



## Estudos de Caso e Notas Técnicas

Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

# Qualidade dos poços de águas subterrâneas no município de Farroupilha, Rio Grande do Sul, Brasil.

## Quality of groundwater wells in the municipality of Farroupilha, Rio Grande do Sul, Brazil.

Francis André Triches Barbosa<sup>1</sup>✉; Daiana Maffessoni<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul.

✉ [francis\\_atbarbosa@hotmail.com](mailto:francis_atbarbosa@hotmail.com), [daiana-maffessoni@uergs.edu.br](mailto:daiana-maffessoni@uergs.edu.br)

### Resumo

A água é um recurso natural imprescindível para a vida no planeta e pode ser de forma superficial ou subterrânea. A perfuração de poços de águas subterrâneas aumentou nos últimos anos no Brasil, e isso traz preocupação quanto a qualidade do meio hídrico. O presente trabalho avaliou as informações técnicas e os parâmetros físico-químicos de 95 poços de águas subterrâneas localizados no município de Farroupilha/RS, onde foi utilizada a base de dados do SIAGAS, com o objetivo de traçar um panorama da potabilidade destes poços, a partir da Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde. Dos resultados encontrados, pode-se observar que 47,4% dos poços apresentaram informações completas, sendo 29,5% dos poços caracterizados como de abastecimento industrial. Do total de poços avaliados, 20% estavam fora dos limites de potabilidade e, dentre os poços industriais, 10,7% dos poços apresentaram valores de parâmetros físico-químico acima dos limites. É importante observar que no panorama geral da qualidade do meio hídrico subterrâneo do município de Farroupilha, revelou bons resultados quanto a potabilidade humana. Contudo, a pesquisa buscou contribuir com informações importantes para as perspectivas futuras no gerenciamento das águas subterrâneas locais, visando proporcionar melhorias no processo de uso e captação da água do subterrâneo.

### Abstract

Water is an essential natural resource for life on the planet and can be surface or underground. The drilling of groundwater wells has increased in recent years in Brazil, and this raises concerns about the quality of the water environment. The present work evaluated the technical information and physical-chemical parameters of 95 groundwater wells located in the municipality of Farroupilha/RS, where the SIAGAS database was used, with the objective of drawing an overview of the potability of these wells, from Ordinance 888/2021 of the Ministry of Health. From the results found, it can be observed that 47.4% of the wells presented complete information, with 29.5% of the wells characterized as industrial supply. Of the total number of wells evaluated, 20% were outside the potability limits and, among the industrial wells, 10.7% of the wells had physicochemical parameter values above the limits. It is important to note that in the general panorama of the quality of the underground water environment in the municipality of Farroupilha, it revealed good results regarding human potability. However, the research sought to contribute with important information for future perspectives in the management of local groundwater, aiming to provide improvements in the process of use and capture of groundwater.

DOI: <http://doi.org/10.14295/ras.v37i3.30235>

### Palavras-chave:

Águas de poços.  
Qualidade de água.  
Potabilidade.

### Keywords

Well water.  
Water quality.  
Potability.

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural imprescindível para a vida no planeta e pode estar localizada em áreas superficiais ou subterrâneas. As águas subterrâneas são consideradas importantes fontes de água doce em todo o mundo (ANA, 2017).

Sendo mais abundantes do que águas de rios e lagos, pois, embora se encontrem armazenadas em poros e fissuras nas rochas, ocorrem em grandes extensões, apresentando elevado volume hídrico. Devido a isso, sua composição química, apresenta características

controladas por inúmeros processos naturais, os quais incluem: os geológicos, os químicos, os geomorfológicos, os climáticos e os biológicos (ABAS, 2016).

As águas subterrâneas vem sendo uma solução para o abastecimento de água nos municípios, em maior quantidade em regiões rurais, por conta de falta de infraestrutura de saneamento. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), dentre os municípios brasileiros, 58% utilizam águas superficiais como única fonte de abastecimento, enquanto os outros 42% utilizam poços subterrâneos como forma de suplementar a distribuição dentro do município (ANA, 2017).

Em relação ao uso dessas águas, muitas vezes, é a única opção de acesso a água potável na zona rural ou nas periferias dos municípios, mas o que acaba ocorrendo é que muitos consumidores preferem utilizar esse recurso como uma fonte alternativa ao abastecimento público frente a questão financeira dos serviços, principalmente, perfurando de forma clandestina a fim de não ter custo mensal com o consumo de água. Também, o uso da água subterrânea também pode ser justificado pela sua boa qualidade, baixos custos de extração e a autonomia de possuir uma fonte hídrica exclusiva (CPRM, 2022).

Nos últimos anos, houve um aumento expressivo na quantidade de poços perfurados no Brasil em virtude da escassez hídrica. Fato que causa preocupação quanto a qualidade desses poços, e também, do recurso hídrico, mesmo que águas subterrâneas sejam menos suscetíveis a poluição do que águas superficiais (BRANCO et al, 2014).

Um ponto importante sobre a qualidade de água subterrânea é a proximidade dos poços com fossas (sépticas ou rudimentares), principalmente na zona rural dos municípios. Muitas vezes não há cuidado em distanciar um poço perfurado de uma fossa, e isso pode estar associado a contaminações e por consequência a baixa qualidade desse recurso hídrico, sendo relevante dependendo da profundidade do poço (CASALI, 2008).

As principais fontes de contaminação das águas subterrâneas são: os lixiviados de lixões e aterros sanitários/industriais mal operados e projetados; acidentes com substâncias tóxicas (principalmente no transporte em rodovias); atividades inadequadas de armazenamento, manuseio e descarte de matérias-primas, produtos, efluentes e resíduos em atividades industriais; vazamento em redes coletoras de efluentes domésticos de municípios; o uso incorreto de agrotóxicos e fertilizantes, junto com a irrigação que pode provocar a lixiviação de contaminantes para as águas subterrâneas. Outra forma de poluição das águas subterrâneas é quando poluentes são lançados diretamente no lençol freático, através de poços absorventes que não passam pelas camadas filtrantes do solo, isso acontece em poços mal projetados, construídos de forma errada, ou até mesmo, operados sem uma manutenção preventiva (ABAS, 2016).

Diante do exposto, esse estudo teve como principal objetivo traçar um panorama quanto a qualidade das águas subterrâneas dos poços do município de Farroupilha/RS, com base nos dados informados no cadastro do SIAGAS.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Farroupilha se localiza na serra gaúcha, sendo a terceira maior cidade da região, onde abrange uma área total de 360,4 km<sup>2</sup>. Fica a 110 km da capital do estado, Porto Alegre, onde compõe a aglomeração urbana do nordeste do Rio Grande do Sul (IBGE, 2023).

Sendo considerada um berço da imigração italiana no estado do Rio Grande do Sul, o município foi criado através do Decreto Estadual nº 5.779, em 11 de dezembro de 1934. Teve seu território desmembrado dos municípios de Caxias do Sul e Bento Gonçalves, onde teve seu nome em homenagem ao centenário da Revolução Farroupilha (FERNADES, 2015).

Estima-se que o município tenha em torno de 73.800 habitantes, onde, 87% estão localizados na zona urbana e 13% na zona rural do município. A empresa responsável pelo abastecimento de água potável do município é a Companhia Rio-Grandense de Saneamento - CORSAN (IBGE, 2023).

A cidade é abastecida através da barragem da Julieta e pela barragem do Burati, ambas no interior do município. A barragem da Julieta é responsável pelo abastecimento da área central, já a barragem do Burati fica responsável pelo abastecimento do restante do município (IBGE, 2023).

Há também a presença de alguns poços que captam águas subterrâneas, estes foram perfurados de forma particular, não fazem parte dos serviços públicos de saneamento e são o foco do presente trabalho (IBGE, 2023).

### 2.2 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

O levantamento de dados foi realizado a partir de uma consulta ao Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), sob a supervisão do Serviço Geológico do Brasil (SGB). Esse sistema, permite acesso a diversas informações de poços de municípios brasileiros para uso em pesquisas, monitoramento e gestão pública (CPRM, 2022).

Foram pesquisadas as informações dos poços cadastrados no município de Farroupilha, no estado do Rio Grande do Sul. A partir disso, os poços do município que constam no SIAGAS foram mapeados e separados quanto ao zoneamento urbano e rural.

As características técnicas (profundidade), os dados geológicos (formação litológica) e os parâmetros físico-químicos, foram obtidos nos cadastros dos poços. Os dados informados em cada um dos poços foram classificados como completos ou incompletos.

Poços com dados completos, possuíam todas as informações técnicas e parâmetros físico-químicos, já os poços com dados incompletos, não continham em seu cadastro essas informações. Também foram selecionados os poços onde a finalidade de uso era o abastecimento industrial, para se averiguar uma possível presença de elementos que possam ter algum potencial poluidor ao meio ambiente, relacionando o efeito das indústrias com a sua qualidade.

Os dados encontrados foram comparados aos valores máximos permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde, nº888/2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, especificamente, os anexos 4, 9 e 11. Os parâmetros que foram avaliados e os valores máximo permitidos para potabilidade das águas estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** – Valores máximos permitidos \*VMP pela Portaria nº888/2021, avaliados no estudo. Fonte: Portaria nº888, anexo 4, 9, 11 (2021).

Parâmetros	Unidade	VMP*
Alumínio	mg/L	0,2
Cobre	mg/L	2,0
Condutividade elétrica	µS/cm	-
Cor aparente	uH	15
Ferro	mg/L	0,3
Fluoreto	mg/L	1,5
Manganês	mg/L	0,1
pH	-	6,0 a 9,0
Temperatura	°C	-
Turbidez	uT	5

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

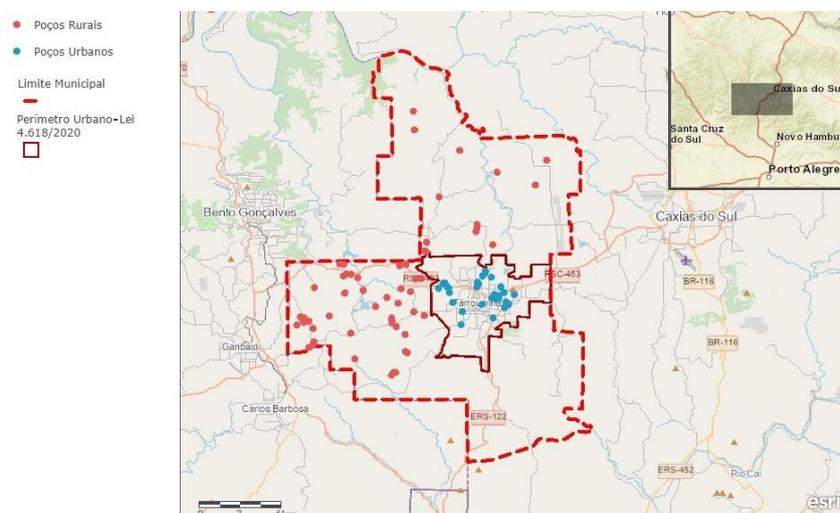
A seguir serão apresentados os resultados com base nos dados dos poços do município de Farroupilha, que estão cadastrados no SIAGAS.

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E DADOS DOS POÇOS SUBTERRÂNEOS

De acordo com o cadastro do SIAGAS, o município de Farroupilha apresenta 95 poços subterrâneos cadastrados. Porém estima-se que existam muitos outros que não estejam no cadastro oficial.

Com os dados compilados foi possível observar que dos 95 poços, 65,3% situam-se na zona rural e 34,7% na zona urbana do município, conforme apresentado abaixo na Figura 1. A localização dos poços cadastrados no sistema do SIAGAS, não representa a área mais ocupada pela população do município, que é o zoneamento urbano, que seria mais propenso a contaminações, já que há uma densidade populacional maior por metro quadrado do que no zoneamento rural (ABAS, 2016).

**Figura 1** – Distribuição dos poços por zoneamento em Farroupilha. Fonte: ARCGIS (2023), CPRM (2022), o autor (2023).



Os poços cadastrados foram divididos entre os poços com dados completos e incompletos, onde nos últimos constam somente as informações básicas dos poços ou apenas alguns parâmetros físico-químicos sem uma análise completa dos poços. Conforme apresentado na Tabela 2, o percentual dos poços com seus dados completos foi de 47,4% e os poços com dados incompletos se apresentaram em 52,6%.

Esse percentual de poços encontrados com dados incompletos, ressalta a importância de se manter atualizado o cadastro no sistema, para um melhor uso da plataforma de dados, pois, essas informações podem ser utilizadas na elaboração de políticas públicas nas esferas federais, estaduais e municipais. A manutenção do sistema atualizado pode trazer retorno positivo com relação a investimentos na região, relacionados na proteção ambiental dos recursos hídricos existentes, fiscalização de uso de águas de caráter de abastecimento urbano e industrial, realizando um monitoramento de uso dos recursos hídricos disponíveis no município.

**Tabela 2** – Dados dos poços cadastrados no SIAGAS no município de Farroupilha. Fonte: O autor (2023).

Informações poços	Nº de poços	Total (%)
Dados completos	45	47,4
Dados incompletos	50	52,6
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>100</b>
Abastecimento industrial	28	29,5

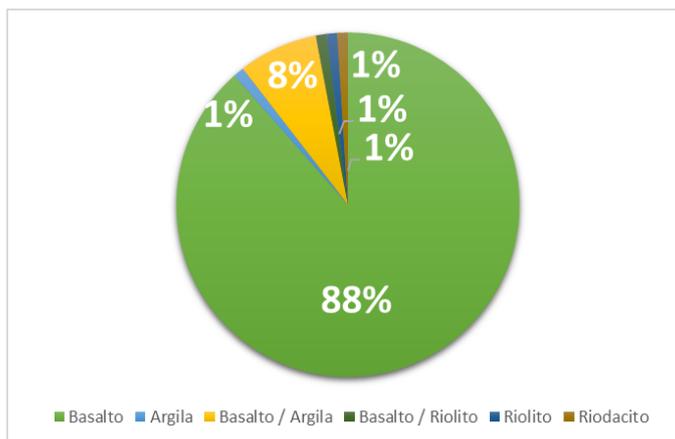
Os poços classificados como de abastecimento industrial, representaram 29,5% do total de poços do estudo, utilizando os dados de acordo com o abastecimento por parte do Serviço Geológico do Brasil (SGB) na base de dados do SIAGAS. Cabe ressaltar que a responsabilidade de atualização e inscrições dos dados no sistema de informações SIGAS fica a cargo dos gestores municipais e estaduais, mas não possui uma periodicidade pré definida, o que pode tornar o banco de dados desatualizado.

### 3.2 PARÂMETROS GEOLÓGICOS

Conforme as informações técnicas apresentadas nos cadastros dos poços, foram encontrados dados de litologia e profundidade. Diversos poços apresentaram características distintas entre eles, principalmente pela grande extensão territorial do município.

Na Figura 2, é possível verificar que dos poços cadastrados, 88% deles apresentam litologia oriunda de basalto, isso evidencia que o município de Farroupilha possui o basalto como sua principal estrutura de solo. Em 8% dos poços há a combinação de basalto e argila, tendo o basalto como componente majoritário, mas aparecendo a argila como componente secundário.

**Figura 2** – Dados de litologia dos poços no município de Farroupilha. Fonte: O autor (2023).



Em formações basálticas, o fluxo de água subterrânea ocorre principalmente, seguindo fraturas horizontais, muitas vezes próximas aos contatos entre as emendas das placas de basaltos, isso permite a recarga do lençol freático. A velocidade da recarga é considerada lenta, pois o fluxo se dá por conta de intersecção entre essas placas de basaltos, diminuindo a sua velocidade de reposição (FERNANDES et al., 2006).

Por outro lado, de acordo com dados de Grawer (2015) solos característicos de argila possuem moderada drenagem, dessa forma a infiltração da água que dá origem a recarga ao lençol freático é lenta. Esses solos são desenvolvidos a partir de rochas graníticas, apresentam textura variável podendo ser de arenoso a muito argiloso, fazendo com que a coloração seja amarelada ou avermelhada em suas águas.

Com isso, pode se observar que o solo do município de Farroupilha, tem por característica, uma lenta reposição de água o que faz com que poços rasos dependendo do uso, possam se esgotar mais rápido do que sua reposição, sendo necessário um cuidado quanto ao consumo. Porém, essa característica de lenta reposição, oferece como benefício, uma menor possibilidade de contaminação na recarga do lençol freático por lixiviação da camada mais superficial.

Em relação a profundidade dos poços, foram divididos em escalas de profundidade, conforme a Tabela 3. Verifica-se que poços inferiores a 100 metros de profundidade, representam 32,6% dos poços cadastrados, 46,3% estão na faixa de 100 a 150 metros, sendo essa, a faixa de profundidade predominante no estudo do município, e poços com profundidade acima de 150 metros, foi obtido um valor de 21,1% dos poços cadastrados.

Isso corrobora com Soares (2016), em que a profundidade média das entradas de água do subterrâneo do Rio Grande do Sul é em torno de 100 metros, sendo que dados mostram que existe entrada de água no estado, em até 200 metros.

**Tabela 3** – Valores de profundidade dos poços cadastrados no SIAGAS. Fonte: O autor (2023).

Profundidade	Nº de poços	Total (%)
< 100 metros	31	32,6
100 a 150 metros	44	46,3
> 150 metros	20	21,1
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>100</b>

Dessa forma, na maioria dos poços de água subterrânea do município de Farroupilha é mais comum a entrada da água no lençol freático do subterrâneo entre 100 e 150 metros, isso faz com que a água subterrânea tenha moderado risco de contaminação. Visto que, no estudo de Silva et al. (2012), foram apresentados dados que indicam que as captações de poços em profundidades mais rasas, são as que demonstram os maiores riscos de contaminação, devido a maior facilidade de contaminantes percolarem para as camadas do subterrâneo.

Por outro lado, foram observados também que terrenos com base de rochas como o basalto, apresentam maiores dificuldades de percolação quando comparados as camadas argilosas, onde estão presentes no município de Farroupilha em 9% dos poços encontrados, conforme apresentado anteriormente.

### 3.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Para a avaliação dos parâmetros físico-químicos, foram utilizados os dados disponíveis nos 95 poços encontrados. Esses dados foram segmentados no estudo, conforme as informações encontradas, para melhor expressar os resultados obtidos.

#### 3.3.1 pH E TEMPERATURA

No estudo dos poços de águas subterrâneas de Farroupilha, todos os 95 poços encontrados, constavam o resultado de pH em seu cadastro na base de dados, conforme apresentado na Tabela 4. Deste modo, é possível observar que a faixa de pH em que se encontra o maior número de poços é entre 6,0 e 7,5, representando 75,8% do total dos poços.

**Tabela 4** – Valores de pH dos poços cadastrados no SIAGAS. \* VMP - Valor Máximo Permitido. Fonte: Portaria nº888, anexo 4 (2021); O autor (2023).

pH	Nº de poços	Total (%)
< 6,0	1	1,1
6,0 a 7,5	72	75,8
> 7,5	22	23,1
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>100</b>
VMP*	6,0 a 9,0	
pH mín.	5,7	
pH máx.	8,8	
pH médio	7,1	

Percebe-se que entre todos os poços foi encontrado um valor médio de pH de 7,1, expondo um carácter de neutralidade nos poços do município. O menor valor encontrado foi de 5,7, única amostra abaixo do valor máximo permitido (VMP), entre 6,0 a 9,0, evidenciando uma característica mais ácida a esse poço, que pode ser por conta da característica do solo onde ele se localiza.

Por outro lado, o maior valor encontrado foi de 8,8, apresentando características alcalinas ao poço, mas dentro do VMP permitido, o que pode estar relacionado a minerais presentes no subterrâneo da região do poço. Conforme Fernandes et al. (2006), rochas basálticas tem como características naturais, valores de pH com potencial a tender para níveis alcalinos, ou seja, próximos a 8, isso evidencia os resultados encontrados nos poços do município de Farroupilha, com base na litologia encontrada oriunda na sua maioria de basalto.

Com relação a temperatura das águas dos poços apresentados, apenas 1 (um) poço (1%) pode ser considerado como de fonte hipotermal, apresentando temperatura entre 25 °C e 33 °C. Enquanto os demais poços (99%) foram considerados como poços de águas frias, que apresentam temperatura abaixo de 25 °C (Decreto Lei nº 7.841, 1945), conforme Tabela 5.

**Tabela 5** – Valores de temperatura dos poços cadastrados no SIAGAS. Fonte: O autor (2023).

Temperatura	Dados
Temperatura mín.	17 °C
Temperatura máx.	27 °C
Temperatura média	18,8 °C
Temperatura hipotermal (25 °C a 33 °C)	1%
Águas frias (abaixo de 25 °C)	99%
<b>Total</b>	<b>100 %</b>

A portaria de potabilidade não apresenta um limite para a temperatura e foi possível observar que a maior temperatura encontrada nos poços, foi de 27 °C, já a menor temperatura encontrada foi de 17 °C, onde com base em todas as temperaturas dos 95 poços cadastrados, pode-se traçar uma média geral de 18,8 °C na temperatura da água subterrânea do município.

#### 3.3.2 COR APARENTE E TURBIDEZ

No presente estudo foram encontrados 84,5% das amostras de poços com resultados de cor aparente abaixo de 15 uH (unidade de Hazen), onde, para potabilidade, conforme a Portaria nº888 de 2021, está apta para consumo humano (valor máximo permitido é de 15 uH). Apenas 15,5% dos poços têm valores de cor aparente superiores aos 15 uH, sendo, portanto, classificadas como impróprias para o consumo humano, conforme apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6** – Valores de cor aparente dos poços no SIAGAS. \* VMP - Valor Máximo Permitido. Fonte: Portaria nº888, anexo 11 (2021); O autor (2023).

Cor aparente	Nº de poços	Total (%)
< 15 uH	38	84,5
> 15 uH	7	15,5
VMP*	15 uH	
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100</b>
Cor aparente máx.	100 uH	

A cor e a turbidez podem ser relacionadas, pois os dois parâmetros indicam presença de sólidos em suspensão no meio, podendo ser um indício de presença de compostos que podem servir de nutriente para o desenvolvimento de microrganismos (VON SPERLING, 2005). Segundo Casali (2008), estes parâmetros podem ser corrigidos por meio de tratamentos de água convencionais com filtros de areia ou através da limpeza e manutenção de poços e de caixas de armazenamento de água.

No estudo podemos observar que os mesmos 84,5% dos poços subterrâneos que apresentaram cor aparente abaixo de 15 uH, também apresentaram valores de turbidez dentro dos padrões de potabilidade (5 Ut) (unidade de turbidez), conforme a Portaria nº888/2021. De acordo com a Tabela 7, os valores de turbidez acima de 5 uT foram encontrados em 7 (sete) poços, sendo que o maior valor de turbidez foi de 23 uT, valor elevado em relação ao máximo permitido que é de 5 uT.

Como os poços que apresentaram valores elevados se encontram no perímetro urbano, pode ser oriundo de contaminação antrópica destes pontos (regiões urbanas de maior concentração de habitantes), ou, através do solo argiloso característico em 9% do município. Pois, conforme descrito por Grawer (2015), solos com textura argilosa fazem com que a coloração seja amarelada ou avermelhada em suas águas, onde também, essa turbidez elevada pode estar relacionada ao efeito das chuvas intensas na época da coleta das amostras enviadas para análise.

**Tabela 7** – Valores de turbidez dos poços do SIAGAS. \* VMP - Valor Máximo Permitido. Fonte: Portaria nº888, anexo 11 (2021); O autor (2023).

Turbidez	Nº de poços	Total (%)
< 5 uT	38	84,5
> 5 uT	7	15,5
VMP*	5 uT	
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100</b>
Turbidez máx.	23 uT	

### 3.3.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E FLUORETO

No parâmetro de condutividade elétrica, todos os 95 poços apresentaram os resultados no cadastro do SIAGAS, sendo que a faixa de maior abrangência dos poços foi de 150 a 200 µS/cm (microsiemens por centímetro), representando 47,4% do total de poços, conforme descrito na Tabela 8. A menor condutividade elétrica encontrada no estudo foi de 73,8 µS/cm, já o maior valor encontrado foi de 482 µS/cm (área central do município), com isso o estudo apresentou uma média de todos os poços em 176,6 µS/cm.

**Tabela 8** – Valores de condutividade elétrica dos poços cadastrados no SIAGAS. Fonte: O autor (2023).

Condutividade	Nº de poços	Total (%)
< 150 µS/cm	32	33,7
150 a 200 µS/cm	45	47,4
> 200 µS/cm	18	18,9
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>100</b>
Condutividade elétrica mín.		73,8 µS/cm
Condutividade elétrica máx.		482 µS/cm
Condutividade elétrica média		176,6 µS/cm

Conforme Fernandes et al. (2006), os resultados encontrados indicam que águas subterrâneas que apresentam condutividades inferiores a 200 µS/cm, principalmente em tipos de terrenos com rochas basálticas, possuem baixa solubilidade em água, portanto, fornecem poucos componentes iônicos ao meio aquífero, consequentemente, apresentam baixa condutividade elétrica. Isso está em conformidade com o resultado encontrado no município de Farroupilha, que predomina esse tipo de composição rochosa, onde foi encontrado valores de condutividade em sua maioria abaixo de 200 µS/cm nas águas subterrâneas.

De acordo com a geologia da região, as águas subterrâneas podem apresentar além da condutividade elétrica baixa, um maior nível de flúor se o subsolo rochoso possuir mineral fluoretado na sua composição (CASALI, 2008). Conforme Noll e Oliveira (2018), esta situação ocorre em 54 municípios do estado do Rio Grande do Sul, com predomínio de rochas fluoretadas em sua litologia e a região do município de Farroupilha se enquadrando no referido estudo, nos quais em parte da água distribuída com flúor natural, os teores são maiores que 0,60 mg/L.

No presente estudo, foi observado que do total de poços do município, 97,7% apresentaram concentrações de fluoreto no meio hídrico menores que 1,5 mg/L, sendo assim, apresentando valores dentro dos limites de potabilidade (1,5 mg/L). Apenas um poço apresentou uma maior concentração de fluoreto, 1,84 mg/L, localizado na área central do município, conforme Tabela 9.

Da mesma forma, no estudo realizado por Casali (2008), na região central do Rio Grande do Sul, no município de Santa Maria, a concentração de fluoretos das águas consumidas variou de 0,1 a 0,2 mg/L e em muitos pontos monitorados ficaram abaixo do nível de detecção < 0,1 mg/L.

**Tabela 9** – Concentrações de fluoreto dos poços do SIAGAS. \* VMP - Valor Máximo Permitido. Fonte: Portaria nº888, anexo 11 (2021); O autor (2023).

Fluoreto	Nº de poços	Total (%)
< 1,5 mg/L	44	97,7
> 1,5 mg/L	1	2,3
VMP*	1,5 mg/L	
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100</b>
Fluoreto máx.	1,84 mg/L	

Outras regiões do estado do RS apresentam teores de flúor mais elevados em suas águas subterrâneas, como no estudo realizado por Costa et al. (2004), no município de Santa Cruz do Sul/RS, onde as concentrações de fluoretos em águas subterrâneas apresentaram concentrações superiores aos padrões de potabilidade, indicando que a litologia da região apresenta rochas mais fluoretadas em sua composição.

### 3.3.4 ALUMÍNIO E FERRO

Em relação ao parâmetro de alumínio, no estudo foram encontrados 39 poços (86,7%) com valores dentro dos parâmetros de potabilidade (VMP = 0,2 mg/L), sendo que em 6 poços (13,3%), foram encontrados resultados acima do VMP, conforme apresentado na Tabela 10. Sendo que, em um poço cadastrado no município de Farroupilha foi observada a maior concentração, 3,4 mg/L.

**Tabela 10** – Concentrações de alumínio dos poços do SIAGAS. \* VMP - Valor Máximo Permitido. Fonte: Portaria nº888, anexo 11 (2021); O autor (2023).

Alumínio	Nº de poços	Total (%)
< 0,2 mg/L	39	86,7
> 0,2 mg/L	6	13,3
VMP*		0,2 mg/L
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100</b>
Alumínio máx.		3,4 mg/L

A presença de alumínio e ferro, juntamente com outros compostos inorgânicos são comuns nas águas subterrâneas em regiões de ocorrência de basaltos em sua composição litológica, assim como o município de Farroupilha, que apresenta quase que em sua totalidade esse tipo de rocha no seu subsolo. Porém, em alguns casos, os compostos podem estar presentes pela contaminação das tubulações dos poços antigos ou pela entrada de água superficial trazendo consigo uma concentração maior ao meio subterrâneo afetando a qualidade do lençol freático (MAHAN, 2000).

Conforme estudo de Cleto (2008), realizado em Portugal, o alumínio é um dos elementos presentes na chuva ácida, que contamina rios, lagos, animais e seres humanos. Além da contribuição das chuvas ácidas, as concentrações de alumínio nas águas subterrâneas podem ser aumentadas, direta ou indiretamente, pela atividade humana através de descargas industriais e efluentes domésticos municipais, arrastamento de terra contendo alumínio em sua composição e através da presença de complexos de alumínio que a matéria orgânica pode formar naturalmente.

Já os resultados de ferro, 80% dos poços cadastrados no SIAGAS estavam dentro dos padrões de potabilidade (VMP = 0,3 mg/L), e em 20%, representados por 9 (nove) poços, foram encontrados valores acima do limite de potabilidade, tornando impróprio ao consumo humano. Pode-se observar na Tabela 11, que a maior concentração de ferro encontrada no estudo foi de 22 mg/L, localizado em um ponto do município na área urbana e central de Farroupilha.

**Tabela 11** – Concentrações de ferro dos poços do SIAGAS. \* VMP - Valor Máximo Permitido. Fonte: Portaria nº888, anexo 11 (2021); O autor (2023).

Ferro	Nº de poços	Total (%)
< 0,3 mg/L	36	80
> 0,3 mg/L	9	20
VMP*		0,3 mg/L
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100</b>
Ferro máx.		22 mg/L

Segundo estudos de Picanço et al. (2002), onde houve a avaliação dos teores de ferro nas águas subterrâneas da região metropolitana de Belém, revelou que as águas comumente apresentam teores de ferro acima do limite de potabilidade (0,3 mg/L). A correlação desses teores com parâmetros determinantes da dissolução/precipitação do ferro e do desenvolvimento de ferro-bactérias, bem como as características construtivas dos poços, permitiu identificar esses fatores que contribuem para a ocorrência de ferro nas águas estudadas da região.

Como mencionado anteriormente, conforme Mahan (2000), a presença de ferro é normalmente encontrada em regiões de ocorrência de basaltos em sua composição litológica, fator esse predominante no presente estudo dos poços do município de Farroupilha. Porém, não se pode descartar que possa ocorrer contaminação das tubulações dos poços muito antigos, com falta de manutenção ou até mesmo a entrada de água superficial no subsolo, trazendo consigo uma concentração elevada de ferro afetando a sua qualidade.

### 3.3.5 MANGANÊS E COBRE

No presente estudo o parâmetro de manganês, foram encontrados em 42 poços (93,3%) com valores dentro dos parâmetros de potabilidade (VMP = 0,1 mg/L), sendo que em 3 poços (6,7%), apresentou valores acima do VMP, conforme apontado na Tabela 12. A maior concentração de manganês encontrada nas águas foi de 0,321 mg/L, esse elemento em excesso (acima de 1 mg/L) pode conferir gosto amargo e metálico na água subterrânea (EMBRAPA, 2015).

**Tabela 12** – Concentrações de manganês dos poços do SIAGAS. \* VMP - Valor Máximo Permitido. Fonte: Portaria nº888, anexo 11 (2021); O autor (2023).

Manganês	Nº de poços	Total (%)
< 0,1 mg/L	42	93,3
> 0,1 mg/L	3	6,7
VMP*		0,1 mg/L
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100</b>
Manganês máx.		0,321 mg/L

Conforme estudos realizados pela Embrapa (2015), mostraram que o manganês em maiores concentrações em águas subterrâneas está possivelmente relacionado à geologia do local, através da dissolução de rochas e minerais, o que pode estar causando uma acumulação de bactérias ferruginosas, que crescem e se reproduzem oxidando o ferro ferroso dissolvido e o manganês dissolvido pre-

sente na água, gerando precipitados insolúveis. Este processo leva à formação de uma massa vermelho-acastanhada, viscosa, constituída por precipitados, colônias de bactérias e produtos orgânicos e aderem às conexões dos encanamentos, ralos e invadem tubulações de distribuição de água.

Em relação ao parâmetro de cobre, foram encontrados em 43 poços (95,6%) com valores dentro dos parâmetros de potabilidade (VMP = 2,0 mg/L), e apenas aparecendo em 2 poços (4,4%) com valores acima, conforme demonstrado na Tabela 13. Neste estudo de poços do município de Farroupilha, foi encontrada a maior concentração de manganês em 3,88 mg/L.

**Tabela 13** – Concentrações de cobre dos poços do SIAGAS. \* VMP - Valor Máximo Permitido. Fonte: Portaria nº888, anexo 11 (2021); O autor (2023).

Cobre	Nº de poços	Total (%)
< 2,0 mg/L	43	95,6
> 2,0 mg/L	2	4,4
VMP*	2,0 mg/L	
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100</b>
Cobre máx.	3,88 mg/L	

Para os dois poços onde a concentração de cobre está acima do VMP, há uma tendência muito grande deste se associar com o manganês, presente em maiores concentração em três poços, assim desenvolvendo uma oxidação  $Mn^{+2}$  (mais solúvel) e  $Mn^{+4}$  (menos solúvel), juntamente com o cobre, que pode resultar em precipitados insolúveis que aderem a tubulação. (MAHAN,2000).

### 3.4 POÇOS DE ABASTECIMENTO INDUSTRIAL

Conforme avaliado na base de dados do SIAGAS, alguns poços foram classificados quanto ao seu destino de abastecimento, em urbano e industrial. Dos 95 poços encontrados no SIAGAS, o município de Farroupilha conta com 28 poços registrados como de uso da água em abastecimento industrial, conforme apresentado na Tabela 14.

**Tabela 14** – Abastecimento dos poços conforme cadastro no SIAGAS. Fonte: O autor (2023).

Abastecimento	Nº de poços	Total (%)
Urbano	67	70,5
Industrial	28	29,5
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>100</b>

De acordo com os dados da Prefeitura de Farroupilha (2017), há o registro de 3.948 indústrias localizadas no município, e há uma abundante variedade de segmentos da indústria. Principalmente com destaque para o setor metalúrgico (31,1%), papelão (15,9%), malheiro (15,2%), plástico (12,3%), vitivinícola (11,2%), moveleiro (5,5%), calçados (4,8%) e outros (4%), as quais, movem a economia local e ampliam a demanda de mão de obra.

Dentre todos os parâmetros analisados para os poços industriais, apenas 3 poços (10,7%) apresentaram valores acima do limite de potabilidade, o que faz com que esses poços se tornem impróprios para consumo da água, para os parâmetros cor aparente, turbidez, alumínio, fluoreto e ferro. Conforme apresentado abaixo na Tabela 15, com destaque para os valores acima do VMP.

**Tabela 15** – Parâmetros analisados nos poços de abastecimento industrial. VMP - Valor Máximo Permitido. \* - Valores acima do VMP.

Fonte: Portaria nº888, anexo 4, 9, 11 (2021); O autor (2023).

Parâmetros	Poço 1	Poço 2	Poço 3	VMP	Unidade
Alumínio	0,36*	< 0,05	< 0,05	0,2	mg/L
Cobre	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2	mg/L
Condutividade elétrica	307	482	73,8	-	µS/cm
Cor aparente	< 5	< 5	50*	15	uH
Ferro	0,55*	< 0,05	0,26	0,3	mg/L
Fluoreto	0,49	1,84*	0,41	1,5	mg/L
Manganês	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1	mg/L
pH	7,65	7,63	6,67	6,0 a 9,0	-
Temperatura	18,8	17,3	18,3	-	°C
Turbidez	7,02*	0,38	4,96	5	uT

Para o poço 1, os parâmetros de alumínio, ferro e turbidez, estão acima dos padrões de potabilidade (Al 0,2 mg/L, Fe 0,3 mg/L, Turbidez 5 uT). Esse poço está localizado próximo as indústrias que exercem atividades no setor metalúrgico, porém, os valores encontrados não estão muito elevados, o que pode ser uma característica de origem natural, até mesmo por não saber a localização do ponto de recarga no lençol freático da região do poço e pelas características litológicas do município, como apresentado anteriormente.

No poço 2, o fluoreto está acima dos padrões de potabilidade (1,5 mg/L), onde apresentou valor de 1,84 mg/L, porém, os outros parâmetros ficaram dentro dos limites da Portaria do Ministério de Saúde nº888/2021. Isso deixa como possibilidade, que o poço pode ter sido perfurado próximo a rochas fluoretadas como visto anteriormente, evidenciando ser um flúor natural encontrado na água subterrânea em questão, principalmente por não se tratar de um alto valor encontrado.

Já no poço 3, foi encontrado o parâmetro de cor aparente acima dos padrões de potabilidade (15 uH), com um resultado de 50 uH, onde esse poço apresentou todos os outros parâmetros dentro dos limites da Portaria nº888/2021. O que chama atenção é a turbidez que está próximo ao limite de 5 uT, foi encontrado 4,96, podendo estar associado a litologia argilosa do solo onde o poço foi perfurado.

No estudo de Casarini (1998), no estado de São Paulo, avaliando poços de águas subterrâneas de abastecimento urbano e industrial, ficou evidente que o setor industrial é o que mais compete com o abastecimento urbano para utilizar o recurso hídrico subterrâ-

neo. Por outro lado, as fontes potenciais de poluição do recurso hídrico subterrâneo, inclui tanto as fontes industriais, bem como, as municipais de centros urbanos, sendo que as substâncias tóxicas e perigosas que possuem um potencial risco à saúde pública frequentemente são mais associadas à fonte industrial.

Contudo, Kelner e Oliveira (2022) indicam que uma política de gestão de recurso hídrico subterrâneo deve estabelecer padrões de qualidade e diretrizes para remediação. Também, deve haver um monitoramento para garantir a qualidade dos recursos hídricos nos municípios brasileiros, possibilitando uma atividade industrial e urbana de forma segura e sustentável.

Para uma melhor avaliação da qualidade dos poços subterrâneos, deveriam ser realizadas coleta e análises periódicas quanto ao uso dos poços e levando em consideração todos os parâmetros de potabilidade com dados completos, conforme indica a Portaria nº888/2021 do Ministério da Saúde. Sendo eles, os parâmetros microbiológicos (coliformes totais e escherichia coli); parâmetros orgânicos (benzeno e xilenos); parâmetros de agrotóxicos (DDT, DDD, DDE e glifosato); parâmetros de desinfecções (2,4-diclorofenol e cloramidas) e parâmetros de cianotoxinas (cilindrospermopsinas e saxitoxinas).

Somente com os dados completos dos parâmetros citados e avaliação dos pontos de recarga dos poços, é possível determinar com maior precisão qualquer origem de contaminação dos mesmos. Entretanto, neste estudo realizado no município de Farroupilha, não foi possível obter esses dados, ficando limitado as análises físico-químicas.

Contudo, a consistência e o enriquecimento do banco de dados e acarretaria aumento de custos para os donos dos poços ou para os gestores públicos. Entretanto, avaliações periódicas em regiões onde há suspeita de contaminação poderia ser viabilizada através de parcerias com empresas públicas e privadas.

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo contou com a avaliação de 95 poços tubulares de águas subterrâneas no município de Farroupilha, cadastrados na base de dados do SIAGAS. Em relação à distribuição dos poços no município, pode-se observar maior concentração de poços na área com menor densidade populacional do município, a zona rural (65,3%).

Quanto a litologia do solo, o estudo apresentou como base principal do município, o basalto, aparecendo em 88% dos poços com essa característica predominante. Segundo a avaliação dos poços cadastrados no município de Farroupilha, 47,4% apresentaram o cadastro completo, o que evidencia uma necessidade de estimular tais registros e monitoramentos, principalmente, para se ter um panorama mais completo e fidedigno que envolve a qualidade da água do município estudado.

Dos poços cadastrados, 80% apresentaram conformidade com a Portaria n.º888/2021 do Ministério da Saúde, para a potabilidade humana da água subterrânea. Pode-se observar nos poços de abastecimento industrial, 10,7% foram classificados como não potáveis, por conta dos valores acima do máximo permitido.

De maneira geral, a plataforma SIAGAS traz informações sobre os parâmetros naturais das água subterrâneas nos municípios brasileiros, o que permitiu relacionar com a potabilidade. Entretanto, os dados não são periodicamente atualizados, não subsidiando um gerenciamento e mapeamento da poluição dessas águas.

O enriquecimento do banco de dados com informações periódicas e consistentes poderiam contribuir para a gestão hídrica do país, monitorando a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.

#### REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Hidroweb*. 2017. Acesso em: 12 jan. 2023. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb-mobile/mapa>.
- ARCGIS. *ArcGIS: Online Software Esri*. 2023. Acesso em: 10 de mar. 2023. Disponível em: <https://www.esri.com/arcgis/products/arcgis-online/overview>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (ABAS). *Águas subterrâneas, o que são?* 2016. Acesso em: 28 jan. 2023. Disponível em: <https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/>.
- BRANCO, A. C.; ALBUQUERQUE, C. A. S.; SABADIA, J. A. B.; SOUTO, M. V. S. Qualidade das águas subterrâneas do município de Frecheirinha – Estado do Ceará e caracterização das obras de captação. *Revista de Geologia*. 2014, v. 27, n. 2, p. 183-200. Acesso em: 11 jul. 2022. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/39521/1/2014\\_art\\_acbranco.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/39521/1/2014_art_acbranco.pdf).
- BRASIL. *Decreto-lei N° 7.841 de 8 de agosto de 1945*. Código de Águas Minerais. Acesso em: 11 jul. 2022. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/1937-1946/De17841.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1937-1946/De17841.htm).
- BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. *Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde*. 4. Ed. Brasília: Funasa, 2013. Acesso em: 11 jul. 2022. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf).
- 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, 29 p. Acesso em: 03 mai. 2023. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_07\\_05\\_2021.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html).
- CASALI, Carlos Alberto. *Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul*. 2008. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciências do Solo, UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Acesso em: 11 jul. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5472/CARLOSCASALI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CASARINI, Dorothy C. P. As águas subterrâneas e a indústria. *Revista Águas Subterrâneas*. 1998. v. 1, n. 1, pp. 1-14. Acesso em: 11 abr. 2023. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22319>.

CLETO, Catarina Isabel Terenas Pinto. *O alumínio na água de consumo humano*. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Química Industrial, UBI - Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2008. Acesso em: 03 mai. 2022. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2842/1/TESE%20FINAL.pdf>.

COSTA, A. B.; LOBO, E. A.; KIRST, A.; SOARES, J.; GOETTEMES, C. H. Estudo comparativo da concentração de flúor, pH e condutividade elétrica da água subterrânea dos municípios de Santa Cruz do Sul, Venâncio Aires e Vera Cruz, RS, Brasil. In: *XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, p.01-16, 2004. Acesso em: 01 mai. 2023. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23463>.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS/ SGB - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS*. Rio de Janeiro, 2022. Acesso em: 11 mar. 2023. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Principais problemas de qualidade da água subterrânea da região do Alto Uruguai Catarinense (e subsídios para resolvê-los). Concórdia/SC. *Comunicado Técnico 531: Embrapa/SC*. 2015. 9 p. Acesso em: 05 mai. 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1040759/1/final8046.pdf>.

FERNANDES, A. J.; MALDANER, C.; WAHNFRIED, I.; FERREIRA, L. M. R.; PRESSINOTTI, M. M. N.; VARNIER, C.; IRITANI, M. A.; HIRATA, R. Modelo conceitual preliminar de circulação de água subterrânea no aquífero Serra Geral, Ribeirão Preto, SP. In: *XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, p.01-16, 2006. Acesso em: 01 mai. 2023. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23059/15180>.

FERNANDES, Cassiane Curtarelli. *Uma história do grupo escolar Farroupilha: Sujeitos e práticas escolares (Farroupilha/RS, 1927 - 1949)*. 2015. 218 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Educação, UCS - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2015. Acesso em: 11 jul. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/1100/Dissertacao%20Cassiane%20Curtarelli%20Fernandes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

GRAWER, Jade. *Diagnóstico hidrogeológico e hidroquímico da bacia hidrográfica do baixo Jacuí-RS utilizando o banco de dados do SIAGAS/CPRM*. 2015. 62 f. Monografia (Graduação) – Curso de Geologia, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Acesso em: 11 jul. 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/131987>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. *Cidades: Farroupilha, Rio Grande do Sul, Brasil*. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2023. Acesso em: 20 mai. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/farroupilha/panorama>.

KELLNER, E.; OLIVEIRA, F. E. S. A agressividade da água e a possibilidade de alteração da qualidade para o consumo humano. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2022, v. 27, n. 1, pp. 159-168. Acesso em: 10 jul. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-415220200372>.

MAHAN, B. M. *Química: um curso universitário*. 4. Ed, São Paulo: Ed. Blücher, 2000.

NOLL, R.; OLIVEIRA, I. L. Fluoretação das águas de abastecimento público no âmbito da CORSAN. In: *XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2018. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo. Acesso em: 11 jul. 2022. Disponível em: <https://docplayer.com.br/11181451-Vii-017-fluoretacao-das-aguas-de-abastecimento-publico-no-ambito-da-corsan.html>.

PICANÇO, F. E. L.; LOPES, E. C. S.; SOUZA, E. L. Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da região metropolitana de Belém/PA. In: *XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. 2002. ABAS. Acesso em: 10 jul. 2022. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22823>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FARROUPILHA. Secretaria municipal de gestão e governo. *Dados do município de Farroupilha/RS, 2017*. Acesso em: 05 mai. 2023. Disponível em: <https://farroupilha.rs.gov.br/pagina/id/3/?dados-do-municipio.html>.

SILVA, J. L. S.; OSORIO, Q. S.; MOREIRA, C. D.; LÖBLER, C. A. Captações de água subterrânea no campus da UFSM, Santa Maria – RS. *Revista Monografias Ambientais - REMOA*. 2012, v. 9, n. 9, p. 1953-1969. Acesso: 01 mai. 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/5688>.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Instituto Trata Brasil. *Estudo de águas subterrâneas*. 2018. Acesso em: 10 jul. 2022. Disponível em: [https://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/aguas-subterraneas-e-saneamento-basico/Estudo\\_aguas\\_subterraneas\\_FINAL.pdf](https://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/aguas-subterraneas-e-saneamento-basico/Estudo_aguas_subterraneas_FINAL.pdf).

SOARES, Alice Dutra. *Caracterização hidrogeológica e hidroquímica das águas subterrâneas do município de Osório, RS*. 2016. 117 f. Monografia (Graduação) – Curso de Geologia, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Acesso em: 01 mai. 2023. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/150916>.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. Vol. 1. 3ª ed. 452p.