

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Jaqueline Ullrich de Medeiros

**ANÁLISE DA PRESENÇA DE FLUORETO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO
COLETIVO NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Frederico Westphalen, RS

2023

Jaqueline Ullrich de Medeiros

**ANÁLISE DA PRESENÇA DE FLUORETO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO
COLETIVO NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Malva Andrea Mancuso

Frederico Westphalen, RS, Brasil

2023

Jaqueline Ullrich de Medeiros

**ANÁLISE DA PRESENÇA DE FLUORETO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO
COLETIVO NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Aprovado em 05 de dezembro de 2023:

Malva Andrea Mancuso, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Juliana Scapin, Dr. (UFSM)
(Banca Examinadora)

Fernando Pasini, Me. (Universidad Tecnológica del Uruguay)
(Banca Examinadora)

Alexandre Couto Rodrigues, Dr. (UFSM)
(Suplente Banca Examinadora)

Frederico Westphalen, RS

2023

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Alcindo Ullrich e Teresa Wagner Ullrich, pai e mãe, essa conquista é para vocês. Só tenho a agradecer pelo amor, incentivo e apoio incondicional para realizar esse sonho. Obrigada minha irmã Beatriz S. pelas palavras de apoio.

Felipe de Medeiros, meu marido, obrigada por me apoiar nesse sonho, por todo amor, por me acompanhar na mudança, por sempre me incentivar nas atividades e não me deixar desistir.

Á Prof. Dr. Malva Andrea Mancuso, pela orientação acadêmica e apoio.

RESUMO

ANÁLISE DA PRESENÇA DE FLUORETO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO COLETIVO NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

AUTOR: Jaqueline Ullrich de Medeiros
ORIENTADOR: Malva Andrea Mancuso

Este estudo objetivou analisar a ocorrência de fluoreto em poços de abastecimento público instalados em municípios da 2ª Coordenadoria Regional de Saúde do Rio Grande do Sul – 2ª CRS. A qual abrange 26 municípios, que utilizam águas do Sistema Aquífero Serra Geral para suprir as demandas de água para consumo humano. De acordo com a 2ª CRS, entre 2014 e 2022 dos vinte e seis municípios vinte apresentaram sistemas de abastecimento de água com concentrações de fluoreto superiores ao Valor Máximo Permissível indicado pela Portaria Nº 2.914/2011 (1,5mg/L) para o consumo humano. Em 2022, de 417 poços (Sistemas de Abastecimento Coletivo - SACs), 21% apresentaram fluoreto acima do VMP, afetando 6.854 habitantes (19% da população abastecida por SACs). O município de Ametista do Sul apresenta (78,79%) do total de população abastecida com água que possui concentrações superiores ao permitido, seguido pelo município de Rodeio Bonito e pelo de Vicente Dutra. Os municípios com maior população afetada foram Novo Tiradentes, Frederico Westphalen e Liberato Salzano. A população instalada no meio rural, que é abastecida por SACs, tem maior risco de sofrer doenças relacionadas às elevadas concentrações de fluoreto nas águas de abastecimento.

Palavras-Chave: Água Subterrânea. Abastecimento Público. Fluoreto.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE PRESENCE OF FLUORIDE IN THE COLLECTIVE SUPPLY SYSTEM IN THE NORTHWEST OF RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: Jaqueline Ullrich de Medeiros
ADVISOR: Malva Andrea Mancuso

This study aimed to analyze the occurrence of fluoride in public supply wells installed in municipalities of the 2nd Regional Health Coordination of Rio Grande do Sul – 2nd CRS. Which covers 26 municipalities, which use water from the Serra Geral Aquifer System to meet water demands for human consumption. According to the 2nd CRS, between 2014 and 2022 of the twenty-six municipalities twenty water supply systems with fluoride concentrations higher than the Maximum Permissible Value indicated by Ordinance No. 2,914/2011 (1.5mg/L) for human consumption. In 2022, of 417 wells (Collective Supply Systems - SACs), 21% showed fluoride above the VMP, affecting 6,854 inhabitants (19% of the population supplied by SACs). The municipality of Ametista do Sul has (78.79%) the total population supplied with water that has concentrations higher than permitted, followed by the municipality of Rodeio Bonito and Vicente Dutra. The municipalities with the largest affected population were Novo Tiradentes, Frederico Westphalen and Liberato Salzano. The population living in rural areas, which is supplied by SACs, is at greater risk of suffering diseases related to high concentrations of fluoride in the water supply.

Keywords: Subterranean water. Public Supply. Fluoride.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Municípios localizados na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul	10
Figura 2 - Retirada de água subterrânea para uso consuntivo no Brasil em m³/s	11
Figura 3 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2015, no município de Frederico Westphalen (RS).....	13
Figura 4 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2022, no município de Ametista do Sul (RS).	14
Figura 5 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2022, no município de Cristal do Sul (RS).	15
Figura 6 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2018, no município de Rodeio Bonito (RS).....	16
Figura 7 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2016, no município de Derrubadas (RS).....	17
Figura 8 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2020, no município de Taquaruçu do Sul (RS).	18
Figura 9 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2022, no município de Alpestre (RS).....	19
Figura 10 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2022, no município de Bom Progresso (RS).	20
Figura 11 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2021, no município de Caiçara (RS).....	21
Figura 12 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2017, no município de Érvál Seco (RS).....	22
Figura 13 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2018, no município de Esperança do Sul (RS).	24
Figura 14 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2019, no município de Iraí (RS).	25
Figura 15 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2020, no município de Liberato Salzano (RS).....	26
Figura 16 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2016, no município de Novo Tiradentes (RS).	27
Figura 17 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2019, no município de Pinhal (RS).	28
Figura 18 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas	

apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2015, no município de Planalto (RS).....	30
Figura 19 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2019, no município de Seberi (RS).....	31
Figura 20 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2021, no município de Três Passos (RS).....	33
Figura 21 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2022, no município de Vicente Dutra (RS).....	34
Figura 22 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2020, no município de Vista Alegre (RS).....	35
Figura 23 - Percentual de amostras de águas subterrâneas com concentração de fluoreto acima de 1,5 mg/L no período de 2014 a 2022, entre os municípios da 2ª CRS (RS).....	37
Figura 24 - Número de habitantes abastecidos em relação à água com fluoreto acima de 1,5 mg/L no período de 2014 a 2022, entre os municípios da 2ª CRS (RS)	38
Figura 25 - Percentual de municípios com concentração de fluoreto acima de 1,5 mg/L no período de 2014 a 2022, entre os municípios da 2ª CRS (RS).....	39
Figura 26 - Relação de SACs ativas com histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L no período de 2014 a 2022, entre os municípios da 2ª CRS (RS)	39
Figura 27 - Número de SACs com fluoreto acima de 1,5 mg/L entre 2014 e 2022, em municípios da 2ª CRS do Rio Grande do Sul	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	4
3.2 SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL.....	4
3.3 FLÚOR.....	5
3.3.1 Flúor na natureza	5
3.3.2 Ocorrências de concentrações anômalas de flúor	5
3.3.3 Efeitos do flúor no ser humano	6
3.3.4 Origem de flúor	7
3.4 LEGISLAÇÃO.....	7
3.5 VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	8
3.5.1 Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano.....	8
3.5.2 Vigilância dos Teores de Fluoretos na Água de Abastecimento.....	8
4. METODOLOGIA	10
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	10
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
5.1 FREDERICO WESTPHALEN.....	12
5.2 AMETISTA DO SUL.....	13
5.3 CRISTAL DO SUL.....	14
5.4 RODEIO BONITO.....	15
5.5 DERRUBADAS.....	16
5.6 TAQUARUÇU DO SUL.....	17
5.7 ALPESTRE.....	18
5.8 BARRA DO GUARITA.....	19
5.9 BOM PROGRESSO.....	20
5.10 CAIÇARA.....	21
5.11 ERVAL SECO.....	22
5.12 ESPERANÇA DO SUL.....	23

5.13 IRAÍ.....	24
5.14 LIBERATO SALZANO	25
5.15 NOVO TIRADENTES	26
5.16 PALMITINHO	27
5.17 PINHAL.....	28
5.18 PINHEIRINHO DO VALE.....	29
5.19 PLANALTO	29
5.20 SEBERI	30
5.21 TENENTE PORTELA	31
5.22 TIRADENTES DO SUL.....	32
5.23 TRÊS PASSOS	32
5.24 VICENTE DUTRA	33
5.25 VISTA ALEGRE	34
5.26 VISTA GAÚCHA	35
6. ANÁLISE INTEGRADA DOS RESULTADOS.....	37
7. CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem público considerado indispensável para a vida. O abastecimento das comunidades pode ser de águas superficiais ou de águas subterrâneas, e deve atender aos padrões de qualidade, bem como as concentrações máximas definidas pela Portaria de Consolidação nº 5, de 3 de outubro de 2017, para que seja adequada ao consumo humano.

Em comunidades onde o abastecimento é proveniente de poços, dependendo dos sistema aquífero pode ser encontrado o elemento flúor. É um elemento distribuído no ambiente geológico e pode ser encontrado em algumas rochas, como o granito, basalto e xisto (BHATNAGAR; KUMARA E SILLANPAA; 2011).

Ainda de acordo com Bhatnagar; Kumara e Sillanpaa (2011), no mundo mais de 200 milhões de pessoas consomem água com concentrações de flúor acima dos valores permitidos pela OMS. É utilizado o processo de adsorção para o processo de desfluoretação da água, em virtude de ser um processo mais simples e menos oneroso. Porém o método mais utilizados para a desfluoretação da água é a precipitação e a adsorção (FAN, PARKER E SMITH, 2002).

O ramo do conhecimento que trata de compreender a distribuição de espécies químicas na água subterrânea é a hidrogeoquímica das águas subterrâneas, a qual objetiva compreender a origem e a evolução química dos constituintes presentes na água, que ocorrem em virtude de processos físico-químicos-biológicos que acontecem durante o fluxo das águas subterrâneas nos aquíferos, desde a zona de recarga na superfície até os exutórios naturais (MESTRINHO, 2008).

Segundo Hirata, Zoby e Oliveira (2010), os aquíferos abastecem de 20 a 40% da população do país, especialmente em cidades de pequeno a médio porte. De maneira que torna-se de suma importância a água subterrânea para o abastecimento público e privado, suprimindo desde a necessidade de comunidades e utilizado também pelas indústrias.

No entanto o consumo de água com concentrações superiores ao recomendado pela legislação nacional pode provocar problemas de saúde, sendo que os sintomas podem ser agudo ou crônicos. No caso do consumo de água subterrânea com excesso de fluor podem aparecer manchas brancas, marrom e pretas no dente é o efeito tóxico do consumo crônica por flúor, o qual é o mais eletronegativo dos elementos da tabela periódica e por isso em contato com o dente

“troca de lugar” com o cálcio provocando as manchas e deixando os dentes frágeis e suscetíveis a infecções, provocando deformação do esmalte provocando aumento de porosidade, opacidade e erosão do esmalte.

Ingestão de flúor em quantidade acima do limite estabelecido pela resolução, por um longo período de tempo, principalmente até os 5 anos da criança, pode causar uma lesão de hipomineralização, subsuperficial profunda até a superfície do esmalte externo, em casos mais graves se rompendo após a erupção (WHO, 1984 APUD FEJERSKOV et al., 1991).

Concentrações superiores a 1mg/L de fluoreto na água consumida pode ocasionar fluorose dentária, e concentrações superiores de 8 mg/L pode ocasionar fluorose ósseas quando ingerido por longo período de vida (Marimon, 2006).

O acompanhamento da concentração de flúor na água é uma forma de avaliar a qualidade das águas que estão sendo consumidas, possibilitando a prevenção de cárie e fluorose dentária. Sendo essa uma medida de proteção à saúde humana.

A 2º Coordenadoria Regional de Saúde está enfrentando problemas de abastecimento de água na região Noroeste do Rio Grande do Sul, onde o abastecimento das residências ocorre pelo Sistemas de Abastecimento Individual-SAI ou pelo Sistemas de Abastecimento Coletivo-SAC, onde a causa dos problemas pode ser em virtude de concentrações de flúor acima dos padrões de consumo humano (MANCUSO, SCHROEDER E SILVÉRIO DA SILVA, 2013).

Conforme a Portaria GM/MS N° 888/2021 a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, define SAC e Sai como: Solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC): no qual a modalidade de abastecimento coletivo é destinada a fornecer água potável, sem rede de distribuição. Solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI): é a modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a uma única residência.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a ocorrência e concentração do íon fluoreto em poços de abastecimento público dos municípios que compõem a 2º Coordenadoria Regional de Saúde – 2ª CRS, e que exploram água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG).

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Avaliar a evolução histórica da presença de fluoretos na água subterrânea do Sistema de Abastecimento Coletivo-SAC dos municípios da 2ª CRS;
2. Quantificar o número de residências que se abastecem com água com fluoretos acima do VMP, de acordo com a legislação, nos municípios de responsabilidade da 2ª CRS.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A água resultante de precipitação infiltra no solo, e pode ser armazenada na zona subsaturada a qual é encontrada acima do nível hidrostático, bem como na zona saturada que se encontra abaixo dela. A água armazenada na zona saturada é a água subterrânea (LEINZ; AMARAL, 1980).

Na Resolução N° 15, de 11 de janeiro de 2001, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, considera Águas Subterrâneas como “As águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo” (BRASIL, 2011).

Conforme Santiago (2010), a água subterrânea se movimenta e preenche os poros das rochas sedimentares ou rochas fraturadas, e por fissuras em rochas maciças, auxiliando assim o fluxo dos rios.

3.2 SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) ocorre na forma de derrames basálticos da formação Serra Geral (formação fraturada, onde a água flui por fraturas entre as rochas maciças), ocorrendo em condições não extrusivas, originando extensos platôs. Transcende o Estado do Paraná, e abrange os estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Mato Grosso do Sul, além da Argentina, Paraguai e Uruguai (SOUZA, 2004).

A Formação Serra Geral engloba um conjunto de rochas vulcânicas básica e ácida, cobrindo metade da superfície do estado do Rio Grande do Sul (ROISENBERG E VIERO, 2000).

Conforme o Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (DEPDE/SURHMA), 80% do abastecimento público das cidades encontradas sobre a Formação Serra Geral realiza a exploração de água do SASG (NANNI, 2008).

Santa Catarina, o Oeste do Paraná e o Noroeste do Rio Grande do Sul, utilizam as águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral como fonte de abastecimento das cidades, se não completamente, mas serve como um apoio a comunidades rurais isoladas do sistema urbano coletivo de distribuição (SCHEIBE; HIRATA, 2008).

3.3 FLÚOR

O flúor pertence ao grupo dos halogênio, e tem como maior característica a tendência de atrair elétrons para si ao estabelecer uma ligação, pertencendo ao segundo grupo da tabela periódica. É um elemento reativo, corrosivo, tóxico e possui alta eletronegatividade entre todos os elementos.

3.3.1 Flúor na natureza

As concentrações estão entre 0,1 a 1,5 mg/L em águas naturais, bem como em águas subterrâneas. A concentração do Cálcio limita a concentração do Flúor (COSTA SANTOS, 2008).

Conforme Costa Santos (2008), os fluoretos encontram-se em pequenas concentrações nas águas subterrâneas. O mineral fluorita é considerado a principal fonte natural, a qual é primária em rochas ígneas plutônicas como os granitóides. O elemento flúor é liberado das rochas através do intemperismo e muda para as águas.

No Brasil foram identificadas concentrações de flúor acima do Valor Máximo Permissível de 1,5 mg/L (decreto 05/2017), nos três tipos de aquíferos: poroso granular do Sistema Aquífero Guarani/SAG; no cristalino fissural do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia Sedimentar do Paraná; no cristalino do Estado do Rio de Janeiro, no cristalino e Bacia Sedimentar em São Paulo e também no Cárstico-poroso, Grupo Bambupi, em rochas carbonáticas no NE de Goiás e na região de São Francisco no Estado de Minas Gerais (SANTIAGO E SILVÉRIO DA SILVA, 2009).

A ocorrência do flúor é relacionada aos processos ígneos ou magmáticos (composição química da rocha de origem). São liberados pelo intemperismo dos materiais, onde o flúor passa às soluções aquosas supergênicas na forma do íon fluoreto livre dissolvido, com alta mobilidade.

3.3.2 Ocorrências de concentrações anômalas de flúor

Observou-se a existência de concentrações anômalas de Flúor em águas subterrâneas, nos três tipos de aquíferos: a) Poroso/Sedimentar (Sistema Aquífero Guarani); b) Fraturado/Fissural (Cristalino Estados de São Paulo e Rio de Janeiro) e

nas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral; c) Cástico/Karst (Grupo Bambuí) no Estado de Minas Gerais (SANTIAGO, 2010).

Conforme Andreazzini et al. (1986) cita como fatores controladores da concentração de flúor nas águas naturais: a temperatura, pH, presença de íons e coloides complexantes, solubilidade dos minerais que contêm F, capacidade de troca iônica dos materiais do aquífero, o tamanho e os tipos das formações geológicas percoladas pelas águas subterrâneas.

Foram identificadas águas subterrâneas com concentrações anômalas de flúor superiores a 1,5 mg/L nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e Rio de Janeiro (SANTIAGO E SILVÉRIO DA SILVA, 2009).

3.3.3 Efeitos do flúor no ser humano

Durante os últimos anos observou-se um aumento significativo da exposição da população às diversas fontes de flúor, sendo dentifrícios e água de abastecimento público. O flúor ingerido na quantidade recomendada pela legislação pode ser fundamental na prevenção e controle das cáries dentárias em crianças e adultos, e é obrigatória em baixas concentrações em águas de abastecimento público para esta finalidade.

As populações consomem água *in natura* com elevado teor de flúor, podendo causar então fluorose, doença óssea degenerativa, sendo um alvo importante de prevenção e controle de saúde pública. Tem sido identificados casos de fluorose em vários países, onde de acordo com os estudos tem relação com consumo de águas subterrâneas que contem altos teores de flúor.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda para prevenção de cáries, o consumo de 0,5 a 1,5 mg/L de fluoreto na água para consumo humano. Conforme estudos concentrações superiores a 1,0 mg/L de fluoreto nas águas podem causar fluorose dentária e em casos de concentrações superiores a 4,0 mg/L pode causar fluorose óssea, quando ingeridos por um longo período.

A fluorose dentária é um distúrbio que afeta o esmalte e se manifesta por meio de manchas esbranquiçadas e amarronzadas na superfície do esmalte dentário, ou podendo causar a perda em sua estrutura (CARDOSO et al., 2001).

A fluorose esquelética causa o endurecimento ou o aumento anormal da

densidade óssea. Os efeitos são observados nas articulações do pescoço, joelho, pélvis e ombro, bem como as articulações das mãos e pés (GUPTA; DESHPANDE, 1998).

3.3.4 Origem de flúor

A ocorrência anômala do flúor em águas explotadas do SASG causou muita discussão a respeito de sua origem e distribuição no aquífero. Uma das hipóteses apresentada acredita que a interação água-rocha em prolongado tempo provoca a dissolução das rochas fluoretadas e ingresso do elemento nas águas subterrâneas (MARIMON, 2006).

Conforme Costa et al. (2004), o flúor em águas subterrâneas é de origem natural, em virtude à passagem destas através dos minerais, como afluorita, criolita, fluorapatita.

Outra hipótese está no controle estrutural e baseia-se na conexão hidráulica entre os diferentes tipos de aquíferos, onde por intermédio de estruturas tectônicas que possibilitam a ascensão de águas de aquíferos sotopostos ao aquífero contaminado. Assim tem-se águas com diversas condições de mistura do SAG em águas acima nas rochas vulcânicas do SASG, gerando várias fácies hidroquímicas (NANNI, 2008; SANTIGO, 2010).

3.4 LEGISLAÇÃO

Os padrões de potabilidade para consumo humano de acordo com a Portaria Ministério da Saúde Nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011), bem como adotado pela Resolução Conama Nº 396/2008 (BRASIL, 2008), e a Portaria de Consolidação nº 5/2017 estabelece o valor máximo permissível (VMP) para a concentração de 1,5 mg/L.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente aprovou a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008) a qual trata da classificação e diretrizes ambientais para enquadramento, bem como prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas. Porém não contemplou o flúor como Valor de Referência da Qualidade – VQR.

A Portaria nº 518/2004 (BRASIL, 2004) estabelece como Valor máximo

Permissível (VMP) de concentração de flúor (F) de 1,5 mg/L para água subterrânea. Devido à falta de conhecimento de qual seria a origem dessa anomalia, acaba ocasionando sérios problemas a saúde pública e ocasionando gastos às finanças, em virtude da necessidade de outras formas de abastecimento da comunidade afetada.

O Rio Grande do Sul possui a Portaria Estadual nº10/1999 onde é possível verificar que faixa ótima de concentração de flúor presente na água para consumo humano, deve estar entre 0,6 a 0,9 mg/L, sendo assim mais restritiva que a Legislação Federal.

3.5 VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA

3.5.1 Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

A Secretaria Estadual de Saúde do estado do Rio Grande do Sul possui o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua), a qual busca garantir à população acesso à água em quantidade e qualidade de acordo com o padrão de potabilidade.

Para auxiliar o gerenciamento de riscos à saúde da população possui o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua), onde são gerenciados dados coletados pelos municípios que são cadastrados como fontes de abastecimento de água, com os dados do monitoramento da qualidade da água realizado.

3.5.2 Vigilância dos Teores de Fluoretos na Água de Abastecimento

O Sistema de Vigilância do Teor de Fluoreto (VIGIFLUOR), tem por objetivo analisar o teor de flúor encontrado na água para consumo humano, que é distribuída em todas as formas de abastecimento público disponível para a população, onde preocupa-se com o benefício proporcionado pelo flúor para a saúde bucal, bem como na prevenção e diminuição da cárie dentária (CEVS).

Através da Secretária Municipal de Saúde todo município é responsável por realizar análises mensais da água dos parâmetros obrigados pela Portaria GM/MS Nº 888/2021.

No VIGIFLUOR, os relatórios mensais são analisados, e caso ocorram

resultados fora do padrão determinados para fluoreto, os responsáveis pelo VIGIÁGUA são comunicados para tomar as providências necessárias.

4. METODOLOGIA

Os dados utilizados para análise foram disponibilizados pela 2ª Coordenadoria Regional de Saúde.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na região noroeste do Rio Grande do Sul, zona transfronteiriça do compartimento Norte – Alto Uruguai do Sistema Aquífero Guarani, no qual está confinado pelo Sistema Aquífero Serra Geral.

A 2ª Coordenadoria Regional da Saúde contempla 26 municípios dentre eles: Frederico Westphalen, Ametista do Sul, Cristal do Sul, Rodeio Bonito, Derrubadas, Taquaruçu do Sul, Alpestre, Barra do Guarita, Bom Progresso, Caiçara, Erval Seco, Esperança do Sul, Iraí, Liberato Salzano, Novo Tiradentes, Palmitinho, Pinhal, Pinheirinho do Vale, Planalto, Seberi, Tenente Portela, Tiradentes do Sul, Três Passos, Vicente Dutra, Vista Alegre e Vista Gaúcha (Figura 1).

Figura 1 - Municípios localizados na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul



Fonte: 2ª Coordenadoria Regional de Saúde-CRS do estado do RS

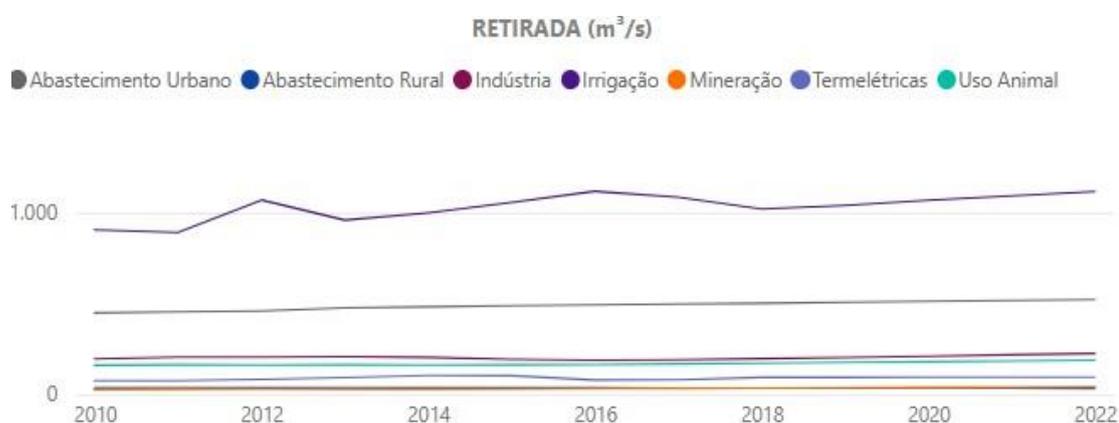
De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), cerca de 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes superficiais e subterrâneas para atender aos diversos usos consuntivos múltiplos e setoriais.

No Brasil, a água é utilizada principalmente para irrigação de lavouras,

abastecimento público, atividades industriais, geração de energia, extração mineral, aquicultura, navegação, turismo e lazer. Além disso, podem classificar os usos de água em dois tipos, os consuntivos e os não consuntivos. Os consuntivos são aqueles que retiram água do manancial e a consomem, como para irrigação, para indústria e o abastecimento humano. Já os usos não consuntivos não envolvem o consumo direto da água, como o lazer, a pesca e a navegação.

Conforme apresentado na Figura 2, é possível observar a quantidade da utilização da água em m^3/s para fins consuntivos.

Figura 2 - Retirada de água subterrânea para uso consuntivo no Brasil em m^3/s



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA,2021)

O Brasil é considerado um dos dez países com maior área equipada para irrigação. Observa-se pela figura que desde 2010 até 2022 a retirada de água para irrigação se manteve alta, em 2022 a irrigação obteve um valor de retirada de $1.114,99247 m^3/s$, enquanto o menor valor foi em 2011 com $890,18637 m^3/s$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão expostos separados e indicados as particularidades de cada município.

5.1 FREDERICO WESTPHALEN

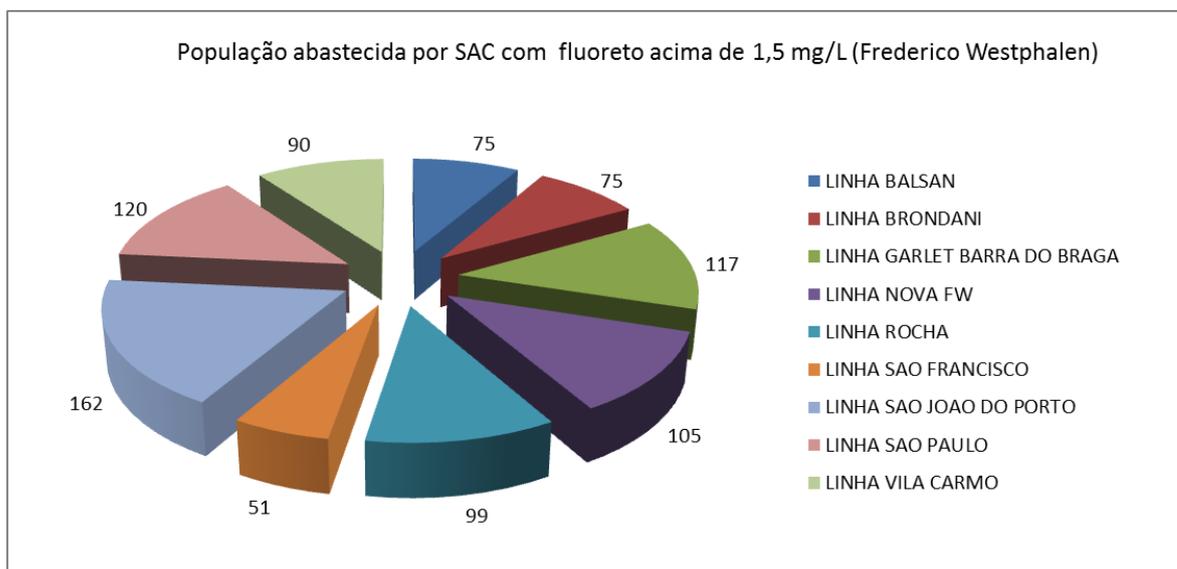
É um município da região Noroeste do Rio Grande do Sul. Localiza-se a uma altitude 27°21'33" sul e uma longitude 53°23'40" oeste. Sua população é de 31.675 habitantes, possuindo uma área de 265,181 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Frederico Westphalen, 32 poços permitem a distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 2642 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA)

No período de 2014 a 2022 foram realizadas 523 coletas e análises de amostras da água subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 23 amostras com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,4 mg/L a 8,6 mg/L (máximo de 2015 obtido em água coletada no poço da Linha Brondani). Ao todo, das 32 SACs ativas, 9 (28,12%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2014 a 2022 extraída de SAC teve um aumento natural de 110%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2015, no município de Frederico Westphalen (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.2 AMETISTA DO SUL

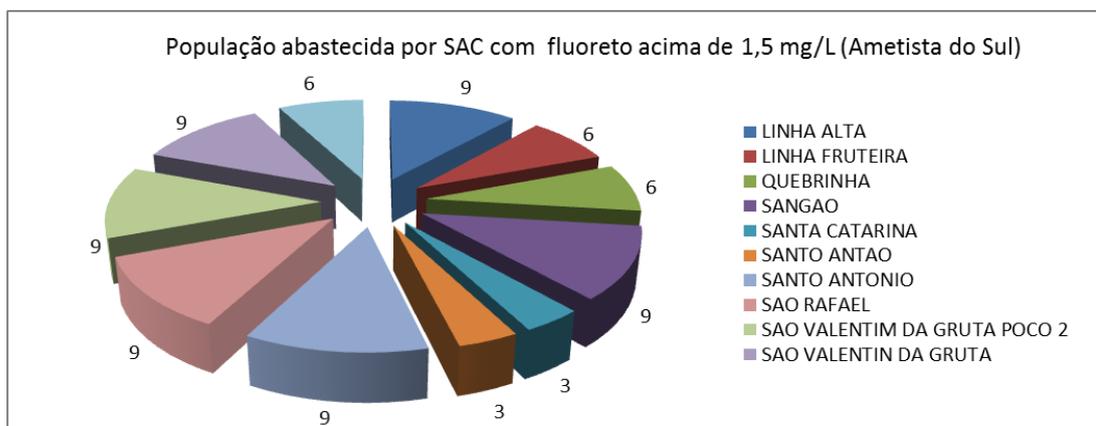
É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 7.396 habitantes, possuindo uma área de 93.704 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Ametista do Sul, 15 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 99 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2022 foram realizadas 230 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 123 amostras (53,5%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,6 mg/L a 6,2 mg/L (máximo de 2022 obtido em água coletada no poço de Tres Coqueiros). Ao todo, das 15 SACs ativas, 11 (73%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2014 a 2022 extraída de SAC teve um aumento de 12%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2022, no município de Ametista do Sul (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.3 CRISTAL DO SUL

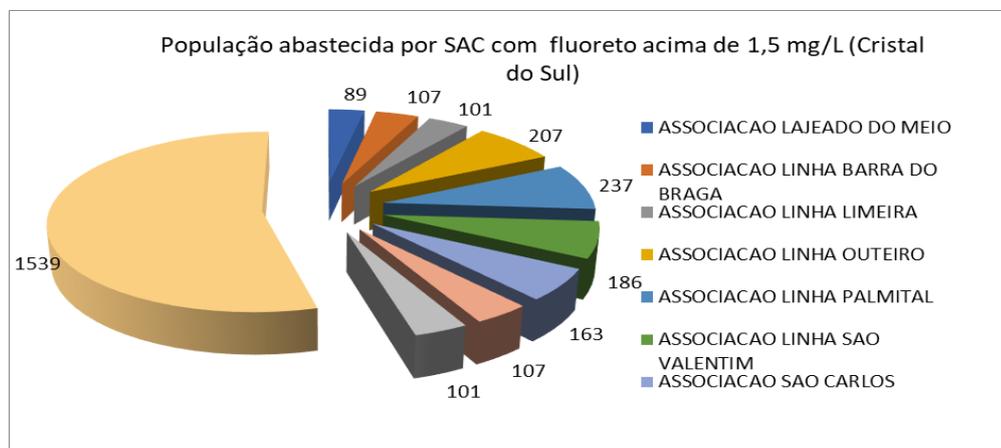
É um município situado no noroeste do Rio Grande do Sul. Localiza-se a uma latitude 27°27'14" sul e longitude 53°14'47" oeste. Sua população é de 2.840 habitantes, possuindo uma área de 97.077 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Cristal do Sul, 10 poços permitem a distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população 2837 pessoas, porem dentre os 14 pontos de distribuição apenas 1 possui tratamento da água.

No período de 2015 á 2022 foram realizadas 221 coletas e análises de amostras de água subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 25 amostras com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria N° 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 2 mg/L a 6,4 mg/L (máximo de 2022 obtido em água coletada no poço da Linha Barra do Braga). Ao todo, das 10 SACs ativas, 2 (20%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2015 a 2022 estraída de SAC teve um aumento de 53%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2022, no município de Cristal do Sul (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.4 RODEIO BONITO

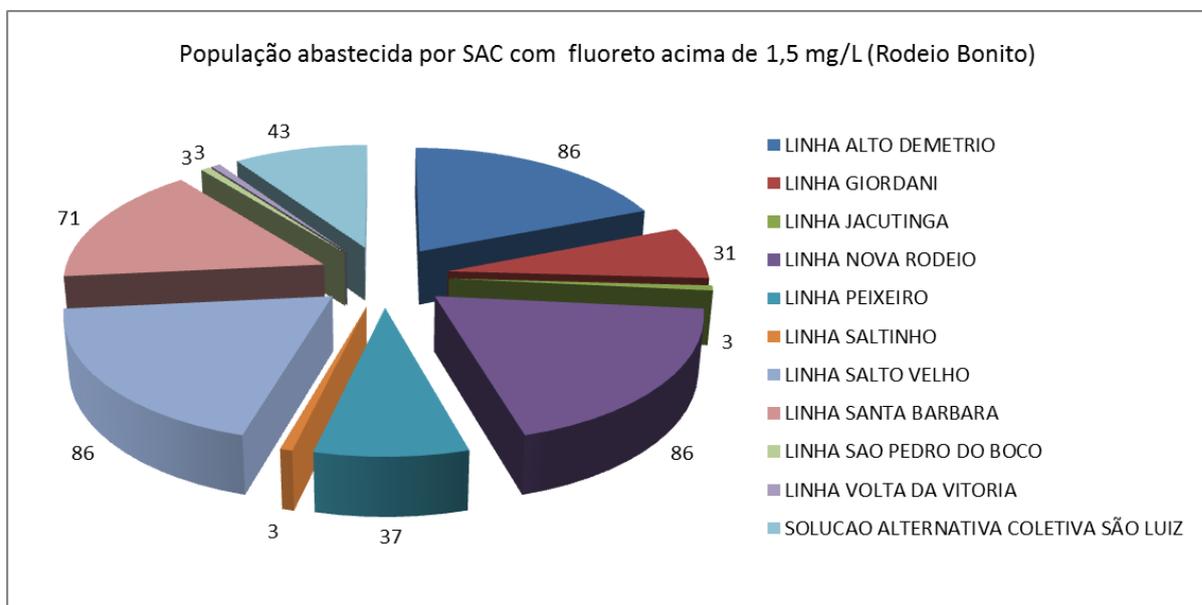
É um município situado no noroeste do Rio Grande do Sul. Localiza-se a uma altitude 27°28'9" sul e longitude 53°10'8". Sua população é de 5.868 habitantes, possuindo uma área de 83.275 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Rodeio Bonito, 20 poços permitem distribuição de Solução Alternativa Coletiva-SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 704 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período de 2015 e 2021 foram realizadas 247 coletas e análises de amostras da água subterrâneas, onde foram encontradas 24 amostras (9,72%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,6 mg/L a 3,5 mg/L (máximo de 2018 obtido em água coletada no poço da Linha Nova e Linha São Pedro do Boco). Ao todo, das 20 SACs ativas, 11 (55%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2015 a 2021 extraída de SAC teve um aumento de 14%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2018, no município de Rodeio Bonito (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.5 DERRUBADAS

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Localiza-se a uma altitude 27°15'57" sul e longitude 53°51'45" oeste. Sua população é de 2.718 habitantes, possuindo uma área de 360.851 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

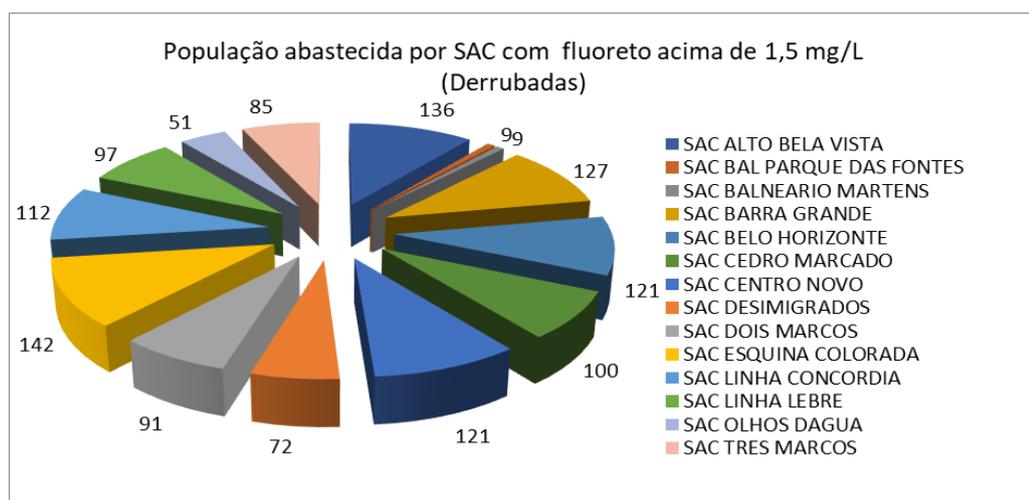
No município de Derrubadas, 14 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 1273 pessoas, possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2022 foram realizadas 431 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 123 amostras (28,54%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,7 mg/L a 3,2 mg/L (máximo de 2016 obtido em água coletada no poço de Barra Grande). Ao todo, das 14 SACs ativas, 2 (14,28%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público

nos anos de 2014 a 2022 estraída de SAC teve uma diminuição de 11%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2016, no município de Derrubadas (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.6 TAQUARUÇU DO SUL

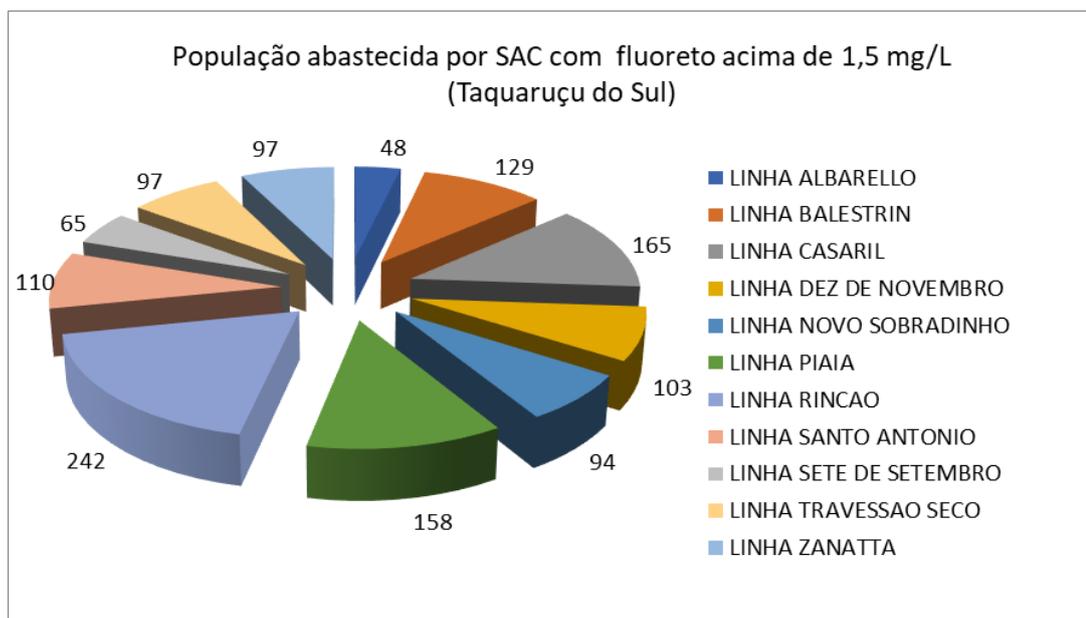
É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 3.081 habitantes, possuindo uma área de 76.917 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Taquaruçu do Sul, 11 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 1308 pessoas, 9 poços possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2022 foram realizadas 204 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 16 amostras (7,84%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,2 mg/L a 2,9 mg/L (máximo de 2020 obtido em água coletada no poço da Linha Casaril). Ao todo, das 11 SACs ativas, 1 (9,09%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2014 a 2022 extraída de SAC teve um aumento de 17%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2020, no município de Taquaruçu do Sul (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.7 ALPESTRE

Sua população é de 5.885 habitantes, possuindo uma área de 325.979 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

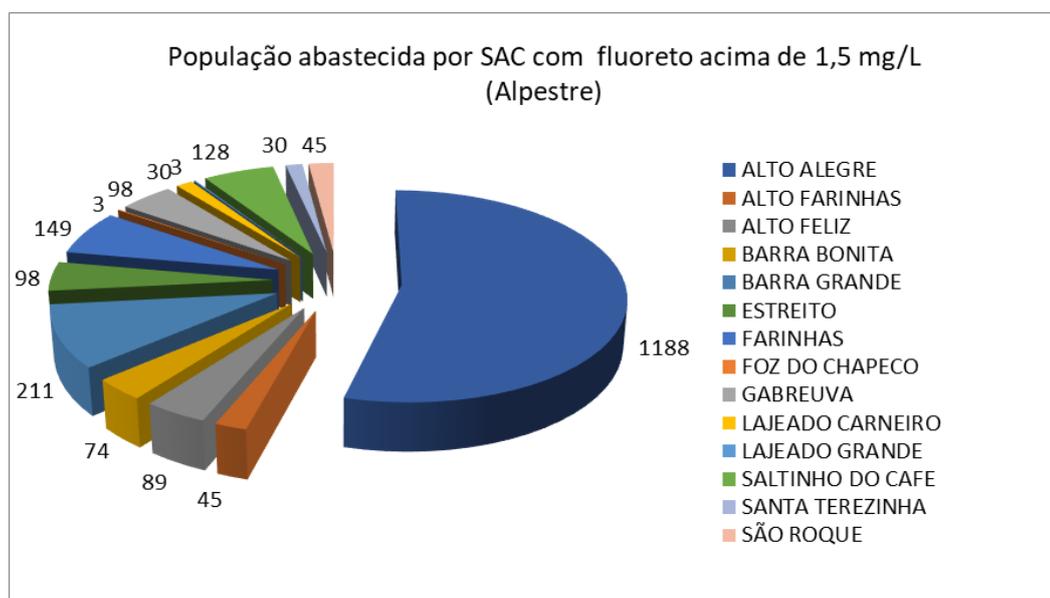
No município de Alpestre, 14 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 247 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2022 foram realizadas 155 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 11 amostras (7,09%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 2,1 mg/L a 3,7 mg/L (máximo de 2022 obtido em água coletada no poço de Estreito). Ao todo, das 7 SACs ativas, 2 (28,57%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5

mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2014 a 2022 extraída de SAC teve um aumento de 23%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2022, no município de Alpestre (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.8 BARRA DO GUARITA

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 3.266 habitantes, possuindo uma área de 62.801 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Barra do Guarita, 11 poços permitem a distribuição de água para o abastecimento público, como sistema de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 652 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA)

No período de 2014 até 2022 foram realizadas 159 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e não obteve-se o máximo de fluoreto de 1,5 mg/L permitido para consumo humano conforme Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011).

5.9 BOM PROGRESSO

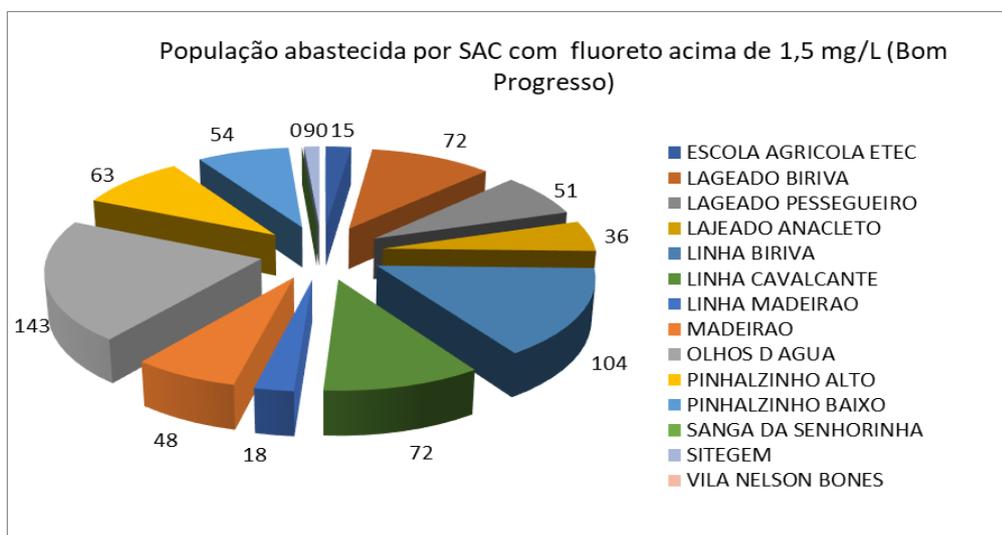
É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 1.858 habitantes, possuindo uma área de 89.206 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Bom Progresso, 15 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 685 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2015 e 2022 foram realizadas 61 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 4 amostras (6,56%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria N^o 2914/2011 (BRASIL, 2011), com máximo de 1,6 mg/L (máximo de 2019 á 2022 obtido em água coletada no poço de Pinhalzinho Alto). Ao todo, das 15 SACs ativas, 1 (6,66%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2015 a 2022 extraída de SAC teve um aumento de 13%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2022, no município de Bom Progresso (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.10 CAIÇARA

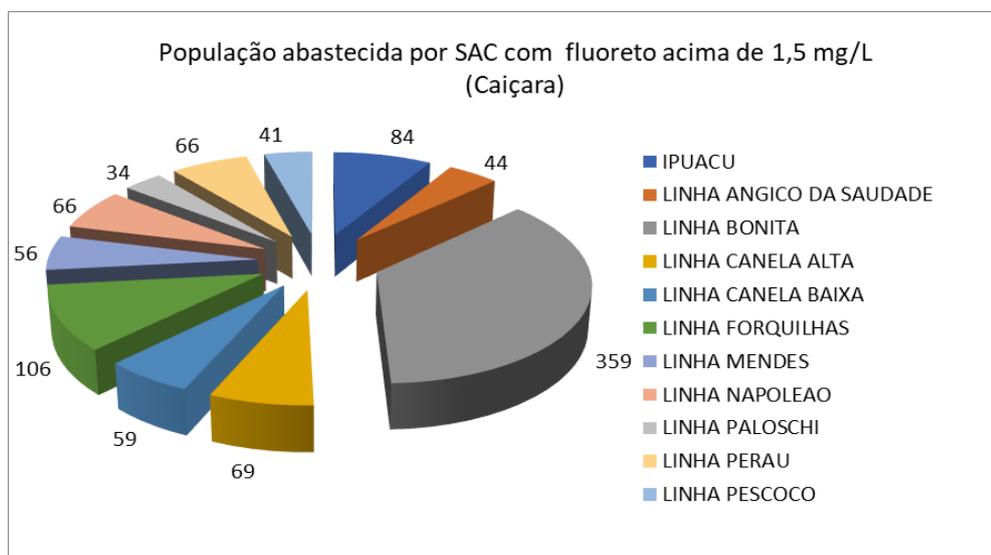
É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 4.659 habitantes, possuindo uma área de 189.160 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Caiçara, 11 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 984 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2015 e 2022 foram realizadas 313 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 88 amostras (28,11%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,6 mg/L a 7,5 mg/L (máximo de 2021 obtido em água coletada no poço da Linha Mendes). Ao todo, das 11 SACs ativas, 6 (54,54%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2015 a 2022 extraída de SAC teve um aumento de 13%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2021, no município de Caiçara (RS).



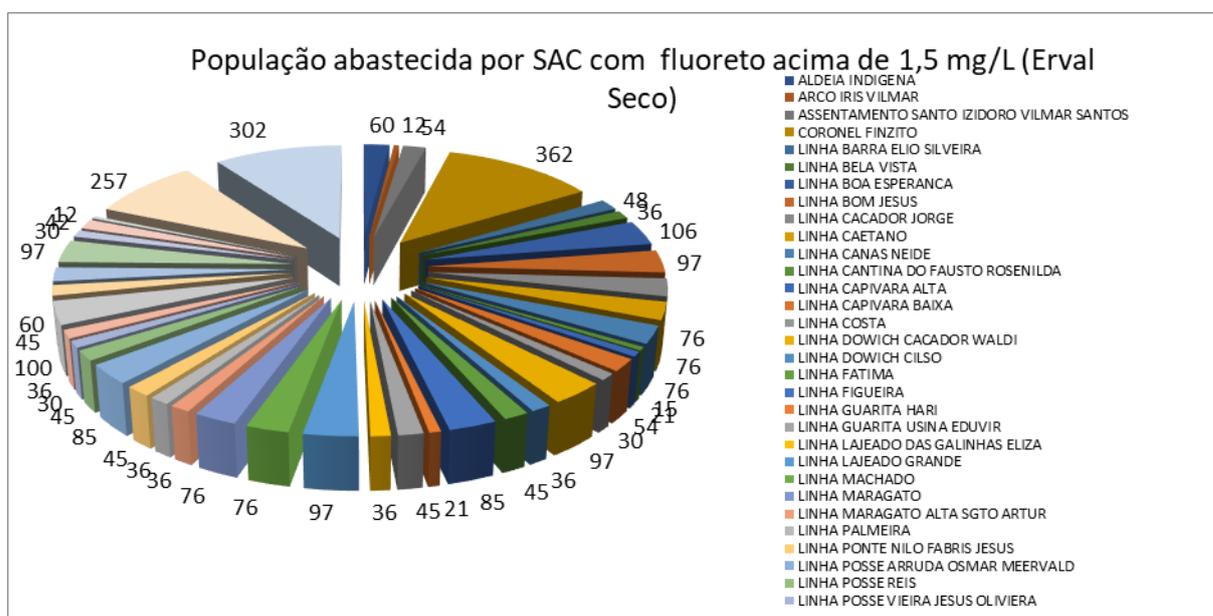
Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.11 ERVAL SECO

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 6.697 habitantes, possuindo uma área de 357.181 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Erval Seco, 41 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 2995 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA). No período entre 2015 e 2021 foram realizadas 110 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 2 amostras (1,82%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), com máximo de 5,3 mg/L (máximo de 2017 obtido em água coletada no poço da Linha Três de Maio). Ao todo, das 41 SACs ativas, (44%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L. O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2015 a 2021 extraída de SAC teve um aumento de 51%, afetando a população que é abastecida pelo SAC (Figura 12).

Figura 12 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2017, no município de Erval Seco (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.12 ESPERANÇA DO SUL

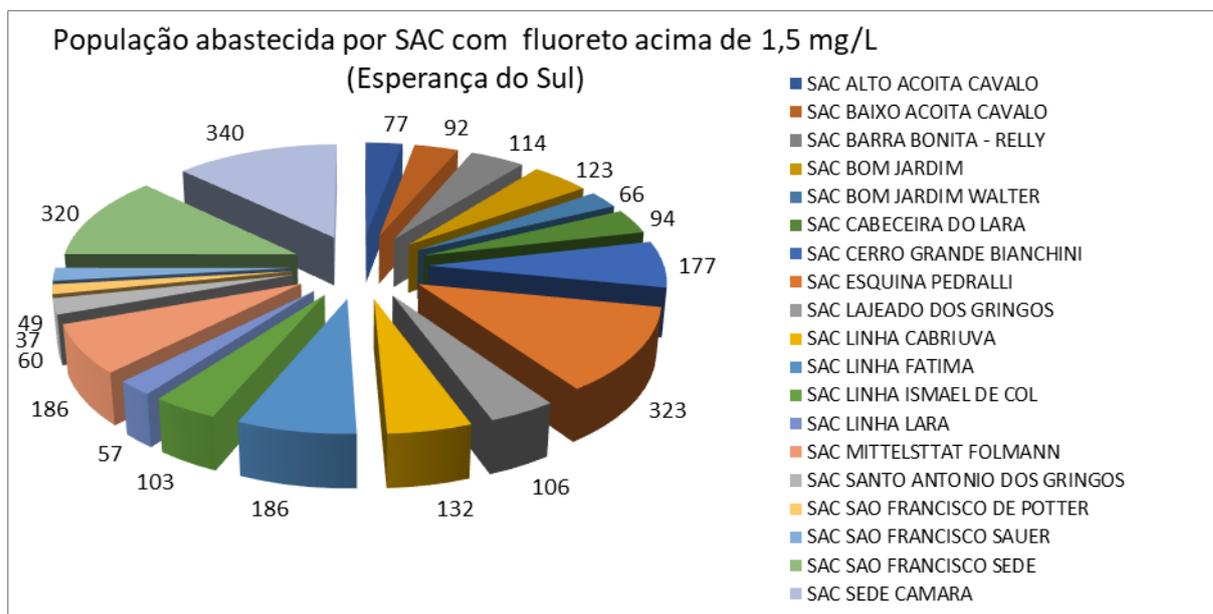
É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 2.846 habitantes, possuindo uma área de 148.909 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Esperança do Sul, 19 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 2642 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2022 foram realizadas 431 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 8 amostras (1,86%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria N^o 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,6 mg/L a 2,6 mg/L (máximo de 2018 obtido em água coletada no poço de Santo Antonio dos Gringos). Ao todo, das 19 SACs ativos, 3 (15,79%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2014 a 2022 extraída de SAC teve um aumento de 13%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2018, no município de Esperança do Sul (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.13 IRAÍ

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 7.046 habitantes, possuindo uma área de 181.579 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

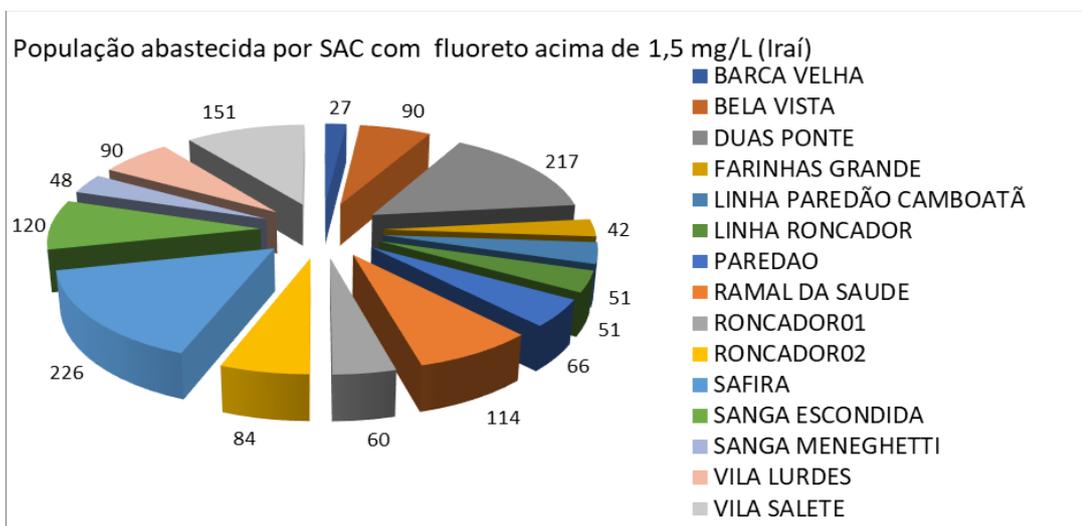
No município de Iraí, 13 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 147 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2021 foram realizadas 39 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 5 amostras (12,82%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 2,4 mg/L a 7,2 mg/L (máximo de 2019 obtido em água coletada no poço de Barca Velha). Ao todo, das 13 SACs ativas, 2 (15,38%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2014 a 2021 extraída de SAC teve um aumento de 46%, afetando a

população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2019, no município de Iraí (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.14 LIBERATO SALZANO

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 5.087 habitantes, possuindo uma área de 245.627 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

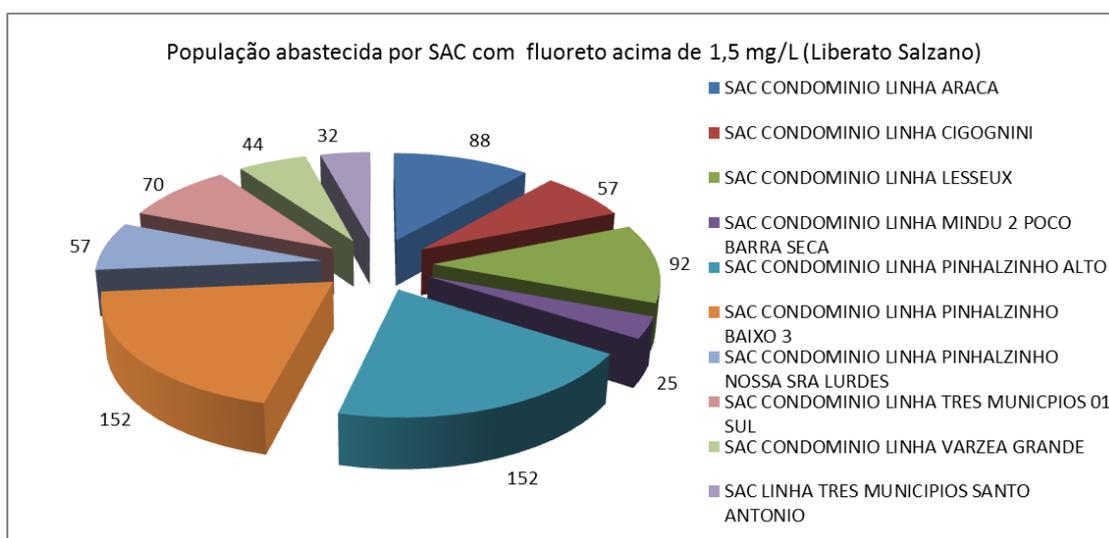
No município de Liberato Salzano, 44 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 3022 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2021 foram realizadas 296 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 20 amostras (6,76%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,9 mg/L a 3,1 mg/L (máximo de 2020 obtido em água coletada no poço da Linha Varzea Grande). Ao todo, das 44 SACs ativas, 10 (22,72%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público

nos anos de 2014 a 2021 estraída de SAC teve um aumento de 13%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2020, no município de Liberato Salzano (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.15 NOVO TIRADENTES

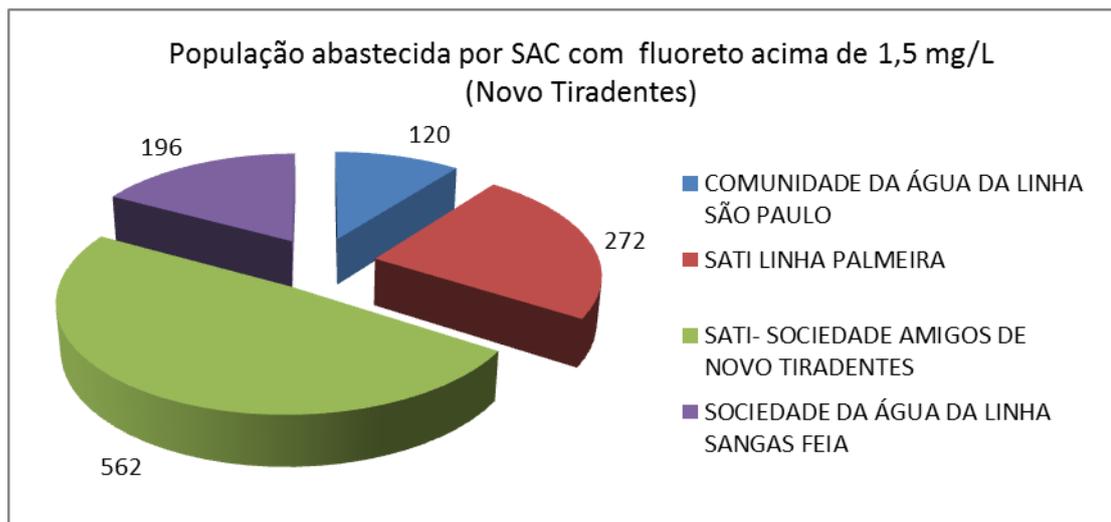
É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 2.189 habitantes, possuindo uma área de 75.428 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Novo Tiradentes, 17 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 2187 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2015 e 2022 foram realizadas 321 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 48 amostras (14,95%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,6 mg/L a 3,6 mg/L (máximo de 2016 obtido em água coletada no poço da Linha São Paulo). Ao todo, das 17 SACs ativas, 4 (23,53%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2015 a 2022 estraída de SAC teve um aumento de 2%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2016, no município de Novo Tiradentes (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.16 PALMITINHO

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 7.056 habitantes, possuindo uma área de 144.181 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

Foram realizadas 103 coletas e análises da água dos mananciais subterrâneos nos anos de 2014 até 2021, onde não foram encontradas amostras com valores acima do valor máximo permitido.

No município de Palmitinho, 4 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 386 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2021 foram realizadas 103 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e não obteve-se o máximo de fluoreto de 1,5 mg/L permitido para consumo humano conforme Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011).

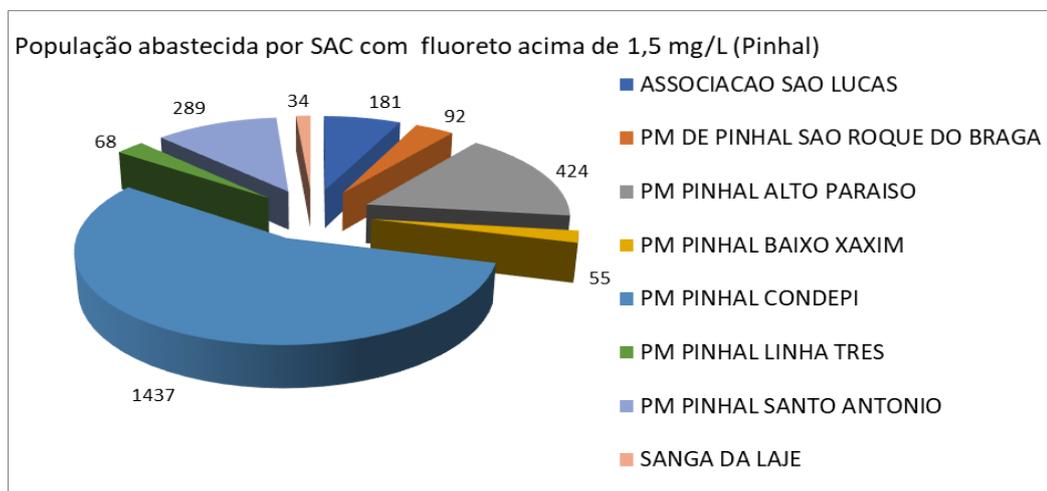
5.17 PINHAL

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 2.581 habitantes, possuindo uma área de 68.222 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021). No município de Pinhal, 8 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 2580 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2022 foram realizadas 314 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 30 amostras (0,95%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,7 mg/L a 2,5 mg/L (máximo de 2019 obtido em água coletada no poço de São Lucas). Ao todo, das 8 SACs ativas, 2 (25%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2014 a 2022 extraída de SAC teve um aumento de 23%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2019, no município de Pinhal (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.18 PINHEIRINHO DO VALE

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 4.926 habitantes, possuindo uma área de 105.385 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

O município de Pinheirinho do Vale possui 5 mananciais subterrâneos, o qual realizam a distribuição da água pelo sistema de distribuição SAC, onde apenas 1 ponto de distribuição possui tratamento da água.

Foram realizadas 111 coletas e análises da água dos mananciais subterrâneos nos anos de 2015 até 2021 e todas as amostras apresentaram teores de fluoreto inferiores a 1,5 mg/L, VMP para consumo humano conforme a Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011).

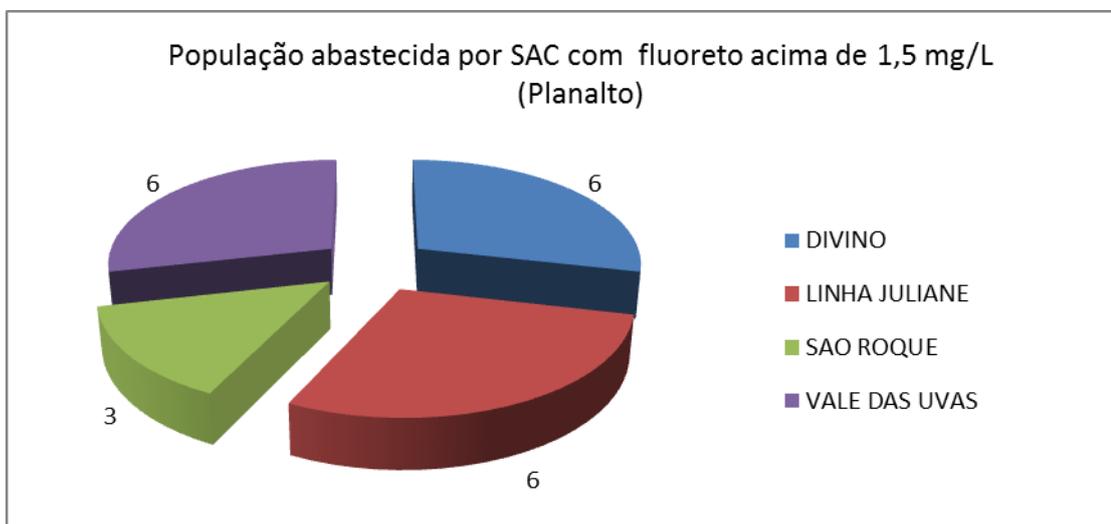
5.19 PLANALTO

No município de Planalto, 16 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 90 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2015 e 2021 foram realizadas 23 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 3 amostras (13,04%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,8 mg/L a 4,4 mg/L (máximo de 2015 obtido em água coletada no poço do Vale das Uvas). Ao todo, das 15 SACs ativas, 4 (26,66%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2015 a 2021 extraída de SAC teve um aumento de 35%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2015, no município de Planalto (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.20 SEBERI

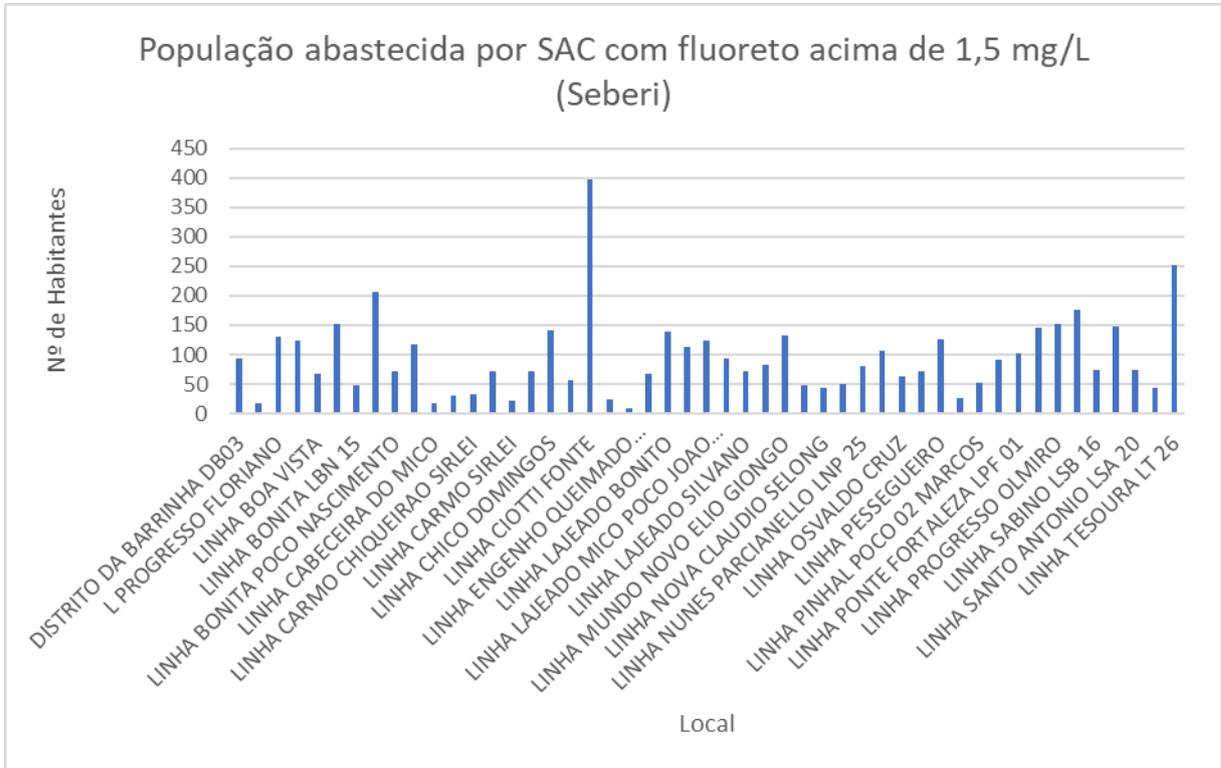
É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 10.678 habitantes, possuindo uma área de 300.827 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Seberi, 49 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 4653 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2022 foram realizadas 206 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 2 amostras (0,97%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), com máxima de 1,8 mg/L (máximo de 2019 obtido em água coletada no poço de Paraguassu LPS 08). Ao todo, das 49 SACs ativas, 1 (2,04%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2014 a 2022 extraída de SAC teve um aumento de 40%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 19.

Figura 19 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2019, no município de Seberi (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.21 TENENTE PORTELA

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 13.385 habitantes, possuindo uma área de 337.495 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

Foram realizadas 238 coletas e análises da água dos manâncias subterrâneos nos anos de 2014 até 2020, onde não foram encontradas amostras com valores acima do valor máximo permitido.

No município de Tenente Portela, 9 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 3943 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2020 foram realizadas 238 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município 2021 e todas as amostras apresentaram teores de fluoreto inferiores a 1,5 mg/L, VMP para

consumo humano conforme a Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011).

5.22 TIRADENTES DO SUL

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 5.532 habitantes, possuindo uma área de 236.653 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Tiradentes do Sul, 24 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 3749 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2022 foram realizadas 91 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município 2021 e todas as amostras apresentaram teores de fluoreto inferiores a 1,5 mg/L, VMP para consumo humano conforme a Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011).

5.23 TRÊS PASSOS

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 23.799 habitantes, possuindo uma área de 268.902 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

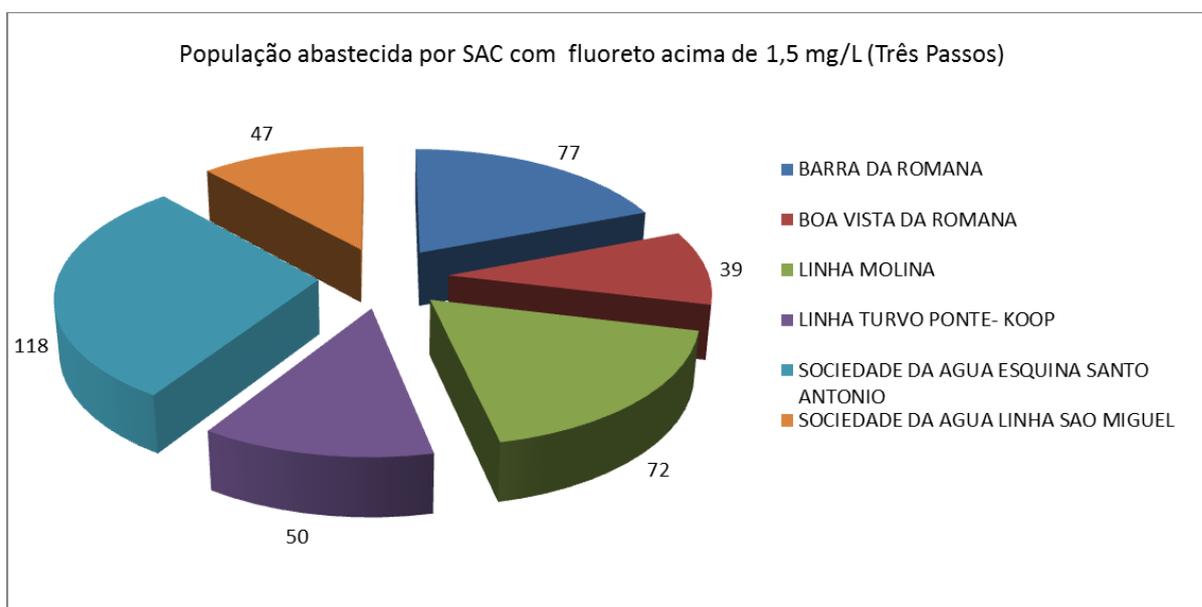
Foram realizadas 209 coletas e análises da água dos mananciais subterrâneos nos anos de 2014 até 2022, onde foram encontradas 12 amostras com valores acima do valor máximo permitido, com valor máximo de fluoreto de 4,6 mg/L. No município de Três Passos, 48 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 3196 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2022 foram realizadas 209 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 12 amostras (5,74%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 1,7 mg/L a 4,6 mg/L (máximo de 2021 obtido em água coletada no poço da Sociedade

da Água Esquina Santo Antonio). Ao todo, das 48 SACs ativas, 6 (12,5%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2014 a 2022 estraída de SAC teve um aumento de 34%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 20.

Figura 20 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2021, no município de Três Passos (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.24 VICENTE DUTRA

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 4.530 habitantes, possuindo uma área de 193.025 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

Foram realizadas 97 coletas e análises da água dos manâncias subterrâneos nos anos de 2015 até 2022, onde foram encontradas 30 amostras com valores acima do valor máximo permitido, com valor máximo de fluoreto de 6,1 mg/L.

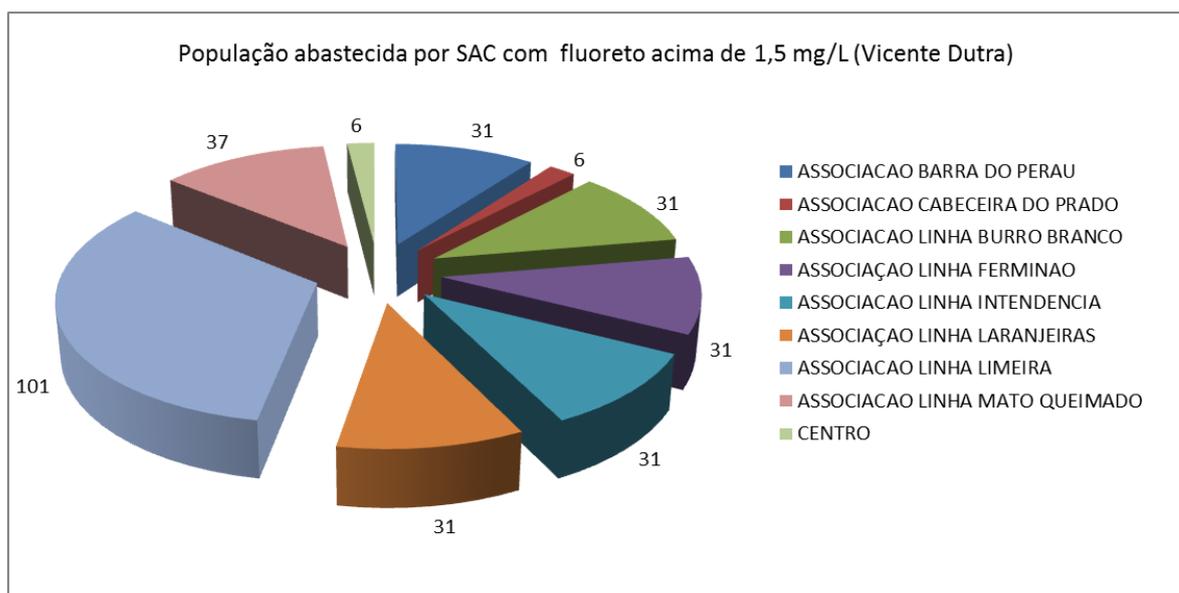
No município de Vicente Dutra, 19 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 563 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2015 e 2022 foram realizadas 97 coletas e análises de

amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 30 amostras (30,93%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria N° 2914/2011 (BRASIL, 2011), que variam de 2,1 a 6,1 mg/L a mg/L (máximo de 2022 obtido em água coletada no poço de Tres Coqueiros). Ao todo, das 19 SACs ativas, 9 (47,37%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2015 a 2022 extraída de SAC teve um aumento de 32%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2022, no município de Vicente Dutra (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.25 VISTA ALEGRE

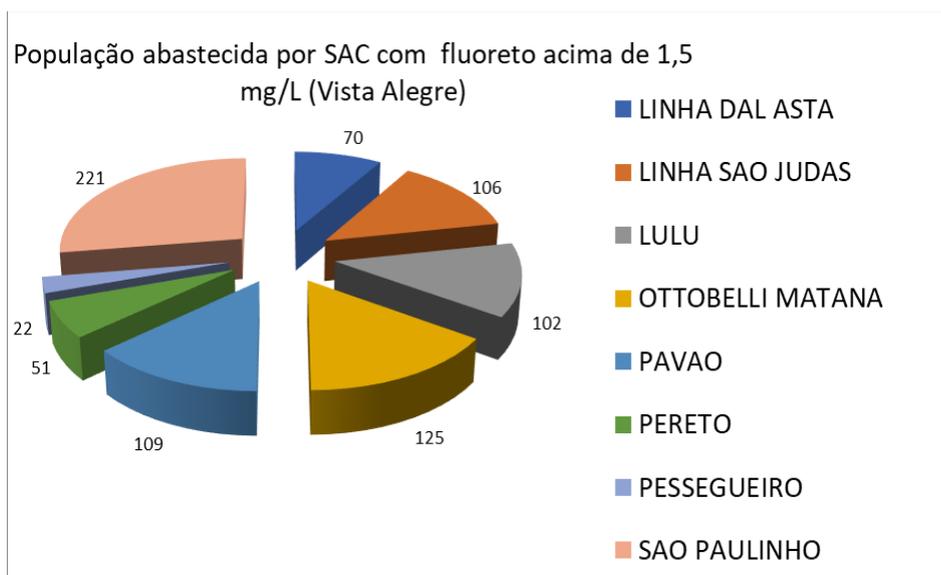
É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 2.726 habitantes, possuindo uma área de 77.630 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

No município de Vista Alegre, 9 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 940 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

No período entre 2014 e 2022 foram realizadas 221 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e foram encontradas 16 amostras (7,24%) com concentrações de fluoreto acima do valor máximo permitido pela Portaria Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), com máxima de 3 mg/L a xx mg/L (máximo de 2020 obtido em água coletada no poço de Pavão). Ao todo, das 9 SACs ativas, 1 (11,11%) apresentam histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L.

O histórico de Flúor em mananciais subterrâneos de abastecimento público nos anos de 2014 a 2022 estraída de SAC teve um aumento de 2%, afetando a população que é abastecida pelo SAC, conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22 - População abastecida por Sistemas de Abastecimento Coletivo, com águas apresentando concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L em 2020, no município de Vista Alegre (RS).



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

5.26 VISTA GAÚCHA

É um município situado no Noroeste do Rio Grande do Sul. Sua população é de 2.858 habitantes, possuindo uma área de 90.022 km², conforme o censo do IBGE de 2021 (IBGE, 2021).

Foram realizadas 308 coletas e análises da água dos manâncias subterrâneos nos anos de 2014 até 2022, não foram encontradas amostras com valores acima do valor máximo permitido.

No município de Vista Gaúcha, 10 poços permitem distribuição de água para o abastecimento público, como sistemas de distribuição de Solução Alternativa Coletiva – SAC. As águas subterrâneas abastecem uma população de 1604 pessoas, não possuindo tratamento prévio (dados de 2022, disponibilizados no SISAGUA).

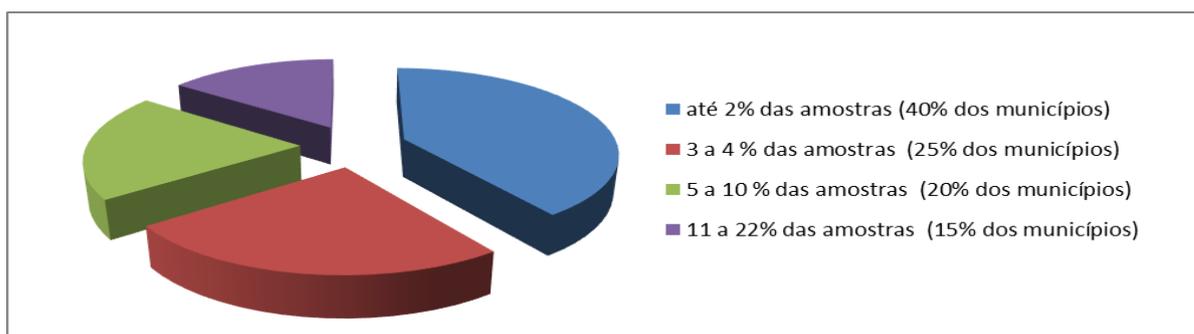
No período entre 2014 e 2022 foram realizadas 308 coletas e análises de amostras de águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município e não obteve-se amostras com o máximo de fluoreto de 1,5 mg/L permitido para consumo humano conforme Portaria N° 2914/2011 (BRASIL, 2011).

6. ANÁLISE INTEGRADA DOS RESULTADOS

A partir da análise de qualidade (nomeadamente do parâmetro fluoreto) das águas subterrâneas de abastecimento por poços (SACs), dos municípios abrangidos pela 2ª Coordenadoria Regional de Saúde, foi possível determinar quais são os municípios e qual a população afetada por fontes de abastecimento contaminadas (acima do VMP) com fluoretos.

Os resultados indicam que 20 (77%) dos municípios abastecidos por SACs na 2ª CRS, apresentam concentrações de fluoreto acima do VMP nas águas de abastecimento por SACs. Ao todo, 40% dos municípios apresentaram fluoreto acima do VMP em até 2% das amostras de água analisadas. Os casos mais críticos foram constatados nos municípios de Ametista do Sul (22% das amostras coletadas apresentaram teores elevados de fluoreto, de SACs que abastecem 78 habitantes), Caiçara (16% das amostras coletadas apresentaram teores elevados de fluoreto, de SACs que abastecem 372 habitantes) e Novo Tiradentes (11% das amostras coletadas apresentaram teores elevados de fluoreto, de SACs que abastecem 1.150 habitantes) (Figuras 23 e 24).

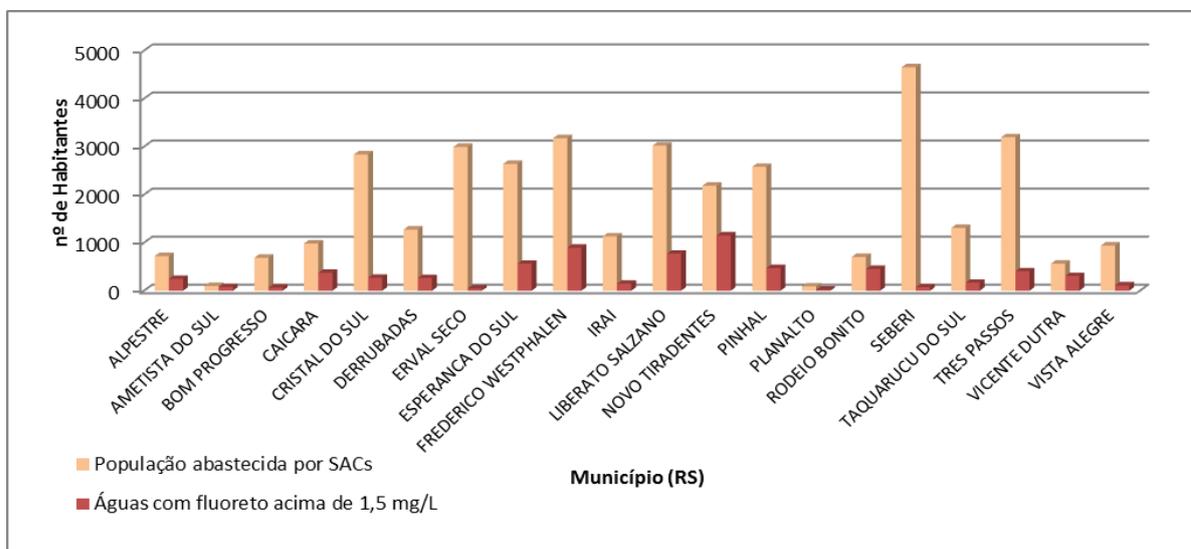
Figura 23 - Percentual de amostras de águas subterrâneas com concentração de fluoreto acima de 1,5 mg/L no período de 2014 a 2022, entre os municípios da 2ª CRS (RS)



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

No município de Ametista do Sul, 78,8% das águas distribuídas por SACs são inadequadas para consumo humano se não forem previamente tratadas para reduzir as concentrações de fluoreto. Situação semelhante se observa nos municípios de Rodeio Bonito (em 64,2% das águas distribuídas por SACs) e de Vicente Dutra (em 54,2% das águas distribuídas por SACs).

Figura 24 - Número de habitantes abastecidos em relação à água com fluoreto acima de 1,5 mg/L no período de 2014 a 2022, entre os municípios da 2ª CRS (RS)



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

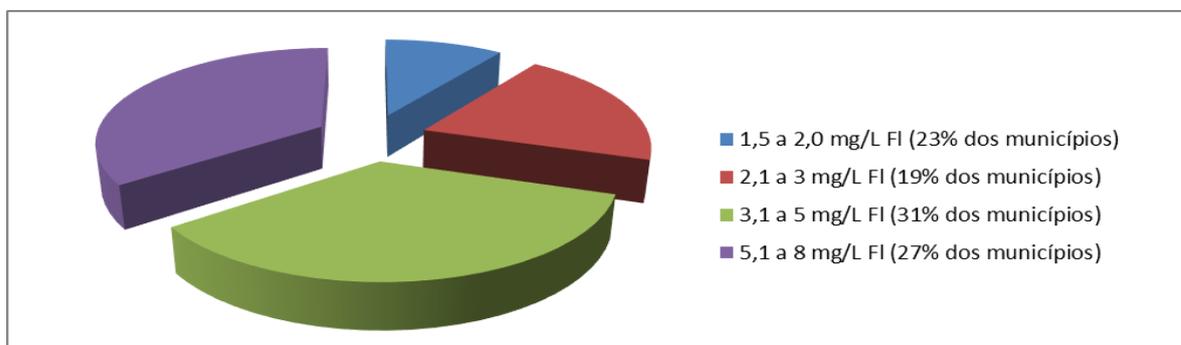
Estudos mineralógicos realizados em rochas de Frederico Westphalen indicaram a presença de flúor-apatita, a qual constitui fonte de flúor nos basaltos intemperizados (SILVA et al., 2008), pelo que este elemento que se apresenta nas águas subterrâneas é possivelmente resultado da dissolução do mineral que está naturalmente presente na rocha.

A origem e o acondicionamento geológico do flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral foi detalhado em estudo realizado por Nanni (2008), que constatou concentrações de fluoreto entre 5,6 e 3,03 mg/L no município de Ametista do Sul, indicando que esse não é um problema recente.

O município de Novo Tiradentes tem o maior número de habitantes abastecidos pelo sistema SAC com águas com fluoreto acima de 1,5 mg/L (para 1.150 habitantes). Situação semelhante se encontram os municípios de Frederico Westphalen (com distribuição para 894 habitantes) e Esperança do Sul (com distribuição para 560 habitantes) (Figura 25).

Entre os 20 municípios nos quais se constataram teores de fluoreto acima do VMP, 58% apresentaram águas subterrâneas com fluoretos acima de 3,1 mg/L e em 27% dos casos (nos municípios de Erval Seco, Vicente Dutra, Ametista do Sul, Cristal do Sul, Frederico Westphalen, Irai e Caicara), as concentrações de fluoreto ultrapassaram os 5,0 mg/L em águas de abastecimento por SAC (Figura 25).

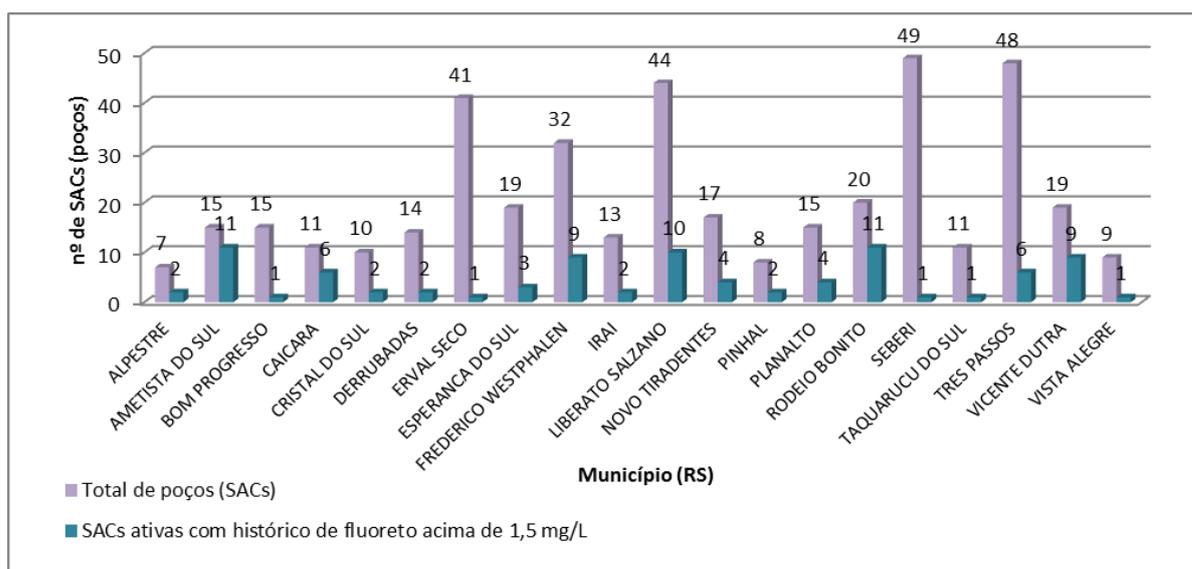
Figura 25 - Percentual de municípios com concentração de fluoreto acima de 1,5 mg/L no período de 2014 a 2022, entre os municípios da 2ª CRS (RS)



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

Em relação aos SACs, o município de Seberi apresenta 49 poços em atividade, possuindo o menor índice de SACs ativas com histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L. Ao contrário, o município de Ametista do Sul, com 15 poços em atividade, apresenta 11 SACs ativos com histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L, e em situação semelhante estão os municípios de Rodeio Bonito (11 das 20 SACs ativas) e de Caiçara (6 das 11 SACs ativas) (Figura 26).

Figura 26 - Relação de SACs ativas com histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L no período de 2014 a 2022, entre os municípios da 2ª CRS (RS)



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

Entre os anos de 2014 e 2022, 417 SACs (poços profundos instalados no Sistema Aquífero Serra geral) foram utilizados para o abastecimento público de água potável para comunidades de 20 municípios do noroeste do Rio Grande do Sul. No entanto, 21% (88 SACs) ativas apresentam histórico de fluoreto nas águas subterrâneas superiores a 1,5 mg/L. O sistema atende uma população de 35.785 habitantes, entre os quais 6.854 (19%) são abastecidos com águas contendo teores de fluoreto acima do VMP para consumo humano.

As concentrações mais críticas se observa em zonas rurais, com o teor máximo de 8,6 mg/L de fluoreto encontrado no SAC do município de Frederico Westphalen (Tabela 1).

Tabela 1 - Municípios da 2º CRS (RS) com amostras de água subterrânea com concentração de fluoreto acima de 1,5 mg/L no período de 2014 a 2022, entre os municípios da 2ª CRS (RS)

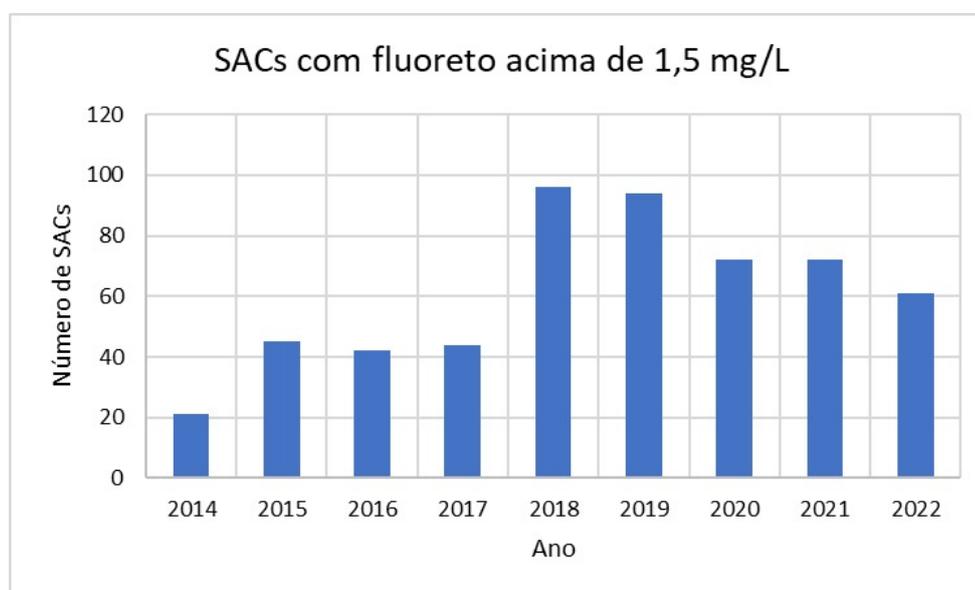
Municípios	Total de poços (SACs)	SACs ativas com histórico de fluoreto acima de 1,5 mg/L		População abastecida por SACs		
		nº de SACs	% de SACs	Total	Águas com fluoreto acima de 1,5 mg/L	% Abastecido com fluoreto acima de 1,5 mg/L
ALPESTRE	7	2	29%	720	247	34,31%
AMETISTA DO SUL	15	11	73%	99	78	78,79%
BOM PROGRESSO	15	1	7%	685	63	9,20%
CAICARA	11	6	55%	984	372	37,80%
CRISTAL DO SUL	10	2	20%	2837	270	9,52%
DERRUBADAS	14	2	14%	1273	263	20,66%
ERVAL SECO	41	1	2%	2995	45	1,50%
ESPERANCA DO SUL	19	3	16%	2642	560	21,20%
FREDERICO WESTPHALEN	32	9	28%	3177	894	28,14%
IRAI	13	2	15%	1130	147	13,01%
LIBERATO SALZANO	44	10	23%	3022	769	25,45%
NOVO TIRADENTES	17	4	24%	2187	1150	52,58%
PINHAL	8	2	25%	2580	470	18,22%
PLANALTO	15	4	27%	90	21	23,33%
RODEIO BONITO	20	11	55%	704	452	64,20%
SEBERI	49	1	2%	4653	71	1,53%
TAQUARUCU DO SUL	11	1	9%	1308	165	12,61%
TRES PASSOS	48	6	13%	3196	403	12,61%
VICENTE DUTRA	19	9	47%	563	305	54,17%
VISTA ALEGRE	9	1	11%	940	109	11,60%
Total Geral	417	88		35785	6854	19,15%

Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

Segundo Schroeder (2014) entre 2010 e 2012 se observou uma diminuição de amostras com concentrações elevadas de flúor em água subterrânea (SACs), indicando que nesse período o município que apresentou a maior valores de fluoreto nas águas coletadas em SACs foi Ametista do Sul (56% das amostras), Frederico Westphalen (28% das amostras) e Rodeio Bonito (21% das amostras).

A partir das amostras analisadas entre 2014 e 2022, nos vinte e seis municípios integrantes da 2º CRS, o ano de 2018 apresentou o maior índice de SACs com fluoreto acima de 1,5 mg/L, totalizando 96 poços. Seguido pelo ano de 2019, onde teve-se 94 poços com fluoreto acima de 1,5 mg/L. O menor índice encontrado foi no ano de 2014, onde apresentou apenas 21 poços. Na Figura 28 consta o número de SACs com o número de amostras que apresentaram fluoreto acima de 1,5 mg/L, entre 2014 e 2022 (Figura 27).

Figura 27 - Número de SACs com fluoreto acima de 1,5 mg/L entre 2014 e 2022, em municípios da 2ª CRS do Rio Grande do Sul



Fonte: Dados coletados no sistema VIGIAGUAS (RIO GRANDE DO SUL, 2023).

7. CONCLUSÕES

Os dados obtidos da ocorrência de flúoreto em poços de abastecimento público dos municípios que compõem a 2º Coordenadoria Regional de Saúde – 2º CRS, no qual ocorre a exploração da água subterrânea no Sistema Aquífero Serra Geral, indicam que nos anos de 2014 á 2022 em dos 26 municípios 20 municípios houve concentrações de flúor superior ao valor máximo permissível pela Portaria Nº 05/2017, de 1,5 mg/L, que é o indicado ao consumo humano.

Ao longo dos anos de 2014 á 2022 o percentual de amostras de água subterrânea com concentrações de flúor acima dos padrões de potabilidade aumentou 151,11%.

De acordo com o estudo, foram observadas concentrações de 1,6 á 7,5 mg/L de fluoreto nas águas subterrâneas da região. O município de Ametista do Sul apresentou o maior percentual (78,79%) da população abastecida por SACs com concentrações de fluoreto superiores a 1,5 mg/L, seguido pelo município de Rodeio Bonito (64,20%), Vicente Dutra (54,17) e por Novo Tiradentes (52,58%).

Em relação ao percentual de captações comprometidas pela presença de flúor, a situações mais críticas relacionadas ao abastecimento estão no município de Ametista do Sul (com 73% das captações comprometidas), Caiçara e Rodeio Bonito (com 55% das captações comprometidas) e Vicente Dutra (com 47% das captações comprometidas).

O maior número de captações de águas subterrâneas comprometidas pela presença de fluoreto estão nos municípios de Ametista do Sul e de Rodeio Bonito (11 SACs) e Liberato Salzano (10 de 44 SACs utilizados para o abastecimento).

Na análise integrada dos resultados observou-se que o ano de 2018 apresentou maior número de poços (96) com fluoreto acima de 1,5 mg/L, bem como, que o município de Novo Tiradente apresenta maior número de habitantes abastecidos pelo sistema SACs, enquanto o município de Ametista do Sul é o município que tem o maior número de poços em atividade com histórico de flúor acima de 1,5 mg/L.

Ao todo 35.785 pessoas são abastecidas com águas de SACs, mas 19% dela é abastecida com águas que apresentam concentrações de fluoreto acima do VMP pela portaria Nº 2914/2011. Os municípios com maior população afetada são Novo Tiradentes (1150 habitantes), Frederico Westphalen (894 habitantes) e

Liberato Salzano (769 habitantes).

A população instalada no meio rural, que é a abastecida por SACs e por SAIs, tem maior risco de sofrer doenças relacionadas às elevadas concentrações de fluoreto nas águas de abastecimento, o que pode ocasionar sérios problemas de saúde pública (como é o caso da fluorose dentária entre outros). O controle da qualidade das águas de abastecimento distribuídas por SAC e por SAI e a informação dessa qualidade junto ao consumidor final (nomeadamente a concentração de fluoreto) pode evitar o seu uso para consumo direto, e a procura por outra fonte de água potável para essa finalidade, não inviabilizando o seu uso para outras finalidades.

REFERÊNCIAS

ADREAZZINI, M. J.; FIGUEIREDO, B. R.; LICHT, O. A. B. Geoquímica do Flúor em Águas e Sedimentos Fluviais da Região de Cerro Azul, Estado do Paraná: Definição de Áreas de Risco para Consumo Humano. **Geologia Médica**, Caderno nº18, São Paulo, 2005.

Agencia Nacional das Águas (ANA). **Usos da água**. Disponível em: Usos da água — Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Acesso: 16 setembro 2023.

Agência Nacional de Águas (ANA). **Atlas Irrigação**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em:
<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>. Acesso: 16 setembro 2023.

BRASIL. [Resolução (2001)]. **Resolução nº 15, de 11 de janeiro de 2001**. Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas. Disponível em: Microsoft Word - 15_2001_diretrizes_aguas_subterraneas.doc (aesa.pb.gov.br). Acesso em: 10 maio 2023.

BRASIL.[Portaria (2021)] **Portaria GS/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Disponível em:
https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 9 maio 2023.

BRASIL. [Portaria (2011)] **Portaria Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimento de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em:
https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 9 maio 2023.

BRASIL. [Portaria (2004)]. **Portaria Nº 518, de 25 de março 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e da outras providencias. Disponível em: Portaria-518-2004.pdf (mdr.gov.br). Acesso em 10 maio 2023.

BRASIL. [Portaria (1999)] . **Portaria Nº 10, de 16 de agosto de 1999**. Define os teores de concentração do íon fluoreto nas águas para consumo humano fornecidas por sistemas públicos de abastecimento. Disponível em:
<https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201705/11120018-portaria-n-10-99-de-16-de-agosto-de-1999.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.

BRASIL. [Resolução (2001)]. **Resolução nº 15, de 11 de janeiro de 2001**. Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas. Disponível em:
<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2018/02/Resolu%C3%A7%C3%A3o-n%C2%BA-15-de-11-de-Janeiro-de-2001-CNRH.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.

BRASIL. [Resolução (2008)]. **Resolução nº 396 de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0396-030408.PDF>. Acesso em: 10 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Disponível em: <https://sisagua.saude.gov.br/sisagua/paginaExterna.jsf>. Acesso em: 16 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigifluor**. Disponível em: Vigifluor - Centro Estadual de Vigilância em Saúde. Disponível em: <https://www.cevs.rs.gov.br/vigifluor>. Acesso em: 16 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigiagua**. Disponível em: Vigiagua — Ministério da Saúde. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/vigiagua/vigiagua>. Acesso em: 16 maio 2023.

BHATNAGAR, A.; KUMAR, E.; SILLANPAA. **Fluoride removal from water by adsorption**. LSRE— Laboratory of Separation and Reaction Engineering. Chemical Engineering Journal. Vol. 171. p.811- 812,2011.

CARDOSO, L.; MORITA, M.C.; ALVEZ, J.C.; LICHT, O.A. B. Anomalia Hidrogeoquímica e ocorrência e fluorose dentária em Itambaracá-Pr. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, Curitiba: SBGq. 1 CD- ROM,2001.

COSTA SANTOS, A. **Noções de Hidroquímica. Hidrogeologia, Conceitos e Aplicações**. Organização e Coordenação Científica Fernando A.C. Feitosa, João Manoel Filho, Edilton Carneiro Feitosa, J. Geilson A. Demétrio 3ª. Edição Revisada e Ampliada, CPRM Serviço Geológico do Brasil/ LABHID,2008. p. 325-357 cap.5.1.

FAN, X.; PARKER, D. J.; SMITH, M. D. **Adsorption kinetics of fluoride on low cost materials**. School of Physics and Astronomy, The University of Birmingham, 2002. Water Research. Vol. 37. 4929 – 4930, 2003.

FEJESKOV, O.; YANAGISAWA, T.; TOHDA, H. **Posteruptive changes in human dental fluorosis- a histological and ultrastructural study**. Proc. Finn. Dent. Soc., v. 87, n. 4, p. 607-619, 1991.

GUPTA, S.K., DESHPANDE, R.D., AGARWAL, M. et al. Origin of high fluoride in groundwater in the North Gujarat-Cambay region, India. Hydrogeol J 13, 596–605 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10040-004-0389-2>. Acesso em: 26 agosto 2023.

HIRATA, R.; ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. **Água Subterrânea: Reserva estratégica ou emergencial**, 2010. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/%C3%A1gua%20subterr%C3%A2nea%20-%20reserva%20estrat%C3%A9gica%20ou%20emergencial.pdf>. Acesso em: 20 setembro 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Alpestre. Rio Grande do Sul: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/alpestre.html>. Acesso em: 26 agosto 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs.html>. Acesso em: 26 agosto 2023.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. 8 ed. Ed. Nacional, São Paulo, p. 77-80, 1980.

MACHADO, et al., **As rochas intrusivas da Formação Serra Geral na Porção Leste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo: Aspectos Petrográficos e Geoquímicos- Resultados Preliminares**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 24, n. 1, p. 5-17, 2005. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/179/150>. Acesso em: 10 agosto 2023.

MANCUSO, M. A.; SCHROEDER, J. K.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. Análise dos Teores de Flúor nas águas de Abastecimento Público em Municípios localizados sobre o Aquífero Serra Geral. In: **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Bento Gonçalves/RS, 2013. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/89fad55793c4e9c85d65e3412b38a54e_1ce4638dfd915346ff63f3f36baae486.pdf. Acesso em: 8 setembro 2023.

MANCUSO, M. A., & SANTOS, C. E. Avaliação hidrogeológica quali-quantitativa do aquífero fraturado Serra Geral, localizado no noroeste do Rio Grande do Sul. **Geologia USP. Série Científica**, 21(1), 71- 88, 2021. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=1020>. Acesso em: 24 agosto 2023.

MARIMON, M. P. C. **O Flúor nas Águas Subterrâneas da Formação Santa Maria, na Região de Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, RS, Brasil**. 2006. 42, 52, 115, 116 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 2006.

MESTRINHO, S. S. P. Monitoramento em Águas Subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANUEL FILHO, J. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. CPRM. 3ªed.cap. 7.2, p. 673–685. 2008.

NANNI, A. S. **O Flúor em águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico**. In: semana acadêmica dos alunos de pósgraduação em geociências, 1., Porto Alegre. Resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2006. p. 101-104, 2006. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13785/000653223.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 6 agosto 2023.

REGINATO, P. A. R.; STRIEDER, A. J. Caracterização Estrutural dos Aquíferos Fraturados da Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, p. 13-22, 2006.

ROISENBERG E VIERO, IN HOLZ E DE ROS. **O Vulcanismo Mesozóico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/291869681_O_vulcanismo_mesozoico_da_Bacia_do_Parana_no_Rio_Grande_do_Sul. Acesso em: 25 de setembro de 2023

SANINI, Bruna Machado; PASINI, Fernando; MANCUSO, Malva Andrea. **Uso de materiais alternativos para desfluoretação de água subterrânea**. In: Anais do I Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Anais...Diamantina(MG) Online, 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/icobicet2020/262477-USO-DE-MATERIAIS-ALTERNATIVOS-PARA-DESFLUORETACAO-DE-AGUA-SUBTERRANEA>. Acesso em: 19 de novembro 2023

SANTIAGO, M. R. **Análises das ocorrências anômalas de fluoreto em águas subterrâneas**. 2010. 104f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SANTIAGO, M.R. e SILVÉRIO DA SILVA, J. L. **Flúor em Águas Subterrâneas: Um Problema Social**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XVIII, p.15, 2009.

SCHEIBE, L.F.; HIRATA, R.C.A. O contexto tectônico dos Sistemas Aquífero Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão. Anais do XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas- 11 a 14 novembro, Natal, 2008.

SCHROEDER, J.K. **Avaliação da ocorrência do íon fluoreto em águas do aquífero serra geral utilizadas para o abastecimento público na região noroeste do rio grande do sul**. 2014. 77f. Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13785/000653223.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 2 setembro 2023.

SOUZA, A. A. **Caracterização da Bacia do Rio Iguaçu, a jusante do município de Reserva do Iguaçu, como área de descarga do aquífero Guarani**. 92f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental)- Universidade Federal do Paraná, 2004.

WHO (World Health Organization). **Fluorides. Environmental Health Criteria 227**. Geneva,. United Nations Environmental Programme, International Labour Organization, Word Health Organization, 274 p. 2002.