrada e de Uso	Residências	1	0	3	3	4	0	1	2

Categoria de perigos	Elemento	Componente do Sistema	Classificação de risco Beuken et al. (2008)				Classificação de risco NBR 17080 (ABNT, 2023)			
			Risco não relevante ou não reconhecido X	Risco reconhecido, com medidas de controle 0	Um risco menor que requer atenção 1	Um risco significativo como um todo 2	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
10 Consumidor e Torneiras	10.1. Coleta de água	Residências	1	0	1	2	1	2	0	1
	10.2. Armazenamento e Transporte de Água - Armazenamento antes do Consumo	Residências	0	0	2	5	1	1	2	3
12 Riscos futuros	12.1. Água bruta	Captação	4	0	2	5	4	1	1	5
	12.4. Consumidores	Residências	1	0	0	2	1	0	2	0
Total			22	1	38	59	41	29	22	28

Quadro 9 – Comparativo dos resultados avaliados na área de estudo, por componente, entre as classificações de risco propostas.

Componente do Sistema	Classificação de risco Beuken et al. (2008)				Classificação de risco NBR 17080 (ABNT, 2023)			
	Risco não relevante ou não reconhecido X	Risco reconhecido, com medidas de controle 0	Um risco menor que requer atenção 1	Um risco significativo como um todo 2	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Captação	10	0	9	31	13	7	10	20
Reservatório e bombeamento	6	0	15	10	13	13	3	2
Residências	6	1	14	18	15	9	9	6

Os resultados obtidos pela metodologia aplicada, os quais associam os principais riscos avaliados ao processo de captação, são justificados principalmente pelas condições de vulnerabilidade dos aquíferos, bem como pelas condições precárias dos poços instalados nas residências, que possibilitam a contaminação do sistema através das condições geológicas e de uso e ocupação de solo no distrito de Ipiranga. A falta de monitoramento contínuo e de processos simplificados de tratamento da água também colaboram significativamente para os elevados riscos avaliados nos demais componentes do sistema.

Riscos menores, com necessidade de atenção especial, foram identificados de forma bem distribuída entre os componentes avaliados, com destaque para os subitens avaliados 7.1 Reservatório de água tratada e 9.1 Processo de instalação de água potável.

A metodologia aplicada do THDB apresentou um índice de 18% de perigos avaliados como “Riscos não relevantes ou não reconhecidos”, através da classificação proposta por Beuken et al. (2008) e 34% dos riscos avaliados como “baixo” pela Matriz de Classificação de Riscos da NBR 17080 (ABNT, 2023). Considerando tais resultados é possível afirmar que alguns perigos constantes no banco de dados não apresentavam aderência às características das SAI, fazendo com que a metodologia estabelecida necessite de adaptação para o contexto local, através do reconhecimento dos perigos intrínsecos de cada sistema.

5.5. IMPLANTAÇÃO DE MEDIDAS DE PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO

Sistema de Captação

Especificamente sobre o sistema de captação, o qual foi classificado como sendo de maior risco às SAI da região, medidas referentes à proteção dos mananciais e ao padrão construtivo dos poços são fundamentais, com o objetivo de mitigar os riscos de abastecimento.

Primeiramente, se torna importante realizar um mapeamento e identificação das áreas sensíveis, como as zonas potenciais de recarga, que podem ser cruciais para a segurança hídrica de uma cidade ou região, pois são locais com maior fragilidade a modificações do meio físico e devem ser consideradas no planejamento do uso do solo de bacias de captação utilizadas no abastecimento público de água. O mapeamento dessas zonas é fundamental para que os gestores públicos possam desenvolver políticas públicas de planejamento e gestão do uso do solo nas áreas de recarga, a nível regional e municipal, a fim de assegurar a disponibilidade de água potável em longo prazo (DE VARGAS, 2023).

A partir disso, a comunicação com os proprietários rurais é fundamental para implementação de instrumentos já previstos em legislação. Uma das alternativas é a implementação dos Pagamentos por Serviços Ambientais – PSA, instituído no Estado do Rio Grande do Sul através do Decreto Estadual nº 56.640/2022, que regulamenta o disposto no Art. 21 da Lei Estadual nº 15.434/2020 e institui o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais - PEPSA.

Segundo Pagiola (2013), o PSA é um instrumento baseado no mercado para financiamento da conservação que considera os princípios do usuário-pagador e provedor-recebedor, pelos quais aqueles que se beneficiam dos serviços ambientais devem pagar por eles, e aqueles que contribuem para a geração desses serviços devem ser compensados por proporcioná-los.

Nos últimos anos, observa-se um número crescente de projetos de PSA no Brasil, onde vários estados estabeleceram programas de PSA e muitos municípios criaram programas locais, como por exemplo o Projeto Mina d'Água, em São Paulo; o Programa Produtor de Água, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA); o Programa Manancial Vivo, em Mato Grosso do Sul; o Produtor de Água do Rio Camboriú, em Santa Catarina; Projeto ProdutorES de Água, no Espírito Santo; o Produtor de Água na bacia hidrográfica do Piracicaba/Capivari/Jundiá, em São Paulo, entre outros.

De acordo com o Decreto Estadual nº 56.640/2022 o PSA é uma transação de natureza voluntária, mediante a qual um pagador de serviços ambientais transfere a um provedor desses serviços recursos financeiros ou outra forma de remuneração, respeitadas as disposições legais. Nesse sentido, o pagador de serviços ambientais pode ser o poder público, uma organização da sociedade civil ou agente privado, pessoa física ou jurídica, de âmbito nacional ou internacional.

No âmbito do distrito de Ipiranga o pagador dos serviços ambientais poderia ser o poder público, impulsionando também as empresas causadoras de impacto ambiental na região, promovendo o pagamento de serviços ambientais de atividades individuais ou coletivas, junto aos proprietários de áreas rurais, que favorecem a conservação, proteção, recuperação e melhoria dos serviços ecossistêmicos, como as áreas de recarga dos aquíferos e das nascentes da região. A medida poderia incentivar a recuperação da cobertura florestal existente nas regiões de cabeceiras das bacias, a qual presta serviços ambientais de extrema importância como a regulação do regime hidrológico, a recarga de águas subterrâneas, a conservação do solo e da qualidade da água, promovendo maior qualidade da água de abastecimento das SAI da região e mitigando os riscos à saúde da população.

Outra medida importante a ser implementada seria através da compensação ambiental dos empreendimentos licenciados junto aos órgãos ambientais, instituída através da Lei Federal nº 11.428/2006 (Lei da Mata Atlântica) e regulamentada pela Instrução Normativa SEMA nº 01/2018. Segundo a Instrução Normativa, a compensação ambiental dos empreendimentos licenciados pode ser realizada através do plantio de mudas nativas, como Reposição Florestal Obrigatória, ou através da compensação ambiental por área equivalente, instituindo uma Servidão Ambiental em caráter perpétuo na matrícula das propriedades rurais.

Atualmente, existe uma grande demanda de áreas, somada aos obstáculos enfrentados pelos gestores dos empreendimentos licenciados em buscar alternativas viáveis para cumprimento da compensação ambiental, tendo em vista as dificuldades de encontrar áreas aptas ao plantio de mudas e de aquisição de áreas equivalentes, com características semelhantes à suprimida pelo empreendedor.

Dessa forma, a SEMA Gravataí poderia criar um banco de dados, contendo um cadastro das propriedades rurais da região do distrito de Ipiranga, evidenciando as áreas aptas e disponíveis ao plantio compensatório ou com presença de vegetação nativa, para negociação direta entre os proprietários rurais e os empreendedores. A medida poderia promover a recuperação das áreas de mata nativa na região, principalmente nas zonas de recarga dos aquíferos, através do plantio compensatório de mudas e da averbação da Servidão Ambiental em caráter perpétuo na matrícula da propriedade, evitando a perda das características ecológicas e, conseqüentemente, promovendo maior qualidade da água de abastecimento das SAI. Além disso, resolveria a crescente demanda dos empreendedores para cumprimento da legislação.

Sistema de Abastecimento

Quanto ao sistema de abastecimento é importante que o poder público, através da Vigilância Sanitária e dos órgãos ambientais, forneça aos proprietários rurais do distrito de Ipiranga maiores informações sobre o processo de construção dos poços. Além disso, a fiscalização do Ministério Público e dos conselhos de classe profissionais, como o CREA por exemplo, se torna fundamental para notificar os órgãos responsáveis, para uma execução apropriada de suas funções.

Durante a elaboração do presente estudo ficou evidente o desconhecimento da população rural, quanto aos procedimentos e requisitos estabelecidos pelas normas técnicas NBR 12212 (ABNT, 2017) e NBR 12244 (ABNT, 2006). Dessa forma, se torna importante a divulgação de materiais orientativos aos proprietários rurais, de forma a promover a instalação de poços

contendo os requisitos construtivos exigidos pelas normas e minimizando os perigos potenciais ao sistema de abastecimento das SAI.

A medida mais expressiva a ser implementada, sendo talvez a mais complexa, é dada através da expansão da rede de água tratada do município, a qual deve começar a ser considerada pelo poder público na região, tendo em vista a flexibilização proposta pelo Novo Plano Diretor municipal da instalação de Empreendimentos de Impacto na ZR-4. Para a instalação de empreendimentos dessa magnitude é imprescindível que a região apresente infraestrutura básica de saneamento, pois os riscos associados à implantação e operação dessas atividades são extremamente significativos, considerando os resultados do diagnóstico de abastecimento de água do distrito de Ipiranga.

Nesse sentido, não há espaço para procedimentos de flexibilização do licenciamento ambiental dessas atividades, como o Parque Ambiental, o qual deve ser conduzido através de amplo debate com comunidade e apresentação de estudos ambientais detalhados e aprofundados. Considerando os processos de aprovação dos Empreendimentos de Impacto, é importante que o poder público estabeleça nesta etapa, contrapartidas justas para os empreendedores, sem gerar ônus à população da região do distrito de Ipiranga.

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2023) o município de Gravataí tem um custo anual de 55,2 milhões de reais com serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos (RSU). De acordo com o EIV elaborado para o Parque Ambiental, do ponto de vista econômico, a atividade proporcionará economias relevantes aos municípios da região metropolitana de Porto Alegre e a seus contribuintes em virtude da proximidade dos centros urbanos. Sendo assim, parte do valor economizado pelo poder público com o transporte dos resíduos para destinação final poderia ser revertido em melhorias urbanas para o distrito de Ipiranga, como a ampliação da rede de coleta de esgoto e abastecimento de água tratada.

Além disso, a expansão da rede de abastecimento de água tratada poderia ser uma exigência do poder público para condicionar a instalação dos Empreendimentos de Impacto, tendo em vista o elevado poder e retorno financeiro que atividades dessa magnitude apresentam. Outras alternativas como as Operações Urbanas Consorciadas (OUC) também podem ser importantes instrumentos, também previstos no Novo Plano Diretor municipal.

A OUC é o conjunto de intervenções e medidas coordenadas pelo Executivo, com a participação dos proprietários, moradores, usuários permanentes e investidores privados, com o objetivo de alcançar transformações urbanísticas estruturais, melhorias sociais e valorização

ambiental. O planejamento das OUCs deverá ocorrer de forma a integrar as políticas de parcelamento, ocupação e uso do solo às demais temáticas objeto desta Lei, especialmente àquelas relativas ao meio ambiente, à preservação do patrimônio cultural, à mobilidade urbana e à política social.

Ressalta-se que as contrapartidas previstas na operação urbana, em função dos benefícios estabelecidos em sua lei específica, não se confundem com as medidas mitigadoras ou compensatórias impostas aos empreendedores em decorrência de processos de licenciamento urbanístico ou ambiental, tampouco com as medidas de qualificação urbanística aplicáveis às mesmas como condição de viabilização da nova regulação conferida pela aplicação do instrumento.

Sistema de Monitoramento

Através dos resultados obtidos no diagnóstico de abastecimento de água da região verificou-se que grande parte das SAI não apresentam qualquer tipo de monitoramento da qualidade de suas águas e tampouco cadastro junto aos sistemas de controle, causado principalmente por total desconhecimento dos proprietários rurais, quanto à necessidade de controle.

Considerando as medidas cabíveis pelo poder público, para melhoria dos processos de monitoramento das SAI, faz-se necessário, em um primeiro momento, promover a realização do cadastramento dos usuários junto aos sistemas existentes, conforme estabelecido na Resolução 402/2022 do Conselho de Recursos Hídricos (CRH), que estabelece prazo para regularização da captação de água subterrânea por poços existentes nas áreas rural e urbana, mediante cadastro no Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul - SIOUT RS.

Ademais, é importante que o município amplie sua rede de monitoramento dos pontos analisados pela VIEMSA, destinando maiores recursos financeiros para coleta, amostragem e análises das SAI da região, para atendimento das recomendações estabelecidas na Portaria GM/MS nº 888/2021. É essencial a maior aplicação de recursos financeiros neste setor, principalmente para estimular melhorias internas no sistema de vigilância, como aumento da equipe técnica e da capacidade de realização de análises físicas, químicas e biológicas nas SAI, promovendo maior controle e segurança da qualidade da água de abastecimento.

5.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições geológicas do distrito de Ipiranga interferem de forma qualitativa e quantitativa nas SAI, influenciando a composição físico-química das águas subterrâneas e apresentando condições de baixa vazão de captação. Além disso, as condições de uso e ocupação do solo da região contribuem significativamente para os riscos potenciais à saúde humana, seja por seu passivo histórico de atividades reconhecidas como o lixão Santa Tecla, o qual encontra-se em processo de remediação ambiental até hoje, ou por atividades minerárias que influenciam na percolação de efluentes com altas cargas de contaminantes para o sistema aquífero da região.

Outro fator de risco significativo está associado ao processo construtivo dos poços de pequeno diâmetro das SAI que, em virtude do menor valor de instalação, é realizado em desacordo com as normas NBR 12212 (ABNT, 2017) (Projeto de poço para captação de água subterrânea – Procedimento) e a NBR 12244 (ABNT, 2006) (Construção de poço para captação de água subterrânea). Isso potencializa os riscos de contaminação dos aquíferos captados, através das atividades poluidoras localizadas na superfície.

Os dados de monitoramento apresentados pela VIEMSA demonstram uma situação preocupante quanto à qualidade da água da região rural, principalmente pela presença de patógenos de risco como *Escherichia coli* em diversos pontos analisados. Além disso, as SAI analisadas não possuem sequer processo de desinfecção simples para a água captada, evidenciando inconformidade com a Portaria GM/MS nº 888/2021. A falta de controle e escassez dos dados de monitoramento, por parte do órgão de vigilância municipal, estão associados à indisponibilidade de recursos financeiros e de equipe técnica, evidenciando a necessidade de maiores investimentos do poder público neste setor.

Ademais, o distrito de Ipiranga está em constante degradação de suas áreas rurais, potencializada pela instalação de indústrias com alto potencial poluidor e loteamentos residenciais irregulares em áreas definidas no Plano Diretor Municipal como macrozona rural. A expansão industrial sobre a área rural, também promovida e incentivada pelo poder público, através de flexibilização estabelecida no Novo Plano Diretor, irá potencializar os impactos ambientais significativos na região do distrito de Ipiranga, associados com a ausência de medidas de prevenção e mitigação, principalmente pela inexistência de coleta e tratamento dos efluentes sanitários domésticos e pela indisponibilidade de rede de água tratada para a população local, o que garantiria maior segurança de abastecimento para os moradores.

Embora a metodologia aplicada apresente a necessidade de melhor adequação na identificação dos perigos potenciais intrínsecos ao sistema de abastecimento da região do distrito de Ipiranga, em Gravataí – RS, o trabalho elaborado possibilitou classificar os riscos significativos ao abastecimento de água, predominantemente realizado por SAI, através da captação realizada por poços de pequeno diâmetro e por nascentes. Os riscos significativos e de maior impacto foram identificados principalmente no processo de captação, tendo em vista a característica do sistema de abastecimento da região, a qual envolve uma combinação de diversos fatores de perigos.

Diversos trabalhos realizados sobre SAI em zona rural foram elaborados no país. Conforme estudo realizado por Oliveira (2017), o qual também avaliou os perigos relacionados às SAI cadastradas em um município de pequeno porte da Zona da Mata do estado de Minas Gerais, os resultados apresentados foram bem semelhantes aos analisados no presente estudo.

Segundo Oliveira (2017), em geral, os perigos de contaminação das SAI avaliadas têm origem no manancial devido ao lançamento de efluentes domésticos diretamente no solo ou em fossas mal construídas/conservadas, ao acúmulo de resíduos sólidos de “lixões” ou de dejetos animais em áreas de pastagens, ou transporte da água ao ponto de consumo ou, ainda, por causa da manipulação no domicílio. O estudo também associou maiores riscos de contaminação às atividades antrópicas, associados aos usos e ocupações do solo das sub-bacias.

De acordo com Oliveira (2017) outros estudos identificaram percentuais elevados de águas de poços utilizadas para consumo humano sem desinfecção ou tratamento domiciliar, localizados em áreas rurais e urbanas, ou, ainda, percentuais elevados de amostras de água provenientes de soluções coletivas ou individuais de abastecimento com teor de cloro residual livre abaixo do determinado pela legislação.

Outro fator abordado por Oliveira (2017) e evidenciado no presente estudo se trata da ausência de verificação da qualidade e/ou de tratamento da água das SAI, que pode estar associada à representação positiva que a população normalmente tem sobre essas águas. Segundo o autor, representações sociais sobre a água de consumo humano são, em geral, elaboradas a partir dos sentidos, sobretudo sabor e visão, conformando um padrão de potabilidade que parece ser sintetizado pela “pureza” da água. Assim, a água adequada para consumo é caracterizada pela população a partir de parâmetros físicos, como cor, gosto, odor e material em suspensão.

A resistência dos moradores abastecidos pelas SAI em informar sobre os perigos e problemas existentes no sistema de abastecimento também foram sentidos pelo autor durante a vistoria de campo. Ribeiro e Galizoni (2003) referem-se ao fato de que águas de nascentes, minas preservadas, com vegetação ao redor, ou que surgem sobre pedras, possuem sentido daquilo que é puro e intocado, nascido da terra, guardando uma boa qualidade. Assim, o “aspecto” usualmente adequado das águas provenientes de mananciais subterrâneos implica em “confiança” e, conseqüentemente, na dispensa da sua análise ou mesmo do seu tratamento. Segundo Soares (2010), o poço/mina e a água dele proveniente não são meros elementos físicos do ambiente, são parte integrante da casa, da família, fazem parte da história de vida das pessoas; conectam e referenciam épocas (infância, juventude) e momentos (construção da casa, casamento), são elementos de referência e de construção da memória dos indivíduos”. Assim, segundo a autora, a defesa do poço/mina e da água é também a defesa da própria identidade, ou seja, o resgate das origens.

O estudo realizado por Oliveira (2017) aponta a reflexão sobre a universalização do acesso aos serviços de saneamento, cumprindo os princípios de universalidade e equidade e garantindo o direito humano de acesso à água segura na área rural, tendo em vista a ausência do serviço público. Para Galvão (2009), na definição de critérios de universalização, não devem ser considerados apenas aspectos técnicos, mas também variáveis sociais e econômicas, relacionadas tanto à implantação quanto à sustentabilidade dos serviços. Os resultados analisados por Oliveira (2017) também sinalizam para a necessidade de investimentos do setor saneamento em termos de ampliação da cobertura do abastecimento de água na área rural, ainda que de forma adequada/adaptada à realidade.

Sugere-se ao poder público e ao órgão de vigilância sanitária municipal a construção de um banco de dados que considere os principais perigos associados aos sistemas de abastecimento do município, para que possa servir como fundamentação na elaboração de um Plano de Segurança da Água e melhoria das informações constantes no Plano Municipal de Saneamento Básico. A partir disso, as medidas propostas no presente estudo podem ser estabelecidas pelo poder público municipal de Gravataí para prevenir, evitar ou mitigar os riscos à saúde da população do distrito de Ipiranga.

6. CONCLUSÕES

O trabalho elaborado possibilitou diagnosticar as condições ambientais e avaliar da qualidade da água subterrânea, utilizada para abastecimento da população do distrito de Ipiranga, em Gravataí/RS. Através dos dados obtidos, foi verificado que o sistema de abastecimento predominante na região é realizado através de Soluções Alternativas Individuais (SAI), por meio de nascentes e poços de pequeno diâmetro, em inconformidade com as normas técnicas estabelecidas.

Além disso, o trabalho evidenciou a degradação ambiental do distrito de Ipiranga, ocasionada pelas principais atividades que apresentam perigos significativos ao sistema de abastecimento, potencializadas pela flexibilização do licenciamento ambiental e das alterações do Novo Plano Diretor de Gravataí, o qual está em processo de aprovação no município.

A partir da metodologia aplicada foi possível classificar os principais perigos potenciais do sistema, proporcionando uma análise mais criteriosa quanto às medidas necessárias que deverão ser tomadas pelo poder público para prevenir e minimizar os riscos à saúde da população. Com isso, é imprescindível que o município estabeleça contrapartidas justas aos empreendedores e direcione maiores investimentos para a melhoria da infraestrutura básica da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 12212: Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. NBR 12244: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. NBR 17080: Diretrizes para elaboração de referências. Rio de Janeiro, 2020.

ARAÚJO, Lair Medeiros de. Aterro/lixão, mineração e moradores “sacrificados”: conflitos ambientais e “alternativas infernais” na comunidade rural Santa Tecla, Gravataí. 2017.

ARENZON, Alexandre. Ensaio ecotoxicológico no monitoramento da qualidade de águas subterrâneas potencialmente impactadas. 2004 1983. 2v.

AISEN, Philip; ENNS, Caroline; WESSLING-RESNICK, Marianne. Chemistry and biology of eukaryotic iron metabolism. *The international journal of biochemistry & cell biology*, v. 33, n. 10, p. 940-959, 2001.

ASCHNER, Michael et al. Manganese: recent advances in understanding its transport and neurotoxicity. *Toxicology and applied pharmacology*, v. 221, n. 2, p. 131-147, 2007.

BARAZETTI, Djeison Rique. A responsabilização por impactos ambientais cumulativos e sinérgicos. *Boletim Científico Escola Superior do Ministério Público da União*, n. 58, p. 68-91, 2022.

BARRINGTON, D.; FULLER, K.; MCMILLAN, A. Water safety planning: adapting the existing approach to community-managed systems in rural Nepal. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, v. 3, n. 3, pp. 392-401, 2013.

BARTRAM et al. *Water Safety Plan Manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers*. WHO/IWA. 2009.

BASTOS, R. K. X. et al. Roteiro de orientação para implantação de Planos de Segurança da Água - PSA, 2010.

BENEDETTO, Alexandre; AU, Catherine; ASCHNER, Michael. Manganese-induced dopaminergic neurodegeneration: insights into mechanisms and genetics shared with Parkinson's disease. *Chemical reviews*, v. 109, n. 10, p. 4862-4884, 2009.

BENEFIELD, L. D. E MORGAN, J. M (1990). “Chemical Precipitation” In: Pontius, F. W. (ed) Water Quality and Treatment. American Water Works Association. Mc Graw-Hill, E.U.A., 641-707. CAICEDO, N. O. L.; Água subterrânea. In: Hidrogeologia: ciência e aplicação. Porto Alegre, Edusp. Cap. 8, p.289 – 333.

BEUKEN, R. et al. Identification and description of hazards for water supply systems: a catalogue of today’s hazards and possible future hazards. TECHNEAU, 2008.

BIM, Eduardo Fortunato. Licenciamento ambiental. 5. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2020.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 2007. 22 p. BRASIL. Ministério das Cidades. Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB). Brasília: Ministério das Cidades, 2013. 173 p.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. Manual de saneamento. 5. ed. Brasília: Funasa, 2019a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural. Brasília, DF, 2019b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. Termo de referência para elaboração de Plano Municipal de Saneamento Básico: Revisão: fevereiro de 2018: Instrumento de apoio da cooperação técnica da Fundação Nacional de Saúde - Funasa/MS. Brasília, DF, 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual de saneamento. 5. edição. Brasília: Funasa, 2015. 547 p. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR). Brasília: Funasa, 2019. 266 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Política e plano municipal de saneamento básico: Convênio Funasa/Assemac. 2. ed. Brasília, DF, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2019. 260 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Boas práticas no abastecimento de água: Procedimentos para a minimização de riscos à saúde: Manual para os responsáveis pela vigilância e controle. Brasília, DF, 2006a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Diagnóstico do abastecimento de água para consumo humano no Brasil em 2019. Boletim Epidemiológico, v. 51, n. 13, pp. 37-52, 2020a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF, 2006b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Plano de segurança da água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. Manual de procedimentos em vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde/Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 mai. 2021. Seção 1. Página 127.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2016. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento. Saneamento básico integrado às comunidades rurais: e populações tradicionais. Guia do profissional em treinamento - nível 2. Brasília: Ministério das Cidades, 2009. 100 p.

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 dez. 2011.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. 5. ed. Brasília: SNSA, 2023. 150 p.

BRUBACHER, J. P. Inundações e Enxurradas, Município de Esteio – RS. Dissertação de Mestrado. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016.

CAJAZEIRAS, CCA. Qualidade e uso das águas subterrâneas e a relação com doenças de veiculação hídrica, Região de CRAJUBAR–CE. Universidade Federal do Ceará. Departamento de Geologia, Fortaleza, 2007.

CAPUCCI, E.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas: orientação aos usuários. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 70 p.

CASTRO, César Nunes de. Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica. 2021.

CATTANEO, Wagner Costa. Alterações antrópicas na Bacia Hidrográfica do Arroio Sapucaia, município de Gravataí (RS). 2019.

CETESB. 2001a. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Estabelecimento de padrões de referência de qualidade e valores de intervenção para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo: relatório final. São Paulo, 248p.

- CETESB. 2001b. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo. São Paulo, CETESB, 73 p.
- CETESB. Água subterrânea e poços tubulares. 482 p.: il.. São Paulo.1978. 3ed.
- CHEMALE, JR., F. Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (Eds.). Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. p. 13-52.
- CLEARY, R. 1989. Hidrologia de águas subterrâneas. In: Engenharia Hidrológica. Ramos (ed.). Rio de Janeiro, ABRH, UFRJ, 404p.
- CONAMA, 2008. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 abr. 2008. DOU nº 66, p. 64-68.
- CONAMA, 2009. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 dez. 2009. DOU nº 249, p. 81-84.
- CONGRESSO NACIONAL, 2023. Sumário Executivo de Medida Provisória. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/sumarios-de-proposicoes/mpv1156>>. Acesso em: 12 maio. 2023.
- CORRÊA, R. L. Região e Organização Espacial. 7ª edição. São Paulo: Editora Ática, 2000.
- COTRIM, S. L. da S.; REICHERT, G. A. Consórcios Municipais Para Aterros Sanitários, Uma Alternativa Ambiental E Economicamente Viável. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/iii-103.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2024.
- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R.; Hidrogeologia subterrânea. 2ed. Barcelona, Omega.
- DE ARAÚJO, Suely Mara Vaz Guimarães; GUIMARÃES, Paulo Cesar Vaz; Fazzolari-Corrêa, Silvia. Licenciamento ambiental: base normativa e perspectivas. p. 59. 2015
- DE VARGAS, Tiago et al. Mapas de zonas potenciais de recarga da água subterrânea como uma nova ferramenta para a segurança hídrica do abastecimento público. Águas Subterrâneas, v. 37, n. 1, 2023.

DEBIASI, R. Avaliação de vulnerabilidade dos pequenos sistemas de abastecimento de água no estado do Rio Grande do Sul. 2016. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

DEERE, D. et al. Management strategies. In: FEWTRELL, L.; BARTRAM, J. Water quality: Guidelines, Standards and Health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. London: IWA Publishing, WHO, Smittskyddsinstytutet, 2001, cap. 12, pp. 257-288.

DEMETRIO, J. G. A. Projeto e Construção de Poços. In: FEITOSA, Fernando A. C.; FILHO, João Manoel. FEITOSA, Edilton Carneiro.; DEMETRIO, J. Geilson A. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 2º ed. Rio de Janeiro: CPRM - LABHID, 2000. cap. 9, p. 185- 202.

DEWETTINCK, T. et al. HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) to guarantee safe water reuse and drinking water production - A case study. Water Science and Technology, v. 43, n. 12, pp. 31-38, 2001.

DRISCOLL, F.G. (1986) Groundwater and wells. 2.ed. MN USA, Johnson. Div., St.Paul.1089p.

FEITOSA, F. A. C. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. CPRM, 2008.

FERREIRA, A. C. S.; PÁDUA, V. L. Qualidade da água para consumo humano. In:

FETTER, C.W. 1994. Applied Hydrogeology. 3ª ed. New Jersey, Prentice Hall, 691p.

FILHO, J. M. 2000 - CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/REFO; LABHID-UFPE, 2000. 391p. cap. 5 p.81 – 108.

FINATO, Tatiana. Classificação técnico-científica de solos e as percepções locais em Gravataí, RS. 2013.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento/ Banco Mundial, 2006. Copyright ©.

FOSTER, STEPHEN ET AL. Proteção da qualidade da água subterrânea um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agencias ambientais. The world bank, 2002.

GALVÃO JUNIOR, Alceu Castro. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. *Revista Panamericana de Salud Publica*, v. 25, n. 6, p. 548-556, 2009.

GARRICK, Michael D. et al. DMT1: a mammalian transporter for multiple metals. *Biometals*, v. 16, p. 41-54, 2003.

GODFREY, S.; HOWARD, G. *Water Safety Plans: Book 2: Supporting Water Safety Management for Urban Piped Water Supplies in Developing Countries*.

GOFFERMANN, Marcelo. *Caracterização hidrogeológica e hidroquímica das águas subterrâneas da Região de São Gabriel, RS*. 2013.

GRAVATAÍ. Prefeitura Municipal. Instituí o plano diretor de desenvolvimento urbano da sede do município de Gravataí. Gravataí, 08 out. 2003. Disponível em: <https://gravatai.atende.net/atende.php?rot=1&aca=119&ajax=t&processo=viewFile&ajaxPrevent=1525718694267&file=A32C17995024BCF888210D564FE97E46E6D28529&sistema=WPO&classe=UploadMidia>. Acesso em: 15 fev. 2024.

GRAVATAÍ. Prefeitura Municipal. Lei nº 2643 de 15 de fevereiro de 2007. Proíbe a construção de aterro sanitário e/ou central de resíduos de qualquer natureza, na zona definida pelo plano ambiental como "patamares da serra geral". Jusbrasil, 2007. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/topicos/20096563/artigo-1-da-lei-n-2643-de-15-de-fevereiro-de-2007-do-municipio-de-gravatai>> Acesso em: 10 jan. 2015.

GRAVATAÍ. Plano Municipal de Saneamento Básico. Gravataí, 2017.

GRAVATAÍ. Plano Municipal de Saneamento Básico. Gravataí, 2024.

HAUSMAN, A. 1995. Províncias Hidrogeológicas do Rio Grande do Sul. *Acta Geológica Leopoldensia. Série Mapas*. n. 35. UNISINOS. São Leopoldo, RS.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). *Abastecimento de água para consumo humano*. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016, cap. 4, pp. 151-218.

HYDRODATA. Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) para Complexo de Gerenciamento de Resíduos de Naturezas Distintas no Município de Gravataí/RS – Parque Ambiental Gravataí – em atendimento ao documento TR SSPU Nº 02/2022. Gravataí, 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População: projeções e estimativas da população do Brasil e das Unidades da Federação. Brasília: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

IBGE. Censo Demográfico 2010: Famílias e domicílios: resultados da amostra. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores 2014. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores 2014. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE. Portal Cidades. Gravataí (RS). IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/gravatai.html>. Acesso em: 06 mai. 2023.

JOMOVA, Klaudia et al. Essential metals in health and disease. *Chemico-Biological Interactions*, p. 110173, 2022.

KUMAR, Amit; RATAN, Rajiv R. Oxidative stress and Huntington's disease: The good, the bad, and the ugly. *Journal of Huntington's disease*, v. 5, n. 3, p. 217-237, 2016.

LAVINA, E. L. Geologia sedimentar e paleogeografia do neopermiano e eotriássico (intervalo Kazaniano-Scitiano) da Bacia do Paraná. 1991. 336 f. v. 1. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, Raquel Scalia Alves; CHRISTOFIDIS, Demetrios. O uso da irrigação no Brasil. O estado das águas no Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. CD-ROM, 1999.

LOUGHBOROUGH: Water, Engineering and Development Centre, Loughborough University, 2005b.

MACHADO, J. L. F. & FREITAS, M.A 2005. Projeto Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul – Relatório Final. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/relatoriohidrogeoRS.pdf>>. Acesso: 10 jan. 2024.

MAGALHÃES, C. Líquido de lixo ameaça arroio em Gravataí. *Diário Gaúcho*, Porto Alegre, ano 4, n. 993, p. 4, 4 jun. 2003.

MARCELINO, Kelly Mendes et al. Remoção de ferro em águas subterrâneas de poços tubulares em uma indústria de beneficiamento de arroz. *Revista Vincci-Periódico Científico do UniSATC*, v. 2, n. 1, p. 161-182, 2017.

MILANI, E. J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. 1997. 254 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

MINEROPAR [2009]. Glossário de termos geológicos. Serviço Geológico do Paraná. Disp. em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/glossario/conteudo.php?conteudo=P>>. Acesso em: 20 abril 2023.

MORUZZI, Rodrigo Braga; REALI, Marco Antonio Penalva. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial—uma abordagem geral. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 4, n. 1, p. Páginas 29-43, 2012.

MOSSEL D.A.; Struijk, C.B. Assessment of the microbial integrity, sensu G.S. Wilson, of piped and bottled drinking water in the condition as ingested. *Int. J. Food Microbiol.*, v. 92, n.3, pp. 375-90, 2004.

MÖSSLACHER, F. 2000. Sensitivity of groundwater and surface water crustaceans to chemical pollutants and hypoxia: implication for pollution management. *Archiv Fur Hydrobiologie*, 149 (1): 51-66.

MOURA, J. R. da S. de. Geomorfologia do Quaternário. In: Guerra, A. J. T; Cunha, S.B. (org). *Geomorfologia, Uma Atualização de Bases e Conceitos*. 11^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, 474p.

O'CONNOR, J.T. Iron and manganese. In: AWWA. *Water quality and treatment. A Handbook of Public Water Supplies*. 3. ed. 1971. Cap.11, p.378-396.

OLIVEIRA, Julimara de Souza Costa et al. Soluções individuais de abastecimento de água para consumo humano: questões para a vigilância em saúde ambiental. ***Cadernos Saúde Coletiva***, v. 25, p. 217-224, 2017.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração de Dublin sobre água e desenvolvimento sustentável. Dublin: ONU, 1992. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/downloads/declaracao_de_dublin_sobre_agua_e_desenvolvimento_sustentavel.pdf>.

PAGIOLA, Stefano; VON GLEHN, H. Carrascosa; TAFFARELLO, Denise. Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil. São Paulo: SMA/CBRN, v. 86494, p. 1-338, 2013.

PIRES, A. C. Estratigrafia e escalas de heterogeneidades e sistemas eólicos secos (Formação Botucatu) e úmidos (Formação Pirambóia), Bacia do Paraná, RS. 2006. 64 f. Monografia (Bacharelado em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso à água. Saúde e Sociedade, v. 17, n. 1, pp. 21-32, 2008.

REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. Bahia: Análises e Dados, Salvador, v. 13, n. especial, p. 341-345, 2003.

REGINATO, Pedro Antônio Roehe; STRIEDER, Adelir José. Condicionantes geológicos da ocorrência de ferro e manganês em aquíferos fraturados da Formação Serra Geral. Águas Subterrâneas, n. 1, 2007.

REGINATO, Pedro Antonio Roehe et al. Caracterização hidrogeológica e hidroquímica do aquífero livre localizado no manto de alteração da Formação Serra Geral, na bacia hidrográfica Taquari-Antas, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Revista Ambiente & Água, v. 7, p. 143-162, 2012.

RIBEIRO, Eduardo Magalhães; GALIZONI, Flávia Maria. Água, população rural e políticas de gestão: o caso do vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Ambiente & sociedade**, v. 5, p. 129-146, 2003.

RICHTER, C.A.; NETO J. M. A. Tratamento de Água, tecnologia atualizada. Ed. Edgard Blucher. 1991.

RICKERT, B. et al. Water safety plan: a field guide to improving drinking- water safety in small communities. 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Governo do Estado. Justiça Federal homologa acordo em ação sobre o Aterro Sanitário Metropolitano Santa Tecla. Porto Alegre, 25 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.rs.gov.br/conteudo/207536/justica-federal-homologa-acordo-em-acao-sobre-o-aterro-sanitario-metropolitano-santa-tecla>>. Acesso em: jan. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Portaria FEPAM nº 35, de 7 de abril de 2020. Altera a Portaria Conjunta SEMA - FEPAM nº

13/2019. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 25 de fevereiro de 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução CONSEMA nº 372, de 17 de julho de 2018. Dispõe sobre os empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, passíveis de licenciamento ambiental no Estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 18 jul. 2018.

ROISENBERG, Ari et al. Geologia da folha Gravataí SH. 22-XCV. CPRM, 2008.

ROMANINI, Sérgio José; DE ALBUQUERQUE, Luiz Fernando Fontes. Aspectos geológicos, geoquímicos e potencialidade em depósitos de Ni-Cu-EGP do magmatismo da Bacia do Paraná. Projeto Platina e Associados. CPRM–Superintendência Regional de Porto Alegre, v. 2, 2000.

ROSA, S. C. A. Santa Tecla, o descalabro continua. Porto Alegre: 2004. Disponível em: <<http://www.omegafactoring.com.br/santatecla.htm>>. Acesso em: 5 fev. 2016.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

SANTOS, A. C. 2000. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, Fernando A. C.

SCHIAVO, M.L. Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento. Orgs. Luis Alcides Schiavo Miranda e Luis Olinto Monteggia. - Porto Alegre: (S. n.), 2007. 148p.

SIAGAS. 2024. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Serviço Geológico do Brasil – Banco de dados de poços cadastrados. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

SNYDER, Amanda M.; CONNOR, James R. Iron, the substantia nigra and related neurological disorders. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, v. 1790, n. 7, p. 606-614, 2009.

SOARES, Ana Carolina Cordeiro. Abastecimento e consumo de água por soluções individuais em Viçosa-MG: Identificação de perigos e percepção da população consumidora. 2010.

SOARES, I. C. M. ; VARGAS, R. W. ; WEISS, R. . Análise multicritério das fragilidades relacionadas ao saneamento básico: estudo de caso de Gravataí-RS. In: Aleteia Hummes Thaines; Daniel Luciano Geverhr; Dilani Silveira Bassan. (Org.). Anais do I Congresso

Internacional e III Seminário Nacional de Desenvolvimento Regional - Migrações e mobilidade no cenário contemporâneo. 1ed.Taquara: FACCAT, 2021, v., p. 1-16.

STRECK, E. et al. Solos do Rio Grande do Sul. 2.ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008, 222 p.

SUERTEGARAY, D.M.A; MOURA, N.S.V. Morfogênese do Relevo do Estado do Rio Grande do Sul. In: Rio Grande do Sul: Paisagens e territórios em transformação. VERDUM, R; BASSO, L.A; SUERTEGARAY, D.M.A. (org.). 2. Edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012, 360p.

TUCCI, C. E. M; HESPANHOL, I; NETTO, O. M. C. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “visão mundial da água”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 3, p. 31-43, 2000. Disponível em: <[http:// rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/cenarios-da-gestao-da-agua- -no-brasil-1.pdf](http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/cenarios-da-gestao-da-agua--no-brasil-1.pdf)>.

VIEIRA, J. M. P. A strategic approach for Water Safety Plans implementation in Portugal. Journal of Water and Health, London: IWA Publishing, v. 9, n. 1, pp. 107-116, 2011.

VIEIRA, J. M. P., MORAIS, C. Planos de segurança em sistemas públicos de abastecimento de água para consumo humano. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Universidade do Minho. 2005.

WHO. Global status report on Water Safety Plans: a review of proactive risk assessment and risk management practices to ensure the safety of drinking-water. Geneva, 2017a.

WHO. Guidelines for Drinking-water Quality: fourth edition incorporation the first addendum. Geneva, 2017b.

WHO. Safely managed drinking water. Geneva, Switzerland: WHO, 2017c.

WHO. Water Safety Planning for Small Community Water Supplies: step-by-step risk management guidance for drinking-water supplies in small communities. Malta, 2012.

WINCK, Níkolás Bitello. Avaliação hidrogeológica, hidroquímica e da ocorrência de ferro e manganês nas águas subterrâneas do distrito de Ipiranga, região noroeste do município de Gravataí. 2015.

WWAP – WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. The United Nations World Water Development Report 2020: water and climate change. Paris: Unesco, 2020.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO REALIZADO

Quadro 10 – Questionamentos aplicados aos moradores das SAI visitadas.

1. Endereço
2. Coordenadas geográficas
3. Fotos do sistema instalado
4. Tipo construtivo
5. Profundidade estimada
6. Vazão utilizada
7. Pessoas atendidas
8. Tipo de consumo (irrigação, consumo humano, industrial, etc.)
9. Sistema de bombeamento (bomba hidráulica, gravidade, hidrômetro, etc.)
10. Problemas de qualidade da água? Por exemplo, turbidez, cor, gosto/odor.
11. Situação do poço (sem cadastro, cadastrado, outorga, etc.)
12. Análises físicas, químicas e microbiológica (caso houver)
13. Já teve algum monitoramento pela vigilância sanitária? Ou se o próprio proprietário já realizou monitoramento da qualidade da água.
14. Possui sistema de cloração? Se não, qual o motivo?
15. Forma de captação, transporte e armazenamento (caixa d'água, tanque, cisterna, etc.)
16. Realiza limpeza periódica do reservatório de armazenamento de água?
17. Possui sistema de tratamento de efluentes domésticos? Qual? (fossa, filtro e sumidouro; lançamento no curso hídrico; etc.)
18. Tipo da rede de distribuição da água – caso haja.
19. Atividades potenciais de risco no entorno

APÊNDICE B – ATIVIDADES LICENCIADAS NO DISTRITO DE IPIRANGA

Quadro 11 – Atividades licenciadas junto à SEMA Gravataí no distrito de Ipiranga.

Identificação	Nº Licença	Data Vencimento	Licenciado	Tipo	CODRAM	Atividade	Latitude	Longitude	Potencial Poluidor	Porte
S1	114/2021	12/11/2025	ADAO SANTOS DE ANDRADE	LO - Comércio e Serviços	3121,30	Triagem e armazenamento de resíduo sólido industrial classe II B	-29,8726	-51,0357	Baixo	Mínimo
S2	98/2020	24/09/2024	ALESSANDRO DA SILVA CORRÊA	LO - Comércio e Serviços	3430,20	Oficina mecânica/centro de desmanche de veículos (CDV)/ chapeação/ pintura	-29,8771	-51,0529	Médio	Mínimo
S3	26/2024	19/03/2028	ALEXANDRE SENIR MULLER	LO - Licença Operação	1061,2	Fabricação de artefatos de fibra de vidro	-29,8667	-51,0186	Alto	Pequeno
S4	2/2022	18/01/2026	ANDERSON BOTH BASTOS - ME	LO - Indústria	3122,20	Processamento de resíduo sólido industrial classe II A	-29,8772	-51,0656	Médio	Pequeno
S5	46/2022	09/05/2026	ASSOC DE RECICL DE RESIDUOS SANTA RITA DO MUN DE GRAVATAI/RS - ARSARI	LO - Comércio e Serviços	3121,30	Triagem e armazenamento de resíduo sólido industrial classe II B	-29,8549	-51,0530	Médio	Pequeno
S6	01/2021	13/01/2026	ATALAIA INCORPORACOES E CONSTRUCOES LTDA.	LP - Licença Prévia	3544,10	Aterro de RSCC com ou sem triagem	-29,8781	-51,0909	Baixo	Pequeno
S7	05/2023	07/06/2028	ATERRO DE INERTES SÃO JUDAS TADEU LTDA	LO - Comércio e Serviços	3544,10	Aterro de RSCC com ou sem triagem	-29,8754	-51,0708	Baixo	Grande
S8	23/2024	13/03/2028	BABY WITH LOVE COMERCIO DE FRALDAS DESCARTAVEIS LTDA	LO - Indústria	2110,10	Fabricação de produtos de higiene pessoal descartáveis	-29,8443	-51,0502	Médio	Pequeno
S9	27/2021	08/02/2025	BERTOLLO & D'AVILA TRANSPORTES E FABRICACAO DE MOVEIS LTDA	LO - Indústria	1611,40	Fabricação de móveis, sem tratamento de superfície e com pintura a pincel ou sem pintura	-29,8829	-51,0802	Médio	Médio
S10	04/2021	19/01/2025	BRITASINOS CONCRETOS LTDA	LO - Indústria	1053,00	Usina de produção de concreto	-29,8807	-51,0725	Médio	Médio
S11	11/2022	27/01/2026	BSC QUIMICA LTDA	LO - Indústria	2021,00	Fracionamento de produtos químicos	-29,8817	-51,0797	Médio	Médio
S12	73/2022	11/07/2026	CARLOS ALBERTO BARBOSA POHLMANN	LO - Indústria	2020,30	fabricação de produtos de limpeza/polimento/ desinfetante	-29,8773	-51,0670	Médio	Pequeno
S13	04/2024	23/02/2029	CERAMICA BURG LTDA.	LPI - Extração Mineral	530,11	Lavra de argila a céu aberto e com recuperação de área degradada	-29,8525	-51,0914	Médio	Mínimo
S14	09/2024	24/01/2028	CONTROLZINCO RECICLAGEM DE METAIS LTDA	LO - Indústria	1112,20	Produção de fundidos de outros metais	-29,8838	-51,0713	Alto	Pequeno

Identificação	Nº Licença	Data Vencimento	Licenciado	Tipo	CODRAM	Atividade	Latitude	Longitude	Potencial Poluidor	Porte
S15	93/2023	22/08/2027	COOPERATIVA DE TRABALHADORES CARROC E CAT DE MAT REC E IND E COM DE MAT RECIC - COOTRACAR	LO - Comércio e Serviços	3541,13	Classificação/seleção de RSU oriundo de coleta seletiva	-29,8549	-51,0523	Médio	Grande
S16	88/2021	25/08/2025	DAIANE NUNES DE LIMA 01083068016	LO - Comércio e Serviços	3121,20	Triagem e armazenamento de resíduo sólido industrial classe II A	-29,8744	-51,0938	Baixo	Mínimo
S17	15/2023	17/02/2027	DG SERRARIA LTDA	LO - Indústria	1510,20	Serraria e desdobramento sem tratamento de madeira	-29,8755	-51,0516	Médio	Médio
S18	04/2020	10/02/2022	EJHD TRANSPORTES E MINERACAO LTDA	LPI - Licença Prévia e de Instalação	530,11	Lavra de argila a céu aberto e com recuperação de área degradada	-29,8521	-51,0830	Médio	-
S19	16/2021	27/01/2025	EMOFRIGO FABRICACAO DE MAQUINAS PARA BENEFICIAMENTO DE CARNE EIRELI	LO - Indústria	1210,80	Fabricação de máquinas, aparelhos, utensílios, peças e acessórios, sem tratamento superfície inclusive tratamento térmico, sem fundição e sem pintura	-29,8748	-51,0933	Médio	Pequeno
S20	119/2021	24/11/2025	FIXCOL INDUSTRIA E COMERCIO DE ARGAMASSAS EIRELI ME	LO - Indústria	1052,00	Fabricação de argamassa	-29,8761	-51,0536	Médio	Pequeno
S21	81/2022	21/07/2026	GABRIEL L. DA ROCHA	LO - Indústria	1411,10	Fabricação, montagem e reparação de veículos automotores/ trailers e reboques	-29,8556	-51,0296	Alto	Mínimo
S22	95/2020	23/09/2024	GISLAINE GONCALVES DIAS	LO - Licença Operação	119,32	Piscicultura de espécies exóticas (sistema semi-intensivo)	-29,8657	-51,0019	Médio	Mínimo
S23	79/2021	15/07/2025	MAGAZINE LUIZA S/A	LO - Comércio e Serviços	4130,90	Depósitos para armazenamento de produtos não perigosos	-29,8841	-51,0771	Baixo	Mínimo
S24	51/2023	11/05/2027	MB ESTRUTUTRAS METALICAS LTDA ME	LO - Indústria	1121,30	Fabricação de estruturas/ artefatos/ recipientes/ outros metálicos, sem tratamento de superfície e com pintura (exceto a pincel)	-29,8694	-51,0551	Médio	Pequeno
S25	121/2023	23/11/2027	METALURGICA ROLIM LTDA	LO - Indústria	1121,50	Fabricação de estruturas/ artefatos/ recipientes/ outros metálicos, sem tratamento de superfície e sem pintura	-29,8735	-51,0930	Médio	Médio
S26	48/2021	12/05/2025	ML LOCACOES E VENDAS DE CONTEINERES HABITAVEIS LTDA	LO - Indústria	3012,00	Serviços de tornearia/ ferraria/ serralheria	-29,8510	-51,0322	Baixo	Mínimo
S27	20/2024	08/03/2028	NEOFORM INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PLÁSTICOS LTDA	LO - Indústria	2310,22	Fabricação de artefatos de material plástico, sem tratamento de superfície, sem impressão gráfica	-29,8815	-51,0816	Baixo	Médio

Identificação	Nº Licença	Data Vencimento	Licenciado	Tipo	CODRAM	Atividade	Latitude	Longitude	Potencial Poluidor	Porte
S28	25/2024	18/03/2028	OASIS CLUBE LTDA	LO - Comércio e Serviços	6111,00	Área de lazer (camping/ balneário/parque temático)	-29,8491	-51,0522	Baixo	Mínimo
S29	75/2023	11/07/2027	POLITEC INDUSTRIA DE PLASTICOS LTDA	LO - Indústria	2310,22	Fabricação de artefatos de material plástico, sem tratamento de superfície, sem impressão gráfica	-29,8731	-51,0929	Baixo	Pequeno
S30	50/2023	10/05/2027	TECNOZINCO TRATAMENTO DE SUPERFICIES LTDA	LO - Indústria	3010,10	Serviços de galvanoplastia	-29,8844	-51,0788	Alto	Pequeno
S31	66/2023	23/06/2027	TRANSAMBIENTAL TRANSPORTES LTDA.	LO - Indústria	1510,20	Serraria e desdobramento sem tratamento de madeira	-29,8566	-51,0575	Médio	Grande
S32	121/2020	25/11/2024	TRATTEL TRATAMENTO TERMICO LTDA	LO - Indústria	1130,00	Têmpera e cementação de aço, recozimento de arames	-29,8874	-51,0725	Alto	Pequeno
S33	14/2023	03/10/2028	UNIDADE DE TRIAGEM AUTOMATIZADA SAO JOSE LTDA	LP - Licença Prévia	3541,11	Central de triagem de RSU c/ estação de transbordo	-29,8520	-51,0746	Médio	Pequeno
S34	05/2023	07/06/2028	UNIDADE DE VALORIZACAO DE RESIDUOS DA CONSTRUCAO CIVIL SAO JUDAS TADEU LTDA	LPI - Licença Prévia e de Instalação	3541,12	Central de recebimento de resíduos de poda	-29,8654	-51,0706	Baixo	Excepcional
S35	108/2023	10/10/2027	VDT INDUSTRIAL SERVIÇO DE MANUTENÇÃO E MONTAGENS LTDA	LO - Indústria	1121,40	Fabricação de estruturas/ artefatos/ recipientes/ outros metálicos, sem tratamento de superfície e com pintura a pincel	-29,8772	-51,0493	Médio	Mínimo
S36	167/2022	16/12/2026	YAPP BRASIL FABRICACAO DE TANQUES E RESERVATORIOS PARA VEICULOS AUTOMOTORES LTDA.	LO - Indústria	2310,22	Fabricação de artefatos de material plástico, sem tratamento de superfície, sem impressão gráfica	-29,8835	-51,0779	Baixo	Grande

Quadro 12 – Atividades licenciadas junto à FEPAM no distrito de Ipiranga.

Identificação	Nº Licença	Data Vencimento	Licenciado	Tipo	CODRAM	Atividade	Latitude	Longitude	Potencial Poluidor	Porte
F1	010491-0567/22-1	Em análise	Ambiental Ltda	LIA - Licença de Instalação de Ampliação	3541,30	Aterro sanitário com central de triagem de RSU	-29,860309	-51,087558	Alto	Médio
F2	03601 / 2022	21/10/2027	Ambiental Ltda	LO - Licença Operação	3541,30	Aterro sanitário com central de triagem de RSU	-29,860309	-51,087558	Alto	Médio
F3	01509 / 2022	27/12/2024	ATR ATERRO TRANSPORTE E RECICLAGEM DE RESIDUOS EIRELI	LO - Licença Operação	3544,11	Aterro de RSCC com beneficiamento, com ou sem triagem	-29,886727	-51,052874	Médio	Médio
F4	03277 / 2023	19/12/2024	CGT Eletrosul - Cia Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Sul do Brasil	LU - Licença Única	3515,00	Capina química com uso de herbicidas, exceto em imóveis rurais	-29,881823	-51,063010	Alto	Excepcional
F5	008323-0567/22-6	Em análise	CGT Eletrosul - Cia Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Sul do Brasil	LO - Licença Operação	3510,53	Sistemas de transmissão	-29,883000	-51,060733	Médio	Excepcional
F6	02211 / 2021	06/09/2026	CHIMARRAO TRANSMISSORA DE ENERGIA S.A	LO - Licença Operação	3510,54	Subestação de energia elétrica	-29,882446	-51,063347	Baixo	Médio
F7	003745-0567/22-1	Em análise	Construtora Sultepa S/A	Declaração TR - EIA/RIMA	530,06	Lavra de rocha para uso imediato na construção civil - a céu aberto, com britagem e com recuperação de área degradada	-29,818661	-51,028092	Médio	Médio
F8	00242/2019	19/07/2024	CONTROLZINCO RECICLAGEM DE METAIS LTDA - EPP	LP - Licença Prévia	1112,20	Produção de fundidos de outros metais	-29,871559	-51,092841	Alto	Pequeno
F9	01157/2021	04/05/2026	EBAMAG ARMAZENS GERAIS LOGISTICA LTDA	Licença de Operação de Regularização	4111,00	Depósito para armazenamento de produtos perigosos (exceto combustíveis e agrotóxicos)	-29,883788	-51,076609	Alto	Pequeno
F10	00517 / 2019	30/09/2024	ISOARES IND E COM E BENEFICIAMENTO DE PLASTICOS E METAIS LTDA	LU - Licença Única	3541,80	Remediação de área degradada por disposição de RSU	-29,873056	-51,089722	Alto	Pequeno
F11	1181 / 2024	31/10/2024	MINERACAO VERA CRUZ LTDA	LO - Licença Operação	530,06	Lavra de rocha para uso imediato na construção civil - a céu aberto, com britagem e com recuperação de área degradada	-29,820380	-51,039600	Médio	Grande
F12	03152 / 2023	01/08/2024	Prefeitura Municipal de Gravataí	LU - Licença Única	3541,80	Remediação de área degradada por disposição de RSU	-29,855319	-51,053433	Alto	Excepcional
F13	001037-0567/24-1	Em análise	Prefeitura Municipal de Gravataí	LIA - Licença de Instalação de Ampliação	3541,80	Remediação e/ou recuperação de área degradada por disposição de RSU	-29,857402	-51,051555	Alto	Excepcional
F14	003629-0567/24-7	Em análise	Prefeitura Municipal de Gravataí	Renovação de licença única	3541,90	Monitoramento de área remediada ou degradada por disposição de RSU	-29,855319	-51,053433	Médio	Excepcional

Identificação	Nº Licença	Data Vencimento	Licenciado	Tipo	CODRAM	Atividade	Latitude	Longitude	Potencial Poluidor	Porte
F15	0369 / 2020	09/10/2025	PRO-AMBIENTE IND E COM DE PRODUTOS QUIMICOS E RES IND LTDA	LIA - Licença de Instalação de Ampliação	3112,10	Central de recebimento e destinação de resíduo sólido industrial classe I	-29,865997	-51,082473	Alto	Excepcional
F16	02786 / 2022	19/02/2026	PRO-AMBIENTE IND E COM DE PRODUTOS QUIMICOS E RES IND LTDA	LO - Licença Operação	3112,10	Central de recebimento e destinação de resíduo sólido industrial classe I	-29,865997	-51,082473	Alto	Excepcional
F17	00383 / 2021	17/12/2026	RGE SUL - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S/A	LI - Licença de Instalação	3510,52	Linhas de transmissão de energia elétrica (a partir de 38 Kv)	-29,868428	-51,093099	Médio	Mínimo
F18	004926-0567/22-4	Em análise	Santa Barbara Tratamento de Efluentes Ltda	LP - Licença Prévia	3513,10	Coleta/ tratamento centralizado de efluentes líquidos industriais	-29,855142	-51,075452	Alto	Grande
F19	002046-0567/22-1	Em análise	WK Holding de Propriedade Industrial 1 Ltda.	LPI - Licença Prévia e Instalação Unificadas	530,11	Lavra de argila - a céu aberto e com recuperação de área degradada	-29,848507	-51,076109	Médio	Grande

APÊNDICE C – SEÇÕES SELECIONADAS E TRADUZIDAS DA THDB PARA AS SAI DA REGIÃO

Quadro 13 – Classificação dos riscos. Seção 2 – Captação de água subterrânea. Subseção 2.1 – Área de captação.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Contaminação por operações industriais (incluindo descarga contínua, bem como instalações, obras de construção e outros)			X			X	X	X					Água contaminada (patógenos, produtos químicos, radionuclídeos)	2	3	4	12	Alto
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Contaminação por águas residuais (por exemplo, por Estações de Tratamento de Águas Residuais, esgotos, latrinas, tubulações de coleta de esgoto que passam pela área de captação, etc.)			X			X	X					Água contaminada (patógenos, produtos químicos). Carga de nutrientes na água.	2	5	5	25	Muito alto	
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Lixiviação de contaminantes por construções construídas (por exemplo, aterros usando solo contaminado, lixões, instalações de tráfego, instalações para manuseio, armazenamento e deposição de materiais ou resíduos de escavação, etc.)			X			X	X					Água contaminada (produtos químicos)	2	5	4	20	Muito alto	
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Tráfego, incluindo acidentes (trilhos de trem, aeródromos, estradas, áreas de estacionamento, postos de gasolina, acidentes aéreos) perda de óleo por carros ou barcos			X			X	X					Água contaminada (produtos químicos)	1	2	2	4	Baixo	

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação		
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Atividades de construção com interferência no subsolo (por exemplo, construção de vias navegáveis, instalações para manuseio ou armazenamento de substâncias perigosas, instalações para trabalhadores da construção civil; etc.) (incluindo acidentes)			X				X		X				Água contaminada (produtos químicos). Água bruta insuficiente.	1	2	4	8	Médio
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Aumento da vulnerabilidade devido a atividades de mineração, pedreiras, escavações que expõem o aquífero, construção de instalações para fins de energia geotérmica e/ou pequenos sistemas de abastecimento de água			X			X	X	X					Água contaminada (produtos químicos, radionuclídeos)	2	5	4	20	Muito alto
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Escoamento agrícola e lixiviação contendo fertilizantes, lodo, herbicidas, etc.			X			X	X						Água contaminada (patógenos, produtos químicos). Carga de nutrientes na água.	2	5	4	20	Muito alto
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Espalhamento de esterco ou gado na zona			X			X	X						Água contaminada (patógenos). Carga de nutrientes na água.	2	5	4	20	Muito alto
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Incidentes geofísicos (por exemplo, eventos hidráulicos extremos como chuvas torrenciais, inundações, erosão, deslizamentos de terra, superfície terrestre cárstica com dolinas abertas; etc.)	X		X			X	X						Água contaminada (patógenos, produtos químicos)	1	2	3	6	Baixo

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação		
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Acidentes ou derramamentos de materiais perigosos durante atividades recreativas (por exemplo, comícios em massa, tanques de peixes, galerias de tiro, instalações esportivas incluindo esportes motorizados, hipódromos, zoológicos/reservas de animais, acampamentos, áreas de acampamento; etc.), ou exercícios militares e áreas de treinamento.			X			X	X						Água contaminada (patógenos, produtos químicos)	X	2	2	4	Baixo
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Contaminação por atividades florestais, atividades da vida selvagem, aves selvagens, animais mortos, peste aviária, etc.			X			X	X						Água contaminada (patógenos, produtos químicos)	2	4	3	12	Alto
Área de captação	Infiltração de AS por outra fonte (ex.: lixiviação de água superficial contaminada, etc.)	Áreas úmidas e planícies inundáveis não hidráulicamente separados do aquífero	X		X			X	X						Água contaminada (patógenos, produtos químicos). Carga de nutrientes na água.	2	3	3	9	Médio
Área de captação	Escassez de Recursos de Água Subterrânea	Aquífero de água subterrânea não é suficientemente alimentado ou a água é abstraída por outros			X						X				Indisponibilidade de água bruta	2	4	3	12	Alto
Área de captação	Redução da atividade biológica no tratamento	Temperatura da água abaixo de 4°C			X			X	X	X					Atividade biológica reduzida no tratamento	X	1	1	1	Baixo
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Precipitação radioativa			X					X					Água contaminada	X	1	1	1	Baixo
Área de captação	Contaminação dos aquíferos	Ações terroristas e de vandalismo			X			X	X	X	X				Água contaminada (patógenos, produtos químicos, radionuclídeos). Água bruta insuficiente.	X	1	1	1	Baixo

Quadro 14 – Classificação dos riscos. Seção 2 – Captação de água subterrânea. Subseção 2.2 – Sistema de monitoramento.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação		
Sistema de monit.	Falha do sistema de monitoramento	Acidente, defeito, falha de energia, falha operacional, sabotagem, poços de observação de água subterrânea danificados.	X	X	X			X	X		X				Água contaminada. Água bruta insuficiente.	2	5	3	15	Alto

Quadro 15 – Classificação dos riscos. Seção 4 – Infiltração de água superficial. Subseção 4.1 – Poços de infiltração e entorno.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação
Área de captação de água	Contaminação direta de furos de infiltração e do solo circundante por atividades humanas (aterros sanitários, descargas de resíduos industriais etc.) ou acidentes (por exemplo, acidentes de trânsito).	Vazamento de contaminantes de acidentes com trens, veículos e aviões, de aterros sanitários ou descargas de águas residuais.			X			X	X				X		Água contaminada (patógenos, produtos químicos)	2	5	5	25	Muito alto
Área de captação de água	Contaminação do sistema de água subterrânea pela infiltração de água superficial poluída.	Atividades agrícolas intensivas (cultivo, aplicação de fertilizantes e pesticidas, preservativos de madeira etc.).			X			X	X						Água contaminada (patógenos, metais pesados, compostos orgânicos mal degradáveis, nitrogênio, fósforo)	2	5	5	25	Alto
Área de captação de água	Contaminação direta da área de captação de água.	Atos de sabotagem, terrorismo ou vandalismo.			X			X	X	X					Água contaminada (patógenos, produtos químicos)	1	1	3	3	Baixo
Área de captação de água	Contaminação direta dos poços de infiltração e áreas circundantes (margem).	Descargas de águas residuais, aterros sanitários, escoamento superficial, acidentes ou desastres naturais (por exemplo, terremotos, inundações, deslizamentos de terra, incêndios...).			X			X	X						Água contaminada (patógenos, produtos químicos, sais). Dano mecânico nos locais de abstração.	2	5	5	25	Muito alto
Área de captação	Contaminação direta da área de origem da água.	Floração de algas azuis tóxicas.			X			X	X						Água contaminada (produtos químicos)	X	1	1	1	Baixo

Quadro 16 – Classificação dos riscos. Seção 4 – Infiltração de água superficial. Subseção 4.2 – Área de captação.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023					
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação	
Área de captação	Escassez de água infiltrada no solo/aquífero da área de abstração.	Atividade humana - construção de estruturas ao longo das margens do rio, má gestão do uso do solo, irrigação, má conservação do solo, impedimento de transferência da água de superfície, obstrução dos pontos de infiltração			X							X				Falta de água no solo levando à baixa saída/pressão.	2	5	3	15	Alto
Área de captação	Contaminação do sistema de água subterrânea (infiltração) devido à água superficial da fonte poluída.	Descarga de efluentes, lixões, escoamento superficial, acidentes ou desastres naturais.			X			X	X							Água contaminada (patógenos, substâncias químicas).	2	5	5	25	Muito alto
Área de captação	Conflitos.	Conflito de interesses entre aspectos ecológicos e de abastecimento.			X						X					Ações políticas levando à falta de água.	X	1	1	1	Baixo
Área de captação	Contaminação do sistema de água subterrânea.	Poluentes atmosféricos.			X			X	X	X						Água contaminada (patógenos, substâncias químicas).	2	5	3	15	Muito alto
Área de captação	Ingresso de água de inundação no sistema de água subterrânea.	Inundação			X			X	X							Água contaminada (patógenos, substâncias químicas).	2	2	3	6	Médio

Quadro 17 – Classificação dos riscos. Seção 4 – Infiltração de água superficial. Subseção 4.3 – Sistema de monitoramento.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação		
Sistema de monit.	Falha do sistema de monitoramento	Acidente, defeito, falta de energia, falha operacional, sabotagem, poços de observação danificados.	X	X	X			X	X			X			Água contaminada (patógenos, substâncias químicas). Poluição ambiental.	2	5	3	15	Alto

Quadro 18 – Classificação dos riscos. Seção 5 – Manancial subterr. e infiltr., captação e transporte. Subseção 5.1 – Instalação de captação de água.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação
Situação genérica	Entrada de água superficial no sistema	Árvores, raízes, rachaduras no concreto.	X	X	X			X	X						Água contaminada (patógenos, substâncias químicas). Danos à infraestrutura	2	5	4	20	Muito alto
Situação genérica	Contaminação da água subterrânea	Infiltração de água de escoamento.	X		X			X	X		X				Água contaminada (patógenos, substâncias químicas)	2	5	5	25	Muito alto
Aberturas no sistema	Contaminação por aberturas (cabeça de poço, tubulação de ventilação, câmaras de filtração.)	Contaminação por inundação, sabotagem, animais, etc.	X	X	X			X	X	X		X			Água contaminada (patógenos, substâncias químicas)	2	5	5	25	Muito alto
Proteção (cercam.)	Falha de segurança causando contaminação	Fechamento inadequado do sistema, sabotagem, etc.	X	X	X			X	X	X	X	X			Água contaminada (patógenos, substâncias químicas)	2	4	4	16	Muito alto

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação		
Camadas de bentonita	Depósito de solo e bypass hidráulico	Camadas de bentonita impróprias ou ausentes	X					X	X	X					Água contaminada (patógenos, substâncias químicas)	2	5	5	25	Muito alto
Câmara do poço	Depósito de solo, inundação, materiais, corrosivos	Manutenção inapropriada, ausência de alarme de inundação e bomba backup.	X	X				X	X	X					Água contaminada (patógenos, substâncias químicas).	1	5	3	15	Alto
Câmara do poço	Obstrução de poço e bombas	Composição química do aquífero.			X						X				Composição inadequada da água bruta.	2	5	5	25	Muito alto
Bacias de infiltração	Contaminação da água subterrânea	Falhas na operação das bacias de infiltração.		X				X	X						Água contaminada (patógenos, substâncias químicas).	1	3	3	9	Médio

Quadro 19 – Classificação dos riscos. Seção 5 – Manancial subterr. e infiltr., captação e transporte. Subseção 5.2 – Transporte de água subterrânea.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação
Bombas	Falta de energia	Interrupção do fornecimento de energia e ausência de backup.	X	X	X							X			Falta de água bruta.	2	3	3	9	Médio
Tubulação de água bruta	Ruptura da tubulação	Más condições da tubulação ou causas externas (ex.: deslizamentos).	X	X	X							X	X	X	Falta de água bruta.	1	3	3	9	Médio

Quadro 20 – Classificação dos riscos. Seção 5 – Manancial subterr. e infiltr., captação e transporte. Subseção 5.3 – Sistema de monitoramento.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação		
Sistema de monit.	Falha do sistema de monitoramento	Acidente, defeito, falta de energia, falha operacional, sabotagem, poços de observação danificados	X	X	X			X	X		X				Água contaminada. Falta de água bruta	2	5	3	15	Alto

Quadro 21 – Classificação dos riscos. Seção 7 – Reservatório e bombas. Subseção 7.1 – Reservatório de água tratada.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação
Geral	Ausência de fornecimento/ Contaminação da água	Danos ou destruição do reservatório devido a desastres naturais (terremotos, furacões, inundações, deslizamentos, erupções vulcânicas).	X		X				X	X	X	X	X	X	Falta de água para consumidores e combate a incêndios Contaminação da água	1	2	3	6	Médio
Geral	Ausência de fornecimento/ Contaminação da água	Danos ou destruição do reservatório devido a acidentes de causa humana (colisão de carro, caminhão ou avião, deslizamentos causados por vazamento do reservatório ou escavação nas proximidades).	X		X				X	X	X	X	X		Falta de água para consumidores e combate a incêndios Contaminação da água	1	1	2	2	Baixo
Geral	Ausência de fornecimento/ Contaminação da água	Danos ou destruição intencional do reservatório (terrorismo, sabotagem, vandalismo, incêndio criminoso)	X	X	X				X	X	X	X			Falta de água para consumidores e combate a incêndios Contaminação da água	X	1	2	2	Baixo
Geral	Ausência de fornecimento/ Contaminação da água	Danos estruturais ao reservatório devido a aumento de pressão interna	X	X					X	X	X	X			Falta de água para consumidores e combate a incêndios Contaminação da água	1	1	2	2	Baixo

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023					
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação	
Geral	Falta de água	Medição errada de nível de água ou erro de processamento de dados.		X								X				Controle de bomba inadequado, pressão na rede inadequada.	1	4	2	8	Médio
Geral	Contaminação da água	Contaminação da rede de abastecimento intencional (terrorismo, sabotagem, vandalismo, incêndio criminoso)			X			X	X	X	X	X			Contaminação da água com patógenos, toxinas, substâncias químicas ou materiais radioativos. Restrição do uso da água. Pânico dos consumidores e perda de confiança.	X	1	2	2	Baixo	
Geral	Contaminação da água	Introdução de contaminantes por uso indevido de materiais ou erros operacionais	X	X				X	X	X					Água contaminada com substâncias químicas e/ou com gosto e odor.	2	4	3	12	Alto	
Reservatório	Contaminação da água	Má higiene durante construção, reparo ou limpeza do reservatório		X				X	X	X					Água contaminada com substâncias químicas e/ou com gosto e odor.	1	4	3	12	Alto	
Reservatório	Contaminação da água	Intrusão de contaminantes (fezes de animais), poeira ou pragas através de acessos mal selados ou telas mal dimensionadas ou danificadas em tubulações de descarte ou respiradouros	X	X				X	X						Água contaminada (substâncias químicas, patógenos, poeira e/ou pragas)	2	5	5	25	Muito alto	

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação		
Reservatório	Contaminação da água	Intrusão de contaminantes por rachaduras na tampa do reservatório	X	X	X			X	X						Água contaminada (substâncias químicas, patógenos, poeira e/ou pragas)	2	3	3	9	Médio
Reservatório	Contaminação da água	Intrusão de contaminantes por rachaduras das paredes ou no fundo do reservatório	X	X	X			X	X						Água contaminada (substâncias químicas, patógenos)	2	3	3	9	Médio
Reservatório	Deterioração da qualidade da água	Envelhecimento da água devido a baixas taxas de circulação ou mistura hidráulica irregular	X	X				X		X					Água de má qualidade microbiológica e com gosto/odor.	1	2	2	4	Baixo
Reservatório	Deterioração da qualidade da água	Acúmulo excessivo de sedimentos no fundo do reservatório	X	X		X	6	X		X					Água de má qualidade microbiológica e com gosto/odor/cor.	2	4	3	12	Alto
Reservatório	Deterioração da qualidade da água	Acúmulo excessivo de biofilme nas paredes do tanque.	X	X		X	6	X		X					Água de má qualidade microbiológica e com gosto/odor.	1	2	3	6	Médio

Quadro 22 – Classificação dos riscos. Seção 7 – Reservatório e bombas. Subseção 7.2 – Estação de bombeamento.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023					
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação	
Geral	Baixa pressão/baixo fluxo na rede de água. Contaminação da água na rede.	Destruição da estação de bombeamento devido a desastres naturais (terremotos, furacões, inundações, deslizamentos de terra, erupções vulcânicas).	X		X				X	X	X	X				Ausência/insuficiência de fornecimento de água para clientes e combate a incêndios. Contaminação da água.	1	2	3	6	Médio
Geral	Baixa pressão/baixo fluxo na rede de água. Contaminação da água na rede.	Danos ou destruição da estação de bombeamento devido a acidentes causados pelo homem (colisão de carro, caminhão ou aeronave, deslizamentos de terra causados por vazamento ou escavação próxima).	X		X				X	X	X	X				Ausência/insuficiência de fornecimento de água para clientes e combate a incêndios. Contaminação da água.	1	1	2	2	Baixo
Geral	Baixa pressão/baixo fluxo na rede de água. Contaminação da água na rede.	Danos ou destruição intencionais da estação de bombeamento (terrorismo, sabotagem, vandalismo, incêndio criminoso).	X	X	X				X	X	X	X				Ausência/insuficiência de fornecimento de água para clientes e combate a incêndios. Contaminação da água.	X	1	2	2	Baixo
Bombas	Baixa pressão/baixo fluxo na rede de água. Contaminação da água na rede.	Danos ou destruição de tubulações da rede devido a golpe de aríete, causado por tanques de amortecimento ausentes ou com mau funcionamento.	X	X					X	X	X	X				Pressão/fluxo insuficiente na rede de água. Intrusão de contaminantes na água da rede.	X	1	2	2	Baixo

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação		
Bombas	Baixa pressão/baixo fluxo na rede de água. Contaminação da água na rede.	Mau funcionamento/falha da bomba.	X	X				X	X	X	X				Pressão/fluxo insuficiente na rede de água. Intrusão de contaminantes na água da rede.	2	3	3	9	Médio
Bombas	Baixa pressão/baixo fluxo na rede de água. Contaminação da água na rede.	Parada da bomba devido a falha/interferência de energia elétrica e falha no fornecimento de energia de backup.	X	X	X			X	X	X	X				Ausência/insuficiência de fornecimento de água para clientes e combate a incêndios. Contaminação da água.	2	3	3	9	Médio
Bombas	Pressão excessiva na rede de água.	Pressão excessivamente alta na rede devido a configurações erradas ou controle deficiente da operação das bombas.	X	X							X				Pressão excessiva na rede. Aumento de vazamentos/rupturas de tubulações.	X	1	2	2	Baixo
Bombas	Baixa pressão/baixo fluxo na rede de água. Contaminação da água na rede.	Baixa pressão na rede devido a configurações erradas, medição deficiente ou controle deficiente da operação das bombas.	X	X				X	X		X				Ausência/insuficiência de fornecimento de água para clientes e combate a incêndios. Contaminação da água.	2	3	2	6	Médio
Bombas	Contaminação da água	Contaminantes puxados no lado de sucção de uma bomba.	X	X				X	X						Contaminação da água da rede (químicos, microrganismos).	2	3	3	9	Médio

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023						
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação				
Bombas	Contaminação da água	Introdução de poluentes por uso inadequado de material ou erros operacionais.	X	X							X	X					Água contaminada com produtos químicos e/ou com sabor e odor.	2	4	4	16	Muito alto
Bombas	Contaminação da água	Higiene deficiente durante a instalação, manutenção ou reparo da bomba.		X					X	X	X						Água contaminada com patógenos e/ou produtos químicos, e/ou com sabor e odor.	1	3	2	6	Médio
Bombas	Contaminação da água	Operação da bomba levando a mudanças rápidas na taxa de fluxo ou direção da água.	X	X					X		X						Ressuspensão de sedimentos na rede.	1	1	2	2	Baixo

Quadro 23 – Classificação dos riscos. Seção 7 – Reservatório e bombas. Subseção 7.3 – Válvulas (reservatórios e estações de bombeamento).

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação
Válvulas de isolamento e controle	Nenhuma/baixa pressão/fluxo na rede. Contaminação da água da rede	Erro de projeto ou operação da válvula, válvula defeituosa	X	X					X	X		X			Falta de água para consumidores e combate a incêndios Contaminação da água.	1	2	2	4	Baixo
Válvulas de controle	Nenhuma/baixa pressão/fluxo na rede. Contaminação da água da rede	Danos ou destruição de tubulação devido a golpes de ariete	X	X					X	X	X	X			Falta de água para consumidores e combate a incêndios Contaminação da água	X	1	2	2	Baixo
Válvulas de controle	Contaminação da água	Introdução de contaminantes por uso indevido de materiais ou erros operacionais		X						X	X				Água contaminada (substâncias químicas) e/ou com gosto e odor.	1	3	3	9	Médio
Válvulas de controle	Contaminação da água	Má higiene durante instalação, manutenção ou reparo de válvulas		X					X	X	X				Água contaminada (substâncias químicas, patógenos) e/ou com gosto e odor.	1	3	2	6	Médio

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação		
Válvulas de redução de pressão	Pressão excessiva na rede	Parâmetros ou controle inadequados ou com defeito/falha na válvula de redução de pressão.	X	X							X				Pressão excessiva na rede Aumento de vazamentos/ruptura de tubulação	1	2	2	4	Baixo

Quadro 24 – Classificação dos riscos. Seção 9 – Tubulação interna. Subseção 9.1 – Instalação de água potável.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação
Geral	Falta ou Fornecimento Insuficiente de Água	Má concepção da instalação ou baixa pressão na rede de distribuição	X			X	8					X			Baixa pressão ou fluxo de água em todos ou em alguns dos andares superiores, refluxo para a rede de distribuição	1	3	3	9	Médio
Geral	Falta ou Fornecimento Insuficiente de Água	Falha da bomba de reforço em edifícios de vários andares		X								X		X	Baixa pressão ou fluxo de água em todos ou em alguns dos andares superiores, refluxo para a rede de distribuição	X	2	2	4	Baixo
Geral	Falta ou Fornecimento Insuficiente de Água	Ruptura de tubulação devido a material de tubo inadequado, pressão excessiva, golpe de aríete, atividades de construção (por exemplo, perfuração)		X								X		X	Falta/insuficiência de fornecimento de água aos consumidores, danos devido a vazamentos de água	1	2	2	4	Baixo
Geral	Pressão Excessiva da Água	Pressão excessiva no sistema de distribuição				X	8							X	Desconforto dos clientes, vazamento interno de tubulações, mau funcionamento/falha de eletrodomésticos	1	2	2	4	Baixo

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023					
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação			
Geral	Contaminação da água	Higiene inadequada na instalação/reparação de sistemas de canalização		X				X	X	X						Água contaminada (patógenos, produtos químicos, sabor e odor)	1	2	3	6	Médio
Geral	Contaminação da água	Retorno ou sifonagem de água contaminada de outros sistemas (por exemplo, resíduos, proteção contra incêndios, rega de jardins e irrigação)	X	X	X			X	X	X						Água contaminada (patógenos, produtos químicos, sabor e odor)	2	4	3	12	Alto
Geral	Deterioração da qualidade da água	Aumento do crescimento microbiano devido à temperatura relativamente alta da água ou aquecimento por objetos quentes próximos	X					X								Água com qualidade microbiológica inferior, possivelmente com patógenos	1	2	2	4	Baixo
Tubulações internos	Falta ou Fornecimento Insuficiente de Água	Perda de capacidade hidráulica das tubulações devido ao acúmulo de incrustações	X			X	6				X					Baixa pressão/fluxo nas torneiras	2	3	3	9	Médio
Tubulações internos	Contaminação da água	Corrosão de materiais do sistema de canalização, promovida por baixo pH, temperatura, alcalinidade insuficiente ou excessiva na água	X			X	6		X							Água contaminada (por exemplo, chumbo, cobre ou ferro)	2	3	3	9	Médio

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023					
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação			
Tubulações internos	Contaminação da água	Migração de substâncias de materiais poliméricos (por exemplo, lixiviação de cloreto de vinila de tubos de PVC)	X						X							Água contaminada (por exemplo, com cloreto de vinila)	2	4	3	12	Alto
Tubulações internos	Contaminação da água	Plumbosolubilidade de tubos de chumbo, que pode ser promovida pelo baixo pH da água e baixa alcalinidade	X			X	6		X							Água contaminada (chumbo)	0	2	2	4	Baixo
Tubulações internos	Deterioração da qualidade da água	Acumulação de sedimentos e crescimento microbiano em água estagnada em ramificações sem saída	X					X	X	X						Água contaminada com patógenos (por exemplo, Legionella) e com sabor, odor e cor	2	4	3	12	Alto
Tubulações internos	Deterioração da qualidade da água	Corrosão de ferro em tubos de ferro/aço	X			X	6		X	X						Água descolorida (água avermelhada) com sabor metálico que causa manchas avermelhadas em roupas	2	4	3	12	Alto
Tubulações internos	Ruído Incômodo	Golpe de aríete, altas velocidades e/ou turbulência ou cavitação	X							X						Incomodo para clientes e vizinhos	X	1	2	2	Baixo
Tanques de armazen. doméstico	Deterioração da qualidade da água	Crescimento microbiano devido ao tempo prolongado de residência da água, altas temperaturas, acumulação de sedimentos ou exposição da água à luz	X	X					X	X	X					Água contaminada com microrganismos, ciano toxinas, compostos lixiviados do material do tanque e/ou com cor	1	2	2	4	Baixo

Quadro 25 – Classificação dos riscos. Seção 9 – Tubulação interna. Subseção 9.2 – O sistema de encanamento de água quente.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação
Geral	Contaminação da água	Crescimento microbiano no sistema de água quente (aquecedores, tanques de armazenamento, tubulações, torneiras e chuveiros) com água abaixo de 65 °C	X	X				X							Água contaminada com Legionella, Mycobacterium avium, Pseudomonas aeruginosa	1	3	3	9	Médio
Aquecedor de água	Desempenho reduzido do aquecedor de água	Acúmulo de incrustações que leva à redução da eficiência de aquecedores/tanques, capacidade de armazenamento e vida útil		X		X	6			X	X		X		Aumento no consumo de energia e temperaturas de operação, escassez de água quente, falha prematura de equipamentos	1	3	3	9	Médio
Torneiras de chuveiro ou banheira de água quente	Queimaduras	Água fornecida por torneiras de chuveiro ou banheira acima de 55°C	X	X						X			X		Pessoas (principalmente crianças pequenas e idosos) gravemente feridas por água muito quente	X	1	2	2	Baixo

Quadro 26 – Classificação dos riscos. Seção 9 – Tubulação interna. Subseção 9.3 – Dispositivos de tratamento de água no ponto de entrada e de uso.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação		
Geral	Falta ou fornecimento Insuficiente de Água	Incrustação de dispositivos de tratamento por sólidos suspensos, ferro, manganês ou cobre	X	X								X			Baixa pressão ou fluxo de água	2	5	5	25	Muito alto
Geral	Contaminação da água	Inadequação do processo de tratamento para um composto-alvo (por exemplo, uso inadequado de troca iônica para remover chumbo da água dura; uso incorreto de carvão ativado para remover arsênio)	X							X					Água contaminada com substâncias inorgânicas ou orgânicas, contra a crença dos consumidores	X	2	2	4	Baixo
Geral	Contaminação da água	Falha no processo de remoção de contaminantes (por exemplo, esgotamento da capacidade de resina ou carbono adsorvente; lâmpada/luminária UV opacificada por sujeira)			X				X	X					Água contaminada com substâncias inorgânicas ou orgânicas ou patógenos, contra a crença dos consumidores	2	5	5	25	Muito alto
Geral	Contaminação da água	Corrosão acentuada de materiais do sistema de canalização e eletrodomésticos (por exemplo, chumbo, cobre) devido ao excesso de amaciamento da água	X							X	X				Água contaminada com produtos químicos (por exemplo, chumbo, cobre)	2	4	3	12	Alto

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023					
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação			
Geral	Contaminação química	Refluxo de correntes de resíduos líquidos (por exemplo, osmose reversa, resinas de troca iônica) ou água de lavagem (filtros de mídia adsorvente) para as linhas de água tratada	X	X					X							Água fortemente contaminada com produtos químicos	1	2	2	4	Baixo
Geral	Deterioração da qualidade da água	Crescimento/liberação de microrganismos de dispositivos de tratamento (por exemplo, filtros de carvão ativado granular)	X	X				X								Água com qualidade microbiológica inferior	1	2	2	4	Baixo
Geral	Contaminação química	Manuseio ou armazenamento inadequado de causticos/ácidos fortes usados para regeneração de mídia adsorvente	X	X								X				Lesões na pele, nos olhos ou no sistema respiratório após exposição a ácidos/cáusticos fortes	1	2	2	4	Baixo

Quadro 27 – Classificação dos riscos. Seção 10 – Consumidor e Torneiras. Subseção 10.1 – Coleta de água.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação
Postos de Água Comunit.	Indisponibilidade de água	Indisponibilidade de água na rede de distribuição	X			X	8					X			Falta/insuficiência de fornecimento de água	2	3	3	9	Médio
Postos de Água Comunit.	Indisponibilidade de água	Vandalismo ou uso impróprio de postos de água ou torneiras		X	X							X			Falta/insuficiência de fornecimento de água	X	1	1	1	Baixo
Postos de Água Comunit.	Contaminação da torneira ou partes ao redor	Manipulação não higiênica da torneira (por exemplo, por mãos não lavadas ou presença de animais)			X			X							Água contaminada (patógenos)	2	5	3	15	Muito alto
Postos de Água Comunit. ou Tanques no Solo	Indisponibilidade de água	Ausência ou acesso inadequado ao posto de água ou tanque no solo devido a obstruções ou outros motivos	X	X	X							X			Falta/insuficiência de fornecimento de água	1	2	3	6	Médio

Quadro 28 – Classificação dos riscos. Seção 10 – Consumidor e Torneiras. Subseção 10.2 – Armazenamento antes do consumo.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023					
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação	
Recipientes abertos (balde)	Degradação da qualidade da água durante o armazenamento	Exposição a substâncias transportadas pelo ar, como poeira, sujeira, moscas ou outros contaminantes		X	X				X	X	X					Água contaminada (patógenos, produtos químicos...)	2	5	5	25	Muito alto
Recipientes abertos ou fechados	Degradação da qualidade da água durante o armazenamento	Dissipação de resíduos de cloro		X					X							Água contaminada (patógenos)	1	1	4	4	Baixo
Recipientes abertos ou fechados	Degradação da qualidade da água durante o armazenamento ou consumo	Condições de saneamento inadequadas por parte dos consumidores		X					X							Água contaminada (patógenos)	2	5	5	5	Muito alto
Tanques no solo	Contaminação na área de coleta	Fraldas sujas ou crianças sujas lavadas diretamente no tanque no solo			X				X							Água contaminada (patógenos)	2	4	4	16	Muito alto
Tanques no solo	Baixa qualidade da água proveniente dos recipientes	Condição e idade inadequadas dos recipientes, recipientes vazando	X	X	X					X		X				Água contaminada (produtos químicos)	2	4	3	12	Alto

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação		
Tanques no solo	Baixa qualidade da água proveniente dos recipientes	Tampa não ajustada corretamente sobre o tanque, permitindo que sujeira e poeira entrem no tanque	X	X				X	X	X					Falta/insuficiência de fornecimento de água	2	3	4	12	Alto
Tanques no solo	Baixa qualidade da água proveniente dos recipientes	Formação de biofilme nas paredes internas dos tanques no solo		X	X			X							Água contaminada (patógenos, produtos químicos...)	1	2	3	6	Médio

Quadro 29 – Classificação dos riscos. Seção 12 – Riscos Futuros. Subseção 12.1 –Água bruta.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação
Água bruta	Sabotagem e ataques terroristas	Contaminação química intencional			X				X						Água contaminada. Falta/insuficiência de fornecimento de água. Preocupação pública, má imagem.	X	1	5	5	Baixo
Água bruta	Sabotagem e ataques terroristas	Contaminação microbiana intencional			X			X							Água contaminada. Falta/insuficiência de fornecimento de água. Preocupação pública, má imagem.	X	1	5	5	Baixo
Água bruta	Sabotagem e ataques terroristas	Informações não acessíveis. Para prevenir sabotagem e ataques terroristas, informações sobre a água de origem, tratamento e distribuição são classificadas. Devido a isso, todas as informações necessárias podem não estar disponíveis para o pessoal e para o público em geral.		X	X			X	X	X	X	X			Se o pessoal que opera o sistema não tiver todas as informações necessárias, podem ser tomadas ações que introduzem novos riscos ao sistema. Além disso, as pessoas em geral podem, por falta de informações, agir de maneira que possa representar novos riscos ao sistema. Escassez de água e efeitos na saúde são possíveis.	X	1	3	5	Baixo
Água bruta	Conflitos	Conflitos militares			X			X	X	X	X	X	X		Água contaminada. Falta/insuficiência de água. Danos técnicos.	X	1	3	3	Baixo
Água bruta	Conflitos	Conflitos políticos			X						X				Ações políticas que levam à escassez de água.	1	2	5	10	Alto

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023			
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE	Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação	
Água bruta	Conflitos	Uso concorrente da terra			X			X	X	X	X			Água contaminada. Falta/insuficiência de água.	2	3	5	15	Muito alto
Água bruta	Novos produtos químicos e mudanças nas vias químicas	Descarga de novos produtos químicos nas fontes de água, por exemplo, devido a acidentes ou vazamentos contínuos			X				X					Água contaminada. Falta/insuficiência de fornecimento de água. Remediação do sistema de fornecimento.	2	3	5	15	Muito alto
Água bruta	Novos produtos químicos e mudanças nas vias químicas	Descarga de produtos químicos devido a novas aplicações			X				X					Devido ao uso de produtos químicos conhecidos em novos processos, pode ocorrer água contaminada, falta/insuficiência de fornecimento de água e necessidade de remediação do sistema de fornecimento.	2	3	5	15	Muito alto
Água bruta	Patógenos emergentes	Presença de patógenos emergentes capazes de superar barreiras existentes		X	X			X						Qualidade da água insuficiente. Aumento do número de infecções transmitidas pela água. Remediação do sistema de fornecimento.	2	3	5	15	Muito alto
Água bruta	Mudanças climáticas	Novos padrões de precipitação e evaporação			X					X				Falta/insuficiência de fornecimento de água.	1	2	3	6	Médio
Água bruta	Mudanças climáticas	Efeitos das mudanças climáticas na qualidade da água (alterações no escoamento superficial e transporte de materiais afetando a qualidade da água)			X			X	X	X				Falta/insuficiência de fornecimento de água. Água contaminada (incluindo aumento da temperatura da água fornecida).	2	3	5	15	Muito alto

Quadro 30 – Classificação dos riscos. Seção 12 – Riscos Futuros. Subseção 12.4 – Consumidores.

Elemento	Risco	Evento Perigoso	Tipo de evento perigoso					Tipo de Risco						Consequências potenciais	THDB	NBR 17080/2023				
			P	O	E	OS	R. OS	B	Q	RF	I	S	DE			Descrição	Classif.	Prob.	Sev.	Classificação
Consumid.	Sabotagem e ataques terroristas	Mudança no comportamento humano após ataques terroristas levando à evitação da água da torneira			X			X	X			X			Danos indiretos. Devido à falta de confiança na água da torneira, as pessoas usam água de outras fontes e, se essa água for de má qualidade, pode causar efeitos negativos na saúde.	X	1	1	1	Baixo
Consumid.	Patógenos emergentes	Alteração nos padrões de infecção (aumento da exposição a patógenos devido, por exemplo, à migração de cidadãos)			X			X							Aumento no número de infecções transmitidas pela água	2	2	5	10	Alto
Consumid.	Preocupação pública	Relatos sobre detecção de produtos químicos ou patógenos de tolerância muito baixa			X								X		Ansiedade e diminuição da confiança no fornecimento de água	2	4	3	12	Alto