



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

FRANCISCO JORGE DE CASTRO JUNIOR

**CONCENTRAÇÕES DE FLÚOR NAS ÁGUAS DE
ABASTECIMENTO SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS DO
MUNICÍPIO DE CORNÉLIO
PROCÓPIO (PR) E SEUS IMPACTOS À SAÚDE**

FRANCISCO JORGE DE CASTRO JUNIOR

**CONCENTRAÇÕES DE FLÚOR NAS ÁGUAS DE
ABASTECIMENTO SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS DO
MUNICÍPIO DE CORNÉLIO
PROCÓPIO (PR) E SEUS IMPACTOS À SAÚDE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, para obtenção de título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. José Paulo Peccinini Pinece

Londrina
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

J95 Castro, Francisco Jorge de Junior.

CONCENTRAÇÕES DE FLÚOR NAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS DO MUNICÍPIO DE CORNÉLIO PROCÓPIO (PR) E SEUS IMPACTOS À SAÚDE / Francisco

Jorge de Junior Castro. - Londrina, 2024. 83 f. :
il.

Orientador: Jose Paulo Peccinini Pinese.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2024.

Inclui bibliografia.

1. Águas superficiais - Tese. 2. Saúde - Tese. 3. Flúor - Tese. 4. Águas subterrâneas - Tese. I. Pinese, Jose Paulo Peccinini . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

III. Título.

CDU 91

FRANCISCO JORGE DE CASTRO JUNIOR

**CONCENTRAÇÕES DE FLÚOR NAS ÁGUAS DE
ABASTECIMENTO SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS DO
MUNICÍPIO DE CORNÉLIO
PROCÓPIO (PR) E SEUS IMPACTOS À SAÚDE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, para obtenção de título de Mestre em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. José Paulo P. Pinece
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe
Universidade Federal de Santa Catarina – SC

Prof. Dr. André Celligoi
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 12 de abril de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar condições de superar todas as dificuldades que enfrentei durante estes 2 anos do Programa de Pós-graduação na UEL - Universidade Estadual de Londrina.

Agradeço ao meu orientador José Paulo Peccinini Pineise, que aceitou o papel de orientação do meu trabalho e esteve prontamente atendendo às minhas solicitações. Agradeço a ele também pela amizade e pelas suas contribuições para o meu crescimento acadêmico e pessoal, que com certeza levarei para a minha vida.

Agradeço também pelo financiamento à pesquisa científica por parte da CAPES, que através do Programa de bolsas garantiu que essa pesquisa pudesse ser executada. Aos meus pais Francisco Jorge de Castro e Eliana Soares de Castro, que me deram a base para que pudesse superar as adversidades dessa caminhada.

Aos meus filhos Anna Beatriz, Miguel e Matheus, por serem minha maior inspiração e motivação para realizar esse novo ciclo. Agradeço à minha esposa por me ajudar no cuidado de nossa família nos momentos em que precisei me ausentar para trabalhar na pesquisa. Estendo meus agradecimentos ao meu tio Márcio Henrestário Teixeira, que com muita paciência e bondade, me deu condições de participar das reuniões e aulas presenciais.

Agradeço ao meu amigo, que considero como irmão, Sérgio Augusto Pereira, que em certa medida foi um coorientador no processo de realização deste trabalho.

À Universidade Estadual de Londrina, bem como a todos os professores do programa de Pós-graduação, que contribuíram grandemente para o desenvolvimento dos conhecimentos científicos.

Estendo meus agradecimentos aos professores André Celigoi e professor Mauricio Moreira Santos, pelos apontamentos e correções na qualificação, também quero agradecer ao professor Luiz Fernando Scheibe por compor minha banca avaliativa, muito obrigado.

Aos profissionais do RU, onde realizei inúmeras refeições, e aos colegas de laboratório Herman e Pedro, pela convivência e amizade, ao meu amigo Ramon Guerrin. Sou extremamente grato a todos vocês

CASTRO JÚNIOR, F. J. Concentrações de flúor nas águas de abastecimento subterrâneas e superficiais do município de Cornélio Procópio (PR) E seus impactos à saúde. 2024. 81 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

RESUMO

O Flúor (F), elemento químico presente na natureza, tem sido utilizado na prevenção de doenças como a cárie dental, um problema de saúde pública que afeta grande parte da sociedade, por meio da fluoretação das águas de abastecimento. Contudo, esse processo de adição de flúor nas águas vem sendo analisado por pesquisadores e profissionais da área de saúde, a fim de evitar o consumo diário excessivo de flúor pela população. A exposição a altas concentrações de íons de fluoreto pode causar patologias como a fluorose dentária e óssea. Diante disso, a Portaria n.º 635/Bsb, de 26 de dezembro de 1975, e a Portaria GM/MS Nº 888/2021 (a partir dos índices de variação da temperatura do ar de cada região) determinam os teores máximos e mínimos de consumo diário de flúor por indivíduo. A Geografia da Saúde, uma disciplina interdisciplinar, com o uso da Cartografia, torna viável a compreensão e análise da distribuição espacial de teores de flúor no ambiente. A presente pesquisa, se utilizou do SIGs para verificar as concentrações de íons de fluoreto nas águas de abastecimento do Município de Cornélio Procópio, Paraná. Foram trabalhados dados de águas subterrâneas não tratadas, sendo dessas 20 amostras de poços tubulares do Aquífero Serra Geral, obtidas pelo Instituto Água e Terra do Paraná. Também foram analisadas 50 amostras de águas superficiais tratadas pela Companhia de Saneamento do Paraná, oriundas do rio Congonhas. Como parâmetro para a análise, foi utilizado um intervalo de 0,6 a 0,8 mg/L de flúor como sendo o recomendável para o consumo, e um valor máximo de 1,5 mg/L levando em conta a observação da legislação vigente. Diante disso, constatou-se várias amostras com deficiência em flúor (0,1 – 0,5mg/L), principalmente nas águas subterrâneas. Destacam-se também pontos com teores elevados (1,8 – 4,0 mg/L), predominantemente nas águas tratadas, caracterizando áreas fluoranômalas. Portanto, a partir dos resultados obtidos, observa-se uma quantidade de pontos com altas concentrações de flúor nas águas tratadas, indicando a necessidade de revisão no modo de fluoretação das mesmas. Com relação as águas subterrâneas, a maior parte dos pontos verificados apresentaram deficiência de íons de fluoreto, demonstrando a possibilidade de ineficiência na prevenção da cárie dental.

Palavras-chave: Flúor. Geografia da Saúde. Abastecimento. Águas Subterrâneas e Superficiais.

CASTRO JÚNIOR, F. J. Concentrations of fluoride in the groundwater and surface water supply of the municipality of Cornélio Procópio (PR) and their impacts on health. 2024. 81 f. Dissertation (Master's Degree in Geography) – State University of Londrina, Londrina, 2024.

ABSTRACT

Fluorine (F), a chemical element found in nature, has been used in the prevention of diseases such as dental caries, a public health issue that affects a large part of society, through the fluoridation of drinking water. However, this process of adding fluoride to water supplies has been analyzed by researchers and health professionals to prevent excessive daily fluoride intake by the population. Exposure to high concentrations of fluoride ions can cause conditions such as dental and skeletal fluorosis. In light of this, Ordinance No. 635/Bsb, of December 26, 1975, and Ordinance GM/MS No. 888/2021 (based on air temperature variation indices from each region) establish the maximum and minimum daily fluoride intake levels for individuals. Health Geography, an interdisciplinary field, through the use of Cartography, enables the understanding and analysis of the spatial distribution of fluoride levels in the environment. This research used Geographic Information Systems (GIS) to verify fluoride ion concentrations in the water supply of Cornélio Procópio Municipality, Paraná. The study worked with untreated groundwater data, including 20 samples from tubular wells in the Serra Geral Aquifer, obtained by the Paraná Water and Land Institute. Additionally, 50 samples of treated surface water from the Congonhas River, treated by the Paraná Sanitation Company, were analyzed. As a parameter for analysis, a range of 0.6 to 0.8 mg/L of fluoride was used as the recommended consumption level, with a maximum allowable level of 1.5 mg/L, in compliance with current legislation. Based on these parameters, several samples showed fluoride deficiency (0.1 – 0.5 mg/L), especially in groundwater sources. Elevated fluoride levels (1.8 – 4.0 mg/L) were also found, predominantly in treated water, characterizing areas with anomalous fluoride levels. Therefore, from the results obtained, it is evident that there are several points with high fluoride concentrations in treated water, indicating the need to revise the current fluoridation process. Regarding groundwater, most of the points analyzed showed a deficiency in fluoride ions, suggesting the potential inefficacy of dental caries prevention in these areas.

Keywords: Fluorine. Health geography. Supply. Groundwater and Surface Water

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistemas de Abastecimento.....	10
Figura 2 - Esquema de inserção de fluoreto no processo de controle a cárie...20	
Figura 3 – Grau de severidade pelo índice de Dean (1942)	22
Figura 4 - Mapeamento dos casos de óbito por cólera.....	30
Figura 5 - Mapa do Município de Cornélio Procópio. Pontos de amostragem de águas superficiais e subterrâneas.....	39
Figura 6 – Processo de fluorose dental em seus respectivos estágios	45
Figura 7 - Climograma da área de estudo	50
Figura 8- Teores de fluoreto nas amostras obtidas pelo SISAGUA, de águas superficiais tratadas, do Município de Cornélio Procópio, PR, (2010 – 2020), observando os valores recomendaveis (VR) de concentração de flúor mg/L....51	
Figura 9 - Mapa dos valores de fluoreto (mg/L) nas águas (da área urbana) superficiais tratadas de abastecimento, do Município de Cornélio Procópio, 2010 - 2020 PR. Método de pontos proporcionais	52
Figura 10- Teores de fluoreto nas amostras obtidas pelo (IAT), de águas subterrâneas brutas do Município de Cornélio Procópio, PR, (2010 – 2020), observando os valores recomendaveis (VR) de concentração de flúor mg/L....53	
Figura 11 - Mapa dos valores de flúor (mg/L) nas águas subterrâneas de abastecimento (paticulares) do Município de Cornélio Procópio, 2010 - 2020 PR. Segundo Portaria nº635/Bsb, de dezembro 1975, método de pontos proporcionais.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - de Perfil de usuários de água subterrânea no país.....	08
Tabela 2 - Concentração de Flúor nas Águas naturais.....	15
Tabela 3 - Percentual estimado de flúor ingerido pelo homem em diferentes tipos de alimentos.....	16
Tabela 4 - Impactos do flúor sobre a saúde humana.....	18
Tabela 5 - Relação entre a média das temperaturas do ar e a concentração de íons de fluoreto na água.....	26
Tabela 6 - Dados de Abastecimento do Município de Cornélio Procópio.....	40
Tabela 7 - Concentração de Flúor nas Águas naturais	42
Tabela 8 - Percentual estimado de flúor ingerido pelo homem em diferentes tipos de alimentos.....	43
Tabela 9 - Impactos do flúor sobre a saúde humana.....	44
Tabela 10 - Classificação de grau de fluorose pelo índice de Dean.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius (medida de temperatura)
ANA	Agência Nacional de Águas
CDC	<i>Centers of Disease Control and Prevention. U. S.</i>
Cfa	Tipo Climático Subtropical Mesotérmico Úmido
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DATASUS	Departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde IAPAR Instituto Agronômico Do Paraná
IAT	Instituto Terra e Água Do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
Km ²	Quilômetro quadrado
M.a.	Milhões de anos
mg/L	miligramas por litro
Mm	milímetro
OMS	Organização Mundial de Saúde
Ppm	Partes por milhão
SAA	Sistema de Abastecimento de Água Potável
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SASG	Sistema Aquífero Serra Geral
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento

UEL	Universidade Estadual de Londrina
UTM	Universal Transversa de Mercator
VM	Valor Máximo
VR	Valor Recomendavel
WHO	<i>World Health Organization</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 OBJETIVO GERAL.....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
3.1 Águas subterrâneas.....	5
3.1.2 Uso e Disponibilidade de Águas Subterrâneas	7
3.2 Águas Superficiais	8
4.1 Caracterização do flúor.....	13
4.2 Flúor nas águas	14
4.3 Flúor e a relação com a saúde humana.....	15
4.3.1 Cárie dental.....	18
4.3.2 Efeitos agudos do Flúor e Fluorose/ Fluorose dentária.....	21
4.3.3 Fluorose dental	21
4.3.4 Fluorose óssea	23
5 Fluoretação e vigilância da qualidade da água de abastecimento no Paraná	24
6 Geografia Médica e da Saúde	28
8.1 Geografia Médica.....	28
7 Espaços de risco relacionado com a saúde pelos teores de flúor	32
8 Proposta de Artigo	35
8.1 Artigo.....	35
1 Introdução.....	36
2 Material e Métodos	37
3 Área de estudo.....	39
3.1 Dados do serviço de Abastecimento de água Municipal.....	40
4 Fundamentação teórica.....	41
5 Flúor e a saúde humana.....	42
5.2 Efeitos agudos do Flúor à Saúde Humana	44
5.3 Fluorose óssea.....	46
5.4- Autismo.....	46
6 Fluoretação e Vigilância da qualidade da água de abastecimento do Paraná	47
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
7.1 Flúor nas águas superficiais	50
7.2 Flúor nas Águas Subterrâneas	53
CONCLUSÃO	55

APÊNDICES.....	68
----------------	----

1 INTRODUÇÃO

Garantir o acesso à água de qualidade para a sociedade é contribuir para a dignidade e qualidade de vida humana, visto que a água é necessária para a manutenção da mesma, suprindo as necessidades não apenas do consumo próprio, mas também na realização de diferentes tipos de atividades, na produção alimentícia, na criação de animais e nos setores industriais (AJARILLA, 2013).

Dessa forma, estudos e análises da qualidade da água se fazem necessários principalmente quando falamos da água para o consumo humano, uma vez que os recursos hídricos possuem elementos que podem ser prejudiciais à saúde, como o flúor, que pode estar presente de forma natural na composição das rochas. Quando essas rochas sofrem intemperismo, liberam esse elemento, que migra para a água, formando sua composição aquosa com íons de fluoreto de maneira natural. Também ocorre a presença de flúor de maneira artificial, pelo processo de fluoretação das águas (por meio da adição de flúor no processo de tratamento da água), que em determinadas medidas pode ser benéfico e/ou prejudicial à saúde.

Com relação à saúde humana e ao consumo de água, de acordo com o SUS – Sistema Único de Saúde –, 80% dos atendimentos e internações na rede pública estão diretamente relacionados a patologias ou distúrbios relacionados à água, causando um grande problema para o atendimento da população de modo geral.

Ainda sobre condições de saúde em um contexto mais geral, é importante destacar no âmbito da epidemiologia algumas das patologias que afetam grande parte da população. Nesse sentido, pode-se apontar a cárie dental, que atinge principalmente crianças em sua fase de desenvolvimento, gerando um grande problema de saúde coletiva. Essa doença consiste na desmineralização dos dentes por bactérias que ficam depositadas por restos de alimentos, as quais fazem o processo de cavitação na estrutura dentária.

Para auxiliar na prevenção desse problema de saúde, o flúor tem se mostrado eficaz na prevenção da cárie dental, quando utilizado principalmente na fluoretação das águas em níveis recomendados pela legislação e estudos científicos (RAMIRES; BUZALAF, 2007). Contudo, é importante destacar que quando não se atenta para as recomendações sobre os níveis de exposição humana aos íons de fluoreto, seu

consumo torna-se prejudicial, causando outras patologias como fluoroses óssea e dentária. Essas doenças trazem sérios problemas de saúde, afetando as estruturas ósseas dos indivíduos, causando anomalias em sua formação, bem como o enfraquecimento dos ossos, dificultando as condições normais de vida das pessoas afetadas por ela.

Dessa forma, como apontam diversos estudos (PIRES, E. O. 2008; ALIEVI, 2012; NASCIMENTO, R. E. 2015; ROSS, A. 2015; PINSE ET AL., 2017; 2021), o elemento flúor (F), quando utilizado de acordo com as recomendações e legislações em saúde, tem ação preventiva no combate à cárie dental. Em contrapartida, é apresentado por esses estudos que a exposição ao flúor em níveis não recomendados pelos órgãos fiscalizadores está relacionada a complicações prejudiciais à saúde, principalmente no processo de fluoretação (adição de íons de fluoreto na água), causando sérios problemas à saúde dos indivíduos (LICHT, 1983).

Nessa pesquisa, buscou-se investigar os teores de íon de fluoreto nas águas de abastecimento públicas e privadas do município de Cornélio Procópio, no Norte do Paraná, analisando dados secundários dos órgãos públicos, como o IAT – Instituto Água e Terra, do Estado do Paraná, bem como do SISAGUA - Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Os dados foram trabalhados em softwares como Excel e QGIS, a fim de tabular, quantificar e georreferenciar as amostras das águas analisadas.

Como diretriz de referência para a análise dos níveis de fluoreto na água da área em questão, utilizou-se a Portaria nº 635/Bsb, de 26 de dezembro de 1975, alterada pela Portaria GM/MS Nº 888/2021. Nesse sentido, observaram-se também as recomendações da OMS — Organização das Nações Unidas — e pesquisas na área de saúde (PIRES, E. O. 2008; ALIEVI, 2012; NASCIMENTO, R. E. 2015; ROSS, A. 2015; PINSE ET AL., 2017; 2021).

Utilizando como base a legislação das portarias citadas, bem como os estudos apresentados e levando em conta as condições climáticas, que são fundamentais para determinar os níveis de mg/L de flúor nas águas de consumo, definiu-se um valor recomendável (VR) de 0,6 a 0,8 mg/L de flúor e um valor máximo (VM) de 1,5 mg/L de flúor nas águas da área de estudo.

A área de estudo desta pesquisa comprehende, como recorte espacial, o Município de Cornélio Procópio, localizado no Norte Pioneiro do estado do Paraná. Os dados das amostras de águas superficiais são provenientes de torneiras e

cavaletes públicos localizados na área urbana do município, sendo essas águas tratadas pela SANEPAR e captadas do manancial de abastecimento Rio Congonhas. Os dados de água tratada foram extraídos do SISAGUA, disponível em: <https://sisagua.saude.gov.br/sisagua/paginaExterna.jsf>. Os dados para verificação e análise das águas dos poços (subterrâneas) foram extraídas do banco de dados do IAT (Instituto Água e Terra), referentes à poços que fazem parte do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG).

Esta pesquisa está dividida em 4 capítulos. No primeiro capítulo, versa-se sobre águas subterrâneas, águas superficiais, disponibilidade e tratamento de água, e sistemas de abastecimento. O segundo capítulo traz as características do flúor e suas implicações frente à saúde humana, vigilância e fluoretação no Paraná e no Brasil. No terceiro capítulo, são apresentadas as contribuições da geografia médica e da geografia da saúde, bem como o conceito de espaços de risco. Por fim, no 4º e último capítulo, é apresentada uma proposta de artigo sobre a análise dos teores de flúor nas águas de abastecimento do Município de Cornélio Procópio, para a realização da dissertação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- O objetivo principal desta pesquisa é verificar a compatibilidade dos teores de flúor das águas de abastecimento subterrâneas *in natura* no Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), e das águas superficiais (tratadas) pela empresa SANEPAR, no Município de Cornélio Procópio, PR, com as recomendações aceitas para os mesmos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Representar cartograficamente pontos de vulnerabilidade (com concentrações de teores de flúor abaixo do (VR) valor recomendado (0,6 mg/L a 0,8 mg/L), como também teores acima do (VM) valor máximo permitido (1,5 mg/L).
- Apresentar os impactos negativos e positivos do flúor no consumo de água pelo organismo humano, atentando para as condições de temperatura da área de estudo e relacionando com a Portaria nº 635/Bsb, de 26 de Dezembro de 1975/ e com a Portaria GM/MS Nº 888/2021.
- Determinar possíveis pontos mais vulneráveis à cárie dental e fluorose no município.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Águas subterrâneas

A formação das águas subterrâneas, de acordo com Alievi, Pineise e Celligoi (2009), está relacionada com o ciclo hidrológico, onde as águas ascendentes dos mares e oceanos chegam à atmosfera e, na sequência, são precipitadas até a superfície. Boa parte dessas águas é infiltrada no solo, formando os aquíferos, enquanto outra parte retorna à atmosfera, por evaporação dos corpos aquosos e evapotranspiração dos vegetais, e outra porção realiza o escoamento superficial.

A água que se infiltra no solo constitui o nível freático, ou movimenta-se até atingir as rochas, alcançando camadas mais profundas através da força gravitacional. Esse deslocamento é determinado pelo tipo de rocha, que proporciona diferentes profundidades e quantidades de água armazenada nos aquíferos formados. Segundo Todd (1967), as rochas com maior permeabilidade tendem a armazenar mais água quando constituídas por sedimentos arenosos, que, por meio de suas porosidades intergranulares, são propícias à mobilidade e acomodação da água infiltrada. As fissuras ou fendas formadas pelos processos geológicos da rocha permitem a circulação de água em diversas profundidades e extensões, determinando a capacidade hídrica dos aquíferos fraturados.

Os aquíferos, segundo Iritani & Ezaki (2008), são especificados de acordo com suas condições de pressão atmosférica e mecânica de fluidos a que estão submetidos, sendo caracterizados como livres ou confinados. Nos aquíferos livres ou freáticos, conforme Freeze & Cherry (1979), a pressão atmosférica atua diretamente sobre a água infiltrada no solo, fazendo com que ela preencha os espaços porosos e fraturados, constituindo zonas saturadas.

Com relação aos aquíferos confinados ou artesianos, há uma maior pressão exercida pela água em relação à pressão atmosférica, confinando-a entre estratos superiores e inferiores impermeáveis. Isso resulta na saturação completa de água, como aponta Fitts (2015). Nessa situação, algumas perfurações de poços podem ocasionar o extravasamento de água devido à pressão da água confinada (artesianismo).

Os aquíferos também podem ser caracterizados quanto à condição de sua rocha armazenadora, sendo classificados como granulares, fissurados e cársticos. Os

aquíferos granulares são formados por rochas sedimentares, como os arenitos e conglomerados, e por sedimentos não consolidados, como a areia. Nesse tipo de ambiente, há uma maior infiltração da água devido à porosidade dessas rochas, propiciando a infiltração da água em qualquer direção.

Os aquíferos fissurados são formados a partir de rochas ígneas e metamórficas, maciças e duras, com baixa permeabilidade (BORGHETTI; BORGHETTI, 2011). Nesses ambientes, a infiltração da água se dá principalmente por fraturas formadas durante os períodos geológicos. Com o intemperismo, essas fraturas podem aumentar de tamanho, facilitando a infiltração da água.

Por fim, os aquíferos do tipo cárstico são formados por rochas carbonáticas. A formação desses ambientes ocorre pela dissolução do carbonato pela água, resultando em grandes cavidades que criam espaços volumosos para o armazenamento e a circulação da água (BORGHETTI; BORGHETTI, 2011).

Quando ocorre o processo de infiltração nas rochas, a água que penetrou no solo passa por um processo de filtragem e purificação, mas também de mineralização através dos componentes físicos e químicos presentes nas rochas. Essas interações tendem a mineralizar a água com processos de troca iônica e eliminação de microrganismos, uma vez que essas águas possuem menos oxigênio e nutrientes, dificultando a incidência de bactérias, entre outros. Isso possibilita a alteração das condições da água precipitada (SILVA, 2003).

Nesse sentido, embora esses processos de mineralização após a infiltração das águas subterrâneas contribuam para uma boa qualidade natural dessas águas, é importante realizar análises para verificar a qualidade desses recursos, devido à interação com o solo e à possível incorporação de elementos químicos contaminantes, oriundos do intemperismo e da poluição do solo e lixiviação. Esse processo transporta esses elementos até os corpos hídricos subterrâneos, e em muitos casos, ocorre a própria dissolução de alguns elementos presentes na rocha, como ferro, manganês, flúor, etc. (HIRATA et al., 2006; BERTOLO et al., 2007).

Em relação à importância da água subterrânea vale destacar que, dentro do ciclo hidrológico (evaporação, condensação, precipitação, infiltração e evapotranspiração), ela desempenha um papel fundamental na manutenção da estabilidade dos corpos hídricos, como rios, lagos e pântanos, principalmente em épocas de estiagem. Em períodos de seca, esses ambientes recebem uma menor ou quase nenhuma quantidade de chuvas, ficando sem recarga hídrica. No entanto,

como as águas subterrâneas estão infiltradas no solo, não sofrem a ação ativa da evaporação, mantendo boa parte de sua reserva nas zonas de recarga e nas zonas saturadas, servindo de zonas de descarga para esses corpos hídricos, garantindo sua manutenção ecológica (HIRATA et al., 2019).

Segundo a ANA (2017), 90% dos rios brasileiros são alimentados e regulados por águas subterrâneas, mantendo uma significativa quantidade de vida aquática e vegetal nas margens desses rios e lagos, como apontado por Hirata et al. (2019, p. 28). Ainda,

[...] O fluxo de águas subterrâneas impede o ingresso da água salgada marinha no continente e, consequentemente, a não salinização de aquíferos costeiros, além de atuar na regulação da salinidade de mangues. Em algumas situações, as descargas dos aquíferos no fundo oceânico, sustentam comunidades ecológicas específicas que vivem em ambientes de mistura de água doce e água salgada.

Outra importante contribuição dos aquíferos está relacionada ao tratamento dos contaminantes infiltrados pelo solo, os quais, durante o processo de transporte, podem ser diluídos pelas águas, diminuindo sua potencialidade de contaminação dos lençóis freáticos, bem como a da própria composição do solo.

Nesse sentido, é notável a importância das águas subterrâneas não apenas para o consumo ou serviços, mas também para a própria manutenção da vida, uma vez que se observa a influência que elas têm sobre os ambientes. A relação entre os recursos hídricos e a conservação de espécies animais e vegetais é observável pelo fato de que, fatalmente, durante grandes estiagens, essas espécies seriam extintas se não houvesse as recargas dos corpos hídricos pelas águas advindas dos aquíferos.

3.1.2 Uso e Disponibilidade de Águas Subterrâneas

Em determinadas regiões, a água subterrânea se mostra o único recurso para o consumo de água potável, principalmente nas áreas rurais. Segundo Shiklomanov (1998), este recurso corresponde a 29,9% de toda a água doce do planeta, indicando a capacidade de abastecimento pelos aquíferos no mundo. É importante destacar também que 60% da água doce presente no planeta está indisponível para o consumo, uma vez que as mesmas se encontram em geleiras e círculo polares.

No Brasil, estima-se que existam 2,5 milhões de poços tubulares em todo o território nacional, conforme Hirata et al. (2019, p.16). disserta que "Anualmente, são

extraídos mais de 17.580 Mm³ (557 m³/s) de água dos aquíferos através de poços tubulares, volume suficiente para abastecer toda a população brasileira, ou cerca de 217 milhões de pessoas", sendo utilizada em diversos setores, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Perfil de usuários de água subterrânea no país

Atividades que utilizam as Águas Subterrâneas	Porcentagem de uso por atividades
Agricultura/ Pecuária	24%
Abastecimento Público	18%
Abastecimento Múltiplo	14%
Abastecimento Industrial	10%
Abastecimento Doméstico	30%
Outros (lazer, etc.)	4%

Fonte: (CPRM 2018). Adaptado pelo autor.

As águas subterrâneas no Brasil viabilizam muitos setores da sociedade, seja através do consumo doméstico, bem como em atividades econômicas como a indústria, agricultura e lazer, o acesso a esse recurso é atribuindo exclusivamente pela captação de água através de poços rasos e poços tubulares.

É importante analisar os elementos presentes nas águas subterrâneas, visto que seu uso é muito expressivo. Observar os compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água, principalmente para consumo doméstico, é fundamental. Também é importante observar a qualidade da água em espaços como cemitérios, lixões, indústrias e áreas de agricultura intensiva, devido aos vazamentos de tanques industriais, derrames de agrotóxicos, metais pesados e chorumes, que tendem a contaminar o solo e, consequentemente, as águas infiltradas nas rochas sotopostas, potencializando as contaminações e patologias pelo consumo dessas águas (FREEZE E CHERRY, 2017).

3.2 Águas Superficiais

As águas superficiais consistem naquelas que se acumulam na superfície, em corpos hídricos expostos ao ar, como rios, lagos, lagoas e açudes. Esses espaços,

principalmente onde não há uma cobertura vegetal, ficam expostos às ações das intempéries da natureza, tornando-se mais suscetíveis a descargas de sedimentos e resíduos, bem como à própria evaporação, aumentando sua probabilidade de contaminação.

Os sistemas superficiais possuem características de interação com a atmosfera, através da troca de oxigênio, metabolizando a capacidade de formação de micro-organismos e o contato com a lâmina d'água potencializando a evaporação e a concepção biótica/abiótica.

Outros meios de contaminação das águas superficiais ocorrem pelos escoamentos superficiais do solo, onde materiais são carregados pelas precipitações, os quais podem conter resíduos sólidos, nutrientes e elementos químicos nocivos à saúde animal e humana (RESENDE, 2002).

Quanto à recarga desse sistema, ocorre principalmente através das precipitações e da água advinda da zona saturada aflorante, ou seja, das recargas subterrâneas que alimentam os rios e, consequentemente, os mares. Essa dinâmica natural entre os recursos hídricos, tanto subterrâneos quanto superficiais, é fundamental para o balanço hídrico das bacias hidrográficas.

No Brasil, as águas superficiais representam uma parcela significativa dos recursos hídricos, contribuindo com 50% do total da América Latina e 11% dos níveis mundiais (TUCCI, 2001). Por estarem em corpos hídricos expostos na natureza, as águas superficiais tornam-se as mais utilizadas para o abastecimento e consumo humano, devido à facilidade de acesso.

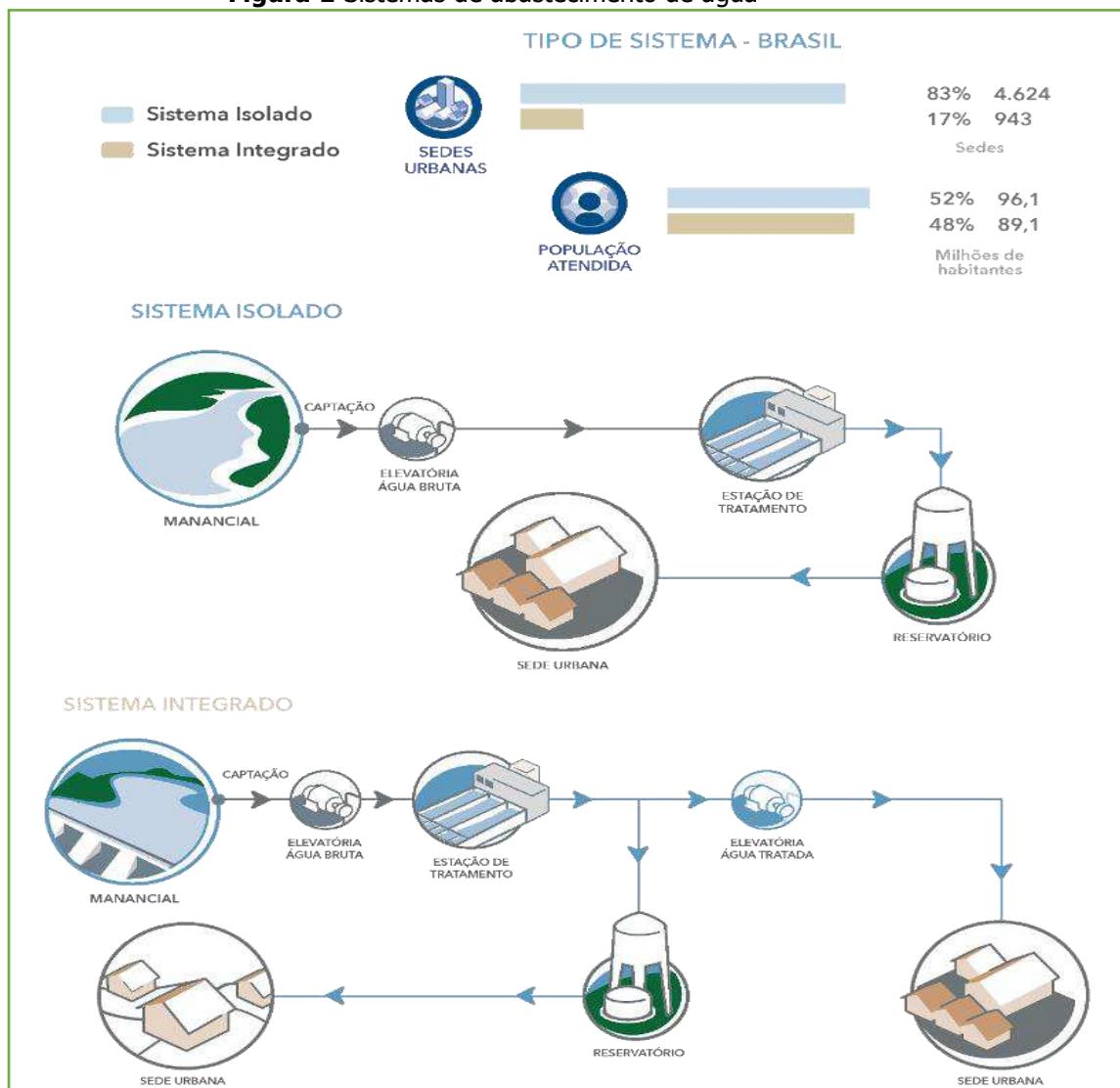
Assim como nas águas subterrâneas, o uso das águas superficiais também tem um direcionamento semelhante, com uma grande parte sendo utilizada pela agricultura, indústria e consumo. Fitts (2015) aborda que as maiores atividades que recorrem aos recursos hídricos são a agricultura e bens e serviços, principalmente na irrigação de culturas. Segundo a ANA (Agência Nacional de Águas) (2023), o Brasil irriga cerca de 8,2 milhões de hectares, sendo destes 5,3 milhões com águas de mananciais. O próprio Atlas apresenta uma previsão de aumento, para os próximos anos, de 79% da irrigação com águas superficiais.

Ainda sobre as águas superficiais, é importante destacar que elas são as principais responsáveis pelo abastecimento público de água potável (água que atenda aos parâmetros químicos, físicos e biológicos para o consumo humano) nas principais regiões do país, através de SAA (Sistemas de Abastecimento de Água Potável).

3.2.1 Sistemas de Abastecimento

No Brasil, o Sistema de Abastecimento de Água Potável pode ser classificado de duas maneiras: sistema isolado e sistema integrado. No primeiro, ocorre o abastecimento de apenas um município pela captação de um manancial. No segundo caso, há o abastecimento de vários municípios, podendo ser realizado por vários mananciais, como observado na figura 1

Figura 1 Sistemas de abastecimento de água



Fonte:Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA

O sistema de abastecimento de água para consumo humano contempla uma grande parcela da prestação de serviços de fornecimento de água para as residências brasileiras, mas é importante apontar os procedimentos a serem seguidos para se

propiciar água potável para a população, fases essas que foram definidas pela Portaria MS nº 2.914/2011:

Instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição (Portaria MS n.º 2.914, de 12/12/2011, art. 5º, VI).

Dentro dessas especificações estão contempladas as etapas de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, e há necessidade por parte dos órgãos fiscalizadores da qualidade da água (em especial as de consumo humano) de atenção à observância desses procedimentos na prestação de serviços públicos, uma vez que são responsáveis pela saúde desses usuários.

É importante apresentar que não apenas existe o sistema SAA para abastecimento de água potável de consumo humano, como também, segundo a Portaria MS n.º 2.914, de 12/12/2011, há também a Solução Alternativa Coletiva de água para consumo humano (SAC) e a Solução Alternativa Individual de água para consumo humano (SAI).

No primeiro caso, a SAC consiste em uma forma de abastecimento de água potável, seja de uma captação superficial ou subterrânea, de modo canalizado ou não, sem possuir rede de distribuição. Exemplos disso são chafarizes, poços e caminhão pipa. No segundo caso, a SAI consiste na forma de abastecimento de água potável para o consumo humano, atendendo a uma única família e seus agregados, sendo muito utilizados em poços rasos e cisternas de água da chuva (Portaria MS n.º 2.914, 2011).

Segundo a OMS – Organização Mundial da Saúde–, "todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas, têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura". Referindo-se a uma disponibilidade de água que não ofereça risco à saúde dos seus consumidores, não apenas em termos de qualidade (potabilidade), mas também em quantidade suficiente para suprir as necessidades básicas (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE, 2009).

Nesse sentido, a qualidade da água se mostra muito importante. Segundo Brasil (2004), a água potável para o consumo humano deve ser tratada e limpa, não

havendo contaminação de natureza física, química e biológica, além de não apresentar contaminação de natureza radioativa, garantindo que não ofereça riscos à saúde humana, tanto pelo consumo direto desse recurso quanto pelo consumo indireto que possa ter potencialidade de contaminação.

Com isso, é importante dissertar sobre a imprescindibilidade do tratamento dessas águas, uma vez que, através da ação humana e geológica, podem potencializar e até mesmo pressupor uma contaminação. Como apontam Araújo e Pinese (2006), os elementos químicos do solo apresentam condicionantes que agem na captação de substâncias advindas das interações antrópicas com o meio, potencializando determinados poluentes através da lixiviação e irrigação.

No Brasil, o tratamento das águas de consumo é realizado através de Estações de Tratamento de Água (ETAs), que em muitos casos são administradas por empresas privadas, estatais e consórcios intermunicipais. O tratamento tradicional é dividido em coagulação, floculação, decantação, filtração, cloração e fluoretação (FREITAS, 2002).

1 Coagulação; processo de agitação da água, onde as partículas de sujeiras por estarem eletrificadas tem a maior facilidade de se agregarem.

2 Floculação; ocorre após a coagulação uma lenta mistura da água a fim de se formar flocos com as partículas

3 Decantação; separação dos flocos de sujeira da água, ocorrendo uma deposição desses agregados ao fundo do recipiente de tratamento.

4 Filtração; agora a água passa por filtro de cascalho/areia/antracito (carvão mineral), desse modo se livrando das impurezas e microrganismos que passaram pela decantação.

5 Cloração; nesse processo a adição de cloro (CL), onde o mesmo age como desinfetante e oxidante destruindo microrganismos, bactérias e compostos orgânicos que ainda estiverem presente na água, e de certa forma agindo como um clarificador da mesma.

6 Fluoretação; adição da substância flúor na composição da água a fim de prevenir doenças como, por exemplo, a cárie.

A partir da observância do texto presente sobre a importância do acesso à água e da verificação de sua qualidade, é crucial destacar que, apesar de todos os requisitos impostos aos agentes de vigilância da qualidade da água, como o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA) no Brasil, ainda são registradas muitas doenças ligadas ao consumo de água contaminada (CAUBET, 2004).

Segundo a OMS, 88% das diarreias que afetam a população mundial são resultado de água contaminada, e no Brasil esse dado segue a mesma tendência, com cerca de 80% das doenças e internações nos centros de atendimento relacionadas a doenças transmitidas pela água, conforme o SUS – Sistema Único de Saúde.

De acordo com Caubet (2004), aproximadamente 2 milhões de pessoas morrem por falta de acesso à água tratada em todo o mundo, sendo que a cólera causa mais de 100 mil mortes por ano, a maioria delas crianças e idosos em países mais pobres, devido ao consumo de águas superficiais e subterrâneas sem tratamento.

Portanto, torna-se imprescindível realizar estudos e análises da qualidade da água destinada ao consumo humano, tanto dos recursos superficiais quanto subterrâneos, para que o poder público possa não apenas atender à demanda de fornecimento de água, mas também garantir o fornecimento de água de qualidade aos consumidores.

4. O Flúor

Nesse tópico será abordado a caracterização do flúor, o íon fluoreto nas águas tratadas e *in natura*, e a relação do flúor com a saúde humana, suas implicações.

4.1 Caracterização do flúor

O flúor é um elemento químico gasoso presente na crosta terrestre, pertencente à família dos halogênicos não metais, na forma molecular F₂. Ele é

amplamente distribuído em materiais geológicos e corpos hídricos, sendo o décimo terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre. O flúor é altamente reativo e possui uma alta energia de oxidação, principalmente em sua fase sólida, encontrada em rochas magmáticas.

Descoberto em 1886 pelo cientista francês Henri Moisson, o flúor é obtido por meio da eletrólise de uma solução de fluoreto de potássio em fluoreto de hidrogênio. Ele está presente em nosso ambiente devido a poluições industriais, poeiras provenientes do solo e águas naturais que interagem com as rochas, além da fluoretação artificial.

As concentrações de flúor no solo geralmente variam entre 20 e 500 partes por milhão (ppm), podendo chegar a valores de até 8.500 ppm em algumas regiões. No ar, as concentrações de flúor são influenciadas pelas atividades industriais, como a produção de fertilizantes e materiais químicos. Em áreas altamente poluídas, como na China e em Marrocos, os níveis atmosféricos de fluoreto podem atingir valores significativos.

De acordo com estudos, os teores de flúor nas fábricas podem chegar a 1,4 mg/m³, enquanto os habitantes próximos a essas áreas podem ser expostos a valores de 0,2 mg/m³. Em zonas industriais, a média de teor de flúor no ar varia de 0,05 a 1,90 µg/m³ (MURRAY, 1986)

4.2 Flúor nas águas

A presença do íon fluoreto refere-se principalmente à abundância de fluoreto na crosta terrestre, dessa forma em todas as águas naturais há a incidência do flúor em variados índices de concentração, sendo essa a maior forma de exposição ao flúor pelo homem (JAOUDI et al. 2012).

A concentração de flúor nas águas naturais está relacionada à interação da água com as rochas, pelos processos de intemperismo, como aponta Marimon (2006)

Os minerais de maior solubilidade disponibilizam maior quantidade de fluoreto para as soluções percolantes; como a solubilidade é, em geral, baixa, o fluoreto migra lentamente em solução e neste caminho pode ficar retido temporariamente nos argilominerais. Por esta razão, as águas superficiais mostram baixas concentrações de fluoreto e o transporte dos continentes aos oceanos é mais eficiente através de partículas em suspensão nos rios do que em solução. A concentração de fluoreto nas águas naturais resulta do equilíbrio entre água e os minerais das rochas, da capacidade destes minerais em liberar flúor

para a solução, ou, ao contrário, de sorver este elemento da solução. (MARIMON, 2006, p.42)

Dessa forma é importante destacar as condições ambientais de cada água (subterrânea e superficial) observando os aspectos de temperatura, pressão atmosférica, pH, salinidade, granulometria e capacidade de troca iônica como apontam Panagoulias (2006). Esses diferentes fatores interferem na incidência do próprio flúor, trazendo variabilidade nos valores de teores do elemento nos ambientes aquáticos, como aponta a tabela 2.

Tabela 2 – Concentração de Flúor nas Águas naturais

Meio	Concentração (mg/L)
Águas Superficiais	0,1 – 0,4
Águas Subterrâneas	0,1 – 3,0
Águas Marinhas	0,3 – 1,3

Fonte: Modificado de Marimon (2006)

Com isso observa-se que os traços de fluoreto nas águas tendem a uma maior incidência nas águas subterrâneas, uma vez que a composição do próprio recurso hídrico parte das composições das rochas, sendo determinante na dinâmica de interação entre os corpos hídricos e o material geológico. Assim Dissanayake e Chandrajith (2009), discorrem sobre as elevadas concentrações de flúor nas águas termais, principalmente por serem essas águas ricas em oligoelementos.

4.3 Flúor e a relação com a saúde humana

Como dissertado anteriormente, devido à presença abundante do flúor na natureza, a exposição do homem a este elemento é quase que inevitável, uma vez que o homem está em relação direta com o meio ambiente, o qual apresenta a presença do flúor no solo, água e ar.

O consumo de flúor tem aumentado significativamente, e a água é uma das principais fontes de exposição a esse elemento, já que muitas fontes de água contêm, naturalmente, fluoreto. Além disso, há outras formas de exposição ao flúor, incluindo alimentos (como peixes de água doce, chá e alguns vegetais), o próprio sal de cozinha, enxaguantes bucais e cremes dentais.

É importante destacar que os cremes dentais com sabores tendem a aumentar a quantidade de flúor ingerida, especialmente entre as crianças, devido à sua atratividade e ao possível consumo inadvertido.

O consumo crescente de produtos fluoretados, como cremes dentais e enxaguantes bucais, bem como a ingestão frequente de refrigerantes, contribui para esse aumento na exposição ao flúor. Estudos, como os mencionados por Curry et al. (2004) e Buisch (2000), evidenciam um aumento significativo no consumo desses produtos fluoretados, o que coloca o Brasil entre os maiores consumidores do mundo.

Tabela 3 - Percentual estimado de flúor ingerido por diferentes tipos de alimentos

Alimentos	Percentual de flúor absorvido
Água e refrigerantes	75%
Grãos e cereais	7%
Peixes, carnes e aves	6%
Outros	12%

Fonte: Buischi (2000) de Singer et al. (1993), adaptado pelo autor.

Observando a tabela 3, reforça-se o posicionamento em relação à água ser a principal fonte de consumo de flúor pelo ser humano, nesse sentido o monitoramento das águas de abastecimento é fundamental para a saúde coletiva. Segundo a OMS – Organização Mundial da Saúde –, o flúor é um agente benéfico à saúde quando consumido em quantidades recomendadas pelos especialistas. Conforme Curry (1992) e Pires et al. (2002), o mesmo, quando utilizado em teores controlados, produz uma resistência a doenças como a cárie dentária, resultando também em um endurecimento da matriz esquelética.

A absorção do flúor geralmente acontece via mucosa, que posteriormente entra em contato com o estômago, onde a acidez estomacal acelera a absorção. Depois, através da retenção plasmática, é liberado para todo o corpo, onde não fica retido nos tecidos moles, mas sim em estruturas mais calcificadas, como os ossos e dentes (OMS, 2011).

Em relação à exposição de crianças ao flúor, nota-se uma porcentagem maior de retenção de flúor que em adultos, correspondendo a 60% em adultos e em crianças de 80 a 90% de retenção. Outro aspecto importante é que o flúor pode chegar até o leite materno em níveis iguais aos do sangue, atravessando a placenta da gestante.

A retenção do flúor em estruturas ósseas, mesmo após a exposição ter cessado, tende a ocorrer por uma mobilização do elemento no organismo (FAWELL et al., 2006).

Sabendo que os benefícios do flúor e os seus malefícios estão relacionados com os níveis/teores de concentração no consumo da população, é importante destacar as recomendações das autoridades e especialistas no assunto sobre a exposição ou consumo diário do flúor pelo ser humano e observar o que as autoridades médicas apontam sobre os diferentes níveis em relação às patologias e condições de saúde humana, e suas complicações, em relação à não observância do disposto recomendado.

A ingestão diária de flúor varia muito de região, observando sempre a quantidade absorvida pelo organismo, através de alimentos, tratamentos dentários, higiene bucal e no próprio consumo de água, dependendo das práticas regionais como o consumo de chás, que tende a incidir em maior de consumo de flúor, como aponta Fawell et al. (2006). Em climas mais quentes, há um maior consumo de água, por exemplo, o qual tende a aumentar o consumo do flúor. Triller (1998) destaca que as autoridades médicas recomendam cerca de no máximo 1 mg de flúor para o consumo diário, já a OMS (2011) aponta que em climas temperados, tenha-se um consumo diário de 0,6 mg por dia.

Como evidenciou-se no presente trabalho, a maior fonte de consumo humano de flúor se apresenta sendo o consumo de água e seus usos. Dessa forma, conforme a Portaria Complementar n.º 5 (BRASIL, 2017), do Ministério da Saúde, os níveis de íons de fluoreto nas águas de abastecimento devem ser de no máximo 1,5 mg/L, a fim de não comprometer a saúde. Cortecci (2014) aponta algumas complicações de saúde que podem ocorrer devido aos variados índices de fluoreto nas águas de consumo, apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Impactos do flúor sobre a saúde humana

Quantidade em mg/L	Impactos na saúde humana
0,00	Limitação do crescimento
0,00 – 0,5	Carie dental
0,5 – 1,5	Impede o enfraquecimento dos dentes, auxiliando na saúde bucal
1,5 – 4,0	Fluorose dental
4,0 – 10,0	Fluorose dental grave e fluorose esquelética
Maior que 10,0	Fluorose deformante

Fonte: Cortecci (2014)

Nesse sentido, concentrações de íons de fluoreto de 0,6 a 0,8 se mostram segundo Cortecci um nível adequado para consumo, principalmente no combate a patologias como a cárie dental como em outros benefícios para a saúde, como na prevenção do próprio enfraquecimento dos dentes.

4.3.1 Cárie dental

A patologia em questão trata-se de uma doença infecciosa, sendo considerada um sério problema de saúde pública no Brasil e no mundo, representando um dos maiores desafios para a comunidade odontológica. Devido ao seu desenvolvimento gradual, muitas vezes não recebe a devida atenção e, consequentemente, não é tratada adequadamente em seus estágios iniciais, resultando na deterioração das estruturas minerais dos dentes e causando dor e desconforto ao comer e ao entrar em contato com outras estruturas.

Historicamente, a cárie dentária tem sido uma das doenças bucais mais prevalentes na sociedade, afetando principalmente crianças em idade escolar, como apontado por Petersen (2005). Fatores socioeconômicos desempenham um papel significativo no aumento dos casos de infecção entre crianças e adolescentes, tanto devido a hábitos de higiene bucal inadequados quanto a padrões alimentares desfavoráveis, conforme mencionado por Petersen.

O papel significativo dos fatores sócio comportamentais e ambientais nas doenças bucais e na saúde é demonstrado em inúmeras pesquisas epidemiológicas. O padrão atual de cárie dentária reflete principalmente perfis de risco distintos entre os países (relacionados às condições de vida, estilos de vida e fatores ambientais) e à implementação de sistemas preventivos de saúde bucal. (PETERSEN, 2005).

No mesmo sentido, Soares de Paula (2002) destaca que a incidência de cárie está relacionada à qualidade de vida dos indivíduos, ressaltando que regiões com maior nível de instrução e condições socioeconômicas geralmente apresentam índices menores de cárie. Isso evidencia a complexidade e os desafios enfrentados pelos sistemas de saúde no combate a essa doença, especialmente em áreas com grave carência de recursos econômicos e educacionais voltados para a saúde bucal.

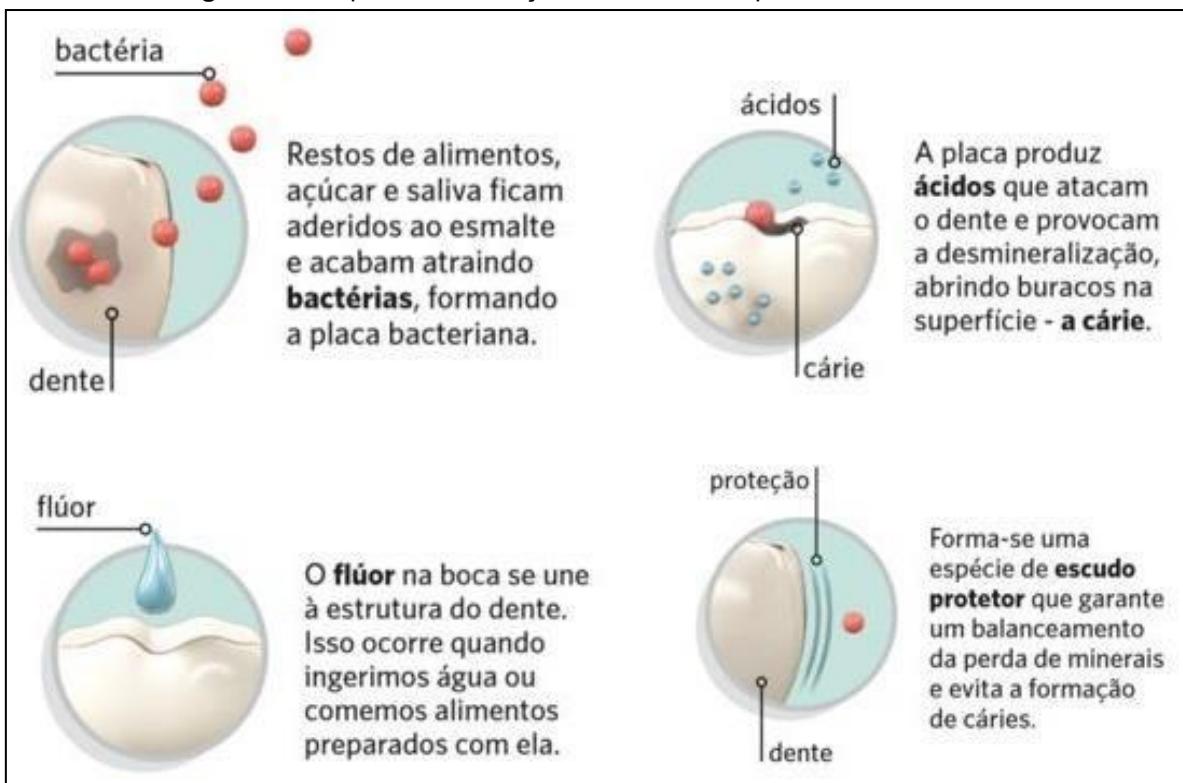
A cárie dentária afeta aproximadamente 90% da população mundial e é causada por lesões no esmalte dentário decorrentes da ação bacteriana, principalmente associada à má higiene bucal. Essas lesões comprometem a mineralização dos dentes devido aos ácidos produzidos pelas bactérias. As cárries podem progredir além da superfície do dente, afetando suas estruturas e raízes e expondo-as ao ambiente oral, o que acarreta sérios problemas de saúde para o indivíduo (FEATHERSTONE, 2008).

Os benefícios do flúor no combate às cárries derivam da sua capacidade de inibir a ação bacteriana cariogênica, impedindo a formação de enzimas de glicose a partir de microrganismos como o *Streptococcus mutans*. Além disso, o flúor inibe a enolase, uma enzima glicolítica que catalisa a conversão de 2-fosglicerato em fosfoenolpiruvato (HAMILTON, 1990).

O flúor também auxilia na remineralização dentária, que envolve a deposição de minerais nas áreas desmineralizadas dos dentes causadas pela cárie. Esse processo de restauração do esmalte dentário está intimamente ligado ao uso de fluoretos em dentifrícios, reparando lesões cariosas incipientes. O flúor ajuda na difusão de cálcio e fosfato no dente, formando uma proteção contra futuras desmineralizações (FEATHERSTONE, 2008).

Portanto, é importante ressaltar que o flúor não deve entrar em contato direto com as estruturas dos dentes, mas sim ser diluído, principalmente em água, para exercer sua ação antibacteriana na prevenção de doenças como a cárie e auxiliar na reposição de minerais perdidos, como discutido anteriormente e exemplificado no esquema apresentado na figura 2.

Figura 2 – Esquema de inserção de Fluoreto no processo de controle a cárie



Fonte: VIGIFLUOR, 2019.

A relação entre o flúor e a cárie teve início nos anos de 1909, quando dois dentistas, Frederick McKay e Grant Black, ao investigarem manchas nos dentes de crianças nos Estados Unidos, observaram que a exposição dessas crianças a altas concentrações de fluoreto causava fluorose dental. Em 1931, o Dr. Henry Trendley Dean, diretor da Unidade de Higiene Dentária do Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos (NIH), ao estudar o comportamento do flúor em relação às estruturas dentais, constatou que níveis em conformidade com as recomendações de flúor nas águas, resultavam na redução da incidência de cárie (PECKHAM; NIVI, 2014).

A fluoretação das águas mostrou-se uma forma eficaz de atender principalmente às comunidades com menos acesso à educação e recursos econômicos, as quais são mais afetadas pela cárie. Essa medida visa combater a progressão da cárie e atender às necessidades de saúde da população. No Brasil, a fluoretação das águas de abastecimento teve início em 1952 em Belo Horizonte, durante o X Congresso Brasileiro de Higiene. A partir dos anos 70, a fluoretação tornou-se obrigatória no Brasil, estabelecida pela Lei Federal 6.050, de 24/5/74, regulamentada pelo Decreto 76.872, de 22/12/75. Atualmente, segundo a OMS, cerca de 65 milhões de pessoas no Brasil são beneficiadas por esse programa.

4.3.2 Efeitos agudos do Flúor e Fluorse/ Fluorse dentária

A intoxicação por flúor na água de maneira aguda pode ocorrer com uma quantidade de consumo entre 30 e 1000 mg/l, sendo que em certas circunstâncias essa quantidade pode ser letal para os seres humanos. No caso de uma criança, estima-se que 15 mg/kg de peso corporal são suficientes para levar à óbito (DHAR; BHATNAGAR, 2009). É importante destacar que as crianças têm maior risco de ingerir uma dose maior de flúor através de cremes dentais com sabor e também durante o processo de higiene oral, na escovação dos dentes e no enxágue bucal, pois elas tendem a engolir o creme em vez de cuspir.

Além disso, é importante ressaltar que essa intoxicação aguda depende também da ingestão do flúor em um curto espaço de tempo. Como parte das reações adversas, destacam-se os problemas neurológicos. Apesar da barreira neurológica formada pela barreira hematoencefálica, que oferece proteção em relação a esse elemento, uma grande exposição ao flúor pode afetar o sistema nervoso, causando sintomas como espasmos musculares, cefaleia, hiporreflexia, convulsões, fraqueza e cefaleias.

Outras condições que podem surgir em caso de intoxicação aguda por fluoreto incluem pele seca, dores abdominais, arritmias, sede e tremores. Devido à alta toxicidade desse elemento, os sintomas surgem rapidamente no organismo, e medidas urgentes, como indução de vômito e administração de doses de cálcio para alcalinizar a urina e promover a rápida eliminação do flúor do organismo, devem ser tomadas. As primeiras horas após a intoxicação são essenciais para uma recuperação bem-sucedida (DHAR; BHATNAGAR, 2009).

4.3.3 Fluorse dental

A fluorose dental é considerada uma doença caracterizada pela hipomineralização do esmalte dos dentes, manifestando-se durante a formação dos dentes permanentes, também conhecida como odontogênese. Afeta principalmente os pré-molares e incisivos superiores (Benazzi et al., 2012), causando danos irreversíveis e prejudicando a estética dos dentes, o que pode resultar em desconforto e impactar negativamente na autoestima do indivíduo. A prevenção é o único meio eficaz de combater esse problema.

A principal causa da fluorose dental é o consumo de altas concentrações de íons de fluoreto, embora outros fatores também possam potencializá-la, como desordens esqueléticas, baixo peso ao nascer e estados nutricionais inadequados (DenBesten, 1999). Sua incidência é observada principalmente em crianças com condições nutricionais precárias durante o período de formação dos dentes permanentes.

A fluorose dental é mais prevalente em áreas com altos índices de flúor na água, tanto naturalmente em águas subterrâneas quanto artificialmente em águas superficiais submetidas à fluoretação. No Brasil, essa condição não apresenta um aumento significativo, mas sim casos regionalizados, sendo os níveis moderados predominantes na maior parte do território, com exceção de áreas onde há maior consumo de água de fontes naturais, levando a fluoroses endêmicas (Marimon, 2006; Cangussú et al., 2002).

A gravidade da fluorose dental está relacionada aos níveis de exposição ao flúor e ao estágio de formação da dentina durante a exposição ao ambiente bucal (De Carvalho et al., 2011). Como mencionado anteriormente, o período infantil é o mais suscetível ao desenvolvimento dessa doença e é crucial que os especialistas monitorem essa fase para prevenir sua ocorrência.

Quanto à avaliação da gravidade da fluorose, a OMS e outras autoridades de saúde recomendam o uso do Índice de Dean para crianças de 12 anos. Esse índice, desenvolvido em 1936, classifica a fluorose com base em códigos que refletem as características clínicas observadas nos dentes, como mostrado no quadro 1 e na figura 3.

Figura – 3 Grau de severidade pelo índice de Dean (1942)



Fonte: ODONTOLINE, (2013).

Quadro – 1 Classificação de grau de fluorose pelo índice de Dean

Severidade	Grau	Critérios do esmalte dental
Normal	0	Superfície de esmalte lisa e brilhante, de coloração branco/creme.
Discutível	1	Alterações na translucidez do esmalte, com pontos brancos pequenos ou manchas dispersas.
Muito leve	2	Opacidades pequenas, brancas como papel, irregulares e disseminadas, afetando menos de 25% da face vestibular do dente.
Leve	3	Opacidades afetando entre de 25% e 50% da face vestibular do dente.
Moderada	4	Esmalte mostrando um desgaste marcado, com erosão importante, podendo apresentar manchas escuras (cor marrom) salpicadas.
grave	5	Esmalte muito afetado e desgastado, apresentando hipoplasia de esmalte, corrosão extensas, manchas escuras é possível alteração da morfologia do dente

Fonte: Modificado de DISSANAYAKE e CHANDRAJITH, (2009).

4.3.4 Fluorose óssea

Outra complicação importante da exposição a altas concentrações de flúor é a fluorose óssea, que causa deformidades nas estruturas ósseas, manifestando-se como osteosclerose pelo processo de calcificação dos ligamentos, acompanhada de osteoporose. Isso resulta em debilidade e dificuldade de mobilidade para o indivíduo, enfraquecendo seus ossos (Dissanayake; Chandrajith, 2009).

O diagnóstico da fluorose esquelética é complexo devido à sua semelhança com outras enfermidades, como a artrite. Essa condição causa desconforto e dor significativos para o paciente, pois é uma doença degenerativa que compromete a qualidade óssea, aumentando a frequência de fraturas.

Pesquisas científicas indicam que quanto maior for o contato do ser humano com o flúor, maior será a contaminação. Em regiões com altas concentrações de fluoreto na água, especialmente devido à poluição por atividades industriais, há um aumento de 20% na probabilidade de incidência de fluorose esquelética (Peckham et al., 2014).

Países como China, México e Índia, que consomem predominantemente águas subterrâneas com altos teores de flúor, sofrem com uma alta prevalência de

fluorose óssea (Marimon, 2006). Na Índia, mais da metade dos estados têm áreas identificadas como endêmicas para fluorose, com cidades como Nalgonda apresentando níveis de íons de fluoreto na água de até 20 mg/L, sendo que a OMS considera que concentrações acima de 6 mg/L podem causar fluorose esquelética e fraturas ósseas (Waugh, 2013).

Além disso, os altos teores de flúor também estão associados a outras doenças, como depressão, problemas renais, infertilidade, doenças respiratórias e, em alguns estudos, câncer e problemas neurais e cognitivos (Dissanayake; Chandrajith, 2009).

Apesar de ser um aliado no tratamento de patologias como a cárie, o flúor em excesso, conforme demonstrado neste trabalho, pode ser prejudicial à saúde humana devido à sua alta toxicidade. Quando em contato direto com o organismo humano, pode causar sérios problemas, inclusive patologias crônicas.

5 Fluoretação e vigilância da qualidade da água de abastecimento no Paraná

A partir da década de 80, houve um grande apoio financeiro do Governo Federal para potencializar a fluoretação das águas de abastecimento no país. Após as eleições desse período, ocorreu uma grande reformulação nos setores de saúde bucal do estado do Paraná (Narval, 2000). Com a ascensão de novos gestores pós-eleições, iniciou-se a implementação de diretrizes sobre odontologia e saúde bucal pública.

Políticas públicas, como a implementação do flúor nas águas de abastecimento do estado, a interiorização de redes de clínicas e centros odontológicos nas regiões mais afastadas dos grandes centros, a prática de bochechos com flúor diluído em água na rede de educação urbana e rural, bem como a implementação de redes de atendimento odontológico nas escolas, garantindo atendimento não apenas para os alunos, mas também para a comunidade local (Amarante, 2008).

A fluoretação no Brasil seguiu um fluxo gradual. De acordo com Ramires e Buzalaf (2007), em meados de 1982, atendia uma população de 25,7 milhões de pessoas, aumentando significativamente para 60,4 milhões em 1989. Esse crescimento continuou até 2003, quando cerca de 70 milhões de brasileiros eram beneficiados pela fluoretação, principalmente através das águas de abastecimento.

No estado do Paraná, a fluoretação é realizada pela Coordenação de Saúde Bucal em parceria com as prefeituras municipais, SANEPAR e a Fundação Nacional de Saúde. Houve um avanço significativo na percentagem da população atendida pela fluoretação das águas de abastecimento, beneficiando aproximadamente 47% da população em 1982 e chegando a 97,89% da população urbana em 2007, compreendendo cerca de 80,94% de toda a população do estado (Amarante, 2008).

Em áreas rurais, onde o abastecimento de água é predominantemente individual, a logística dificulta a chegada de água tratada pelo SAA. A política pública de fluoretação é principalmente implementada por meio de programas escolares, como a prática de bochechos, distribuição gratuita de pasta de dentes para alunos e escovação supervisionada, como parte dos programas estaduais de educação em saúde bucal.

O estado do Paraná possui uma cobertura significativa em relação à fluoretação das águas de abastecimento. Paraná (2013) aponta que apenas 19 municípios não aplicam a fluoretação em suas águas, geralmente devido à falta de infraestrutura técnica. Além disso, os municípios com menos de 3 mil habitantes, que dependem de poços individuais e coletivos, também não se beneficiam da fluoretação, sendo necessário analisar seus níveis de flúor.

Para verificar a qualidade da água consumida pela população do estado do Paraná, a Secretaria de Estado da Saúde (SESA) criou o Comitê Técnico para Fluoretação, conforme a Resolução SESA n.º 415/2013, com o objetivo de monitorar a qualidade das águas de abastecimento e verificar os níveis de flúor praticados no processo de fluoretação.

A Lei n.º 6.050, de 24 de maio de 1974, sancionada pelo Presidente da República, Ernesto Geisel, determinava a obrigatoriedade da fluoretação de todas as águas de abastecimento público do Brasil (Brasil, 2012). Em 1975, por meio do Decreto 76.872, de 22 de dezembro, foram estabelecidas todas as diretrizes, métodos e níveis de concentração de flúor nas diferentes regiões do país, sendo responsabilidade do Ministério da Saúde e das secretarias de saúde estaduais sua aplicação e fiscalização, dentro de suas competências e jurisdições (Brasil, 1975).

Quanto às metodologias/diretrizes adotadas para a fluoretação das águas de abastecimento, a Portaria n.º 635/Bsb/DATA? destaca a fiscalização e o controle rotineiro da qualidade da água. O serviço deve ser prestado de forma contínua, e os níveis de concentração de íons de flúor na adição às águas devem ser ajustados de

acordo com as condições de temperatura da região onde a política pública será aplicada, conforme indicado na tabela 5 da própria portaria.

Tabela 5- Relação entre a média das temperaturas do ar e a concentração de íons de fluoreto na água

Média das temp. máx. diárias do ar (°C)	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto (mg / L)		
	Min.	Max.	Ótimo.
10,0 – 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 – 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 – 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 – 21,4	0,7	1,3	1,0
21,5 – 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 – 32,5	0,6	0,8	0,6

Fonte: Brasil (1975), adaptado pelo autor.

Considerando a tabela 5 e o que foi dissertado neste trabalho, tanto a OMS quanto a OPAS (Organização Pan-Americana de Saúde) recomendam uma concentração máxima de flúor nas águas de abastecimento de 1,5 mg/L, observando os riscos do consumo em teores indesejáveis deste elemento químico. Pinese et al. (2017 e 2021) apontam que as concentrações de íons fluoretos no abastecimento, verificadas em estudos científicos, são recomendadas em temperaturas médias de 28°C, com intervalo entre 0,6 mg/L e 0,8 mg/L, visando combater a cárie dental e evitar a fluorose.

O método de fluoretação das águas de consumo para combater a cárie, em países como o Japão e outros europeus (Islândia, Itália, Bélgica), foi descontinuado, e em alguns desses países nem sequer chegou a ser implementado, conforme aponta Connell (2012), que indica o uso apenas de práticas como escovação e enxaguantes bucais para combater essa doença. Contudo, Cury et al. (2019) conceituam a fluoretação das águas de abastecimento como uma forma de combater patologias e promover condições de saúde bucal, principalmente nas classes mais carentes da sociedade.

Nesse sentido, a vigilância em relação à qualidade da água é fundamental para garantir o conhecimento e controle de doenças. A Vigilância Sanitária (VS),

juntamente com os prestadores de serviço de abastecimento, tem a função de garantir o controle da qualidade das águas de consumo. Em relação ao controle das concentrações de flúor, o poder público dispõe de mecanismos como o Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água (VIGIAGUA), conforme Frazão et al. (2018).

O VIGIAGUA, a partir das amostras de água coletadas pelos agentes da Vigilância Sanitária, submete-as a testes laboratoriais para aferir parâmetros como flúor, cloro, coliformes, turbidez, etc., visando verificar a qualidade da água de consumo. Posteriormente, os resultados são alimentados no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), constando o local, data, horário e resultados dos teores aferidos.

Além disso, é importante destacar o papel da rede VIGIFLUOR (Vigilância do Flúor), implementada pelo Ministério da Saúde. Este programa nacional atua em conjunto com as secretarias de saúde dos Estados e Municípios, monitorando a adição de flúor nas águas e inserindo periodicamente os resultados das análises de teor de flúor na água da rede de distribuição. O VIGIFLUOR regulamenta e normatiza por meio de elaboração de decretos, portarias e resoluções, e capacita, supervisiona e orienta os municípios e regionais estaduais de saúde nas ações de fiscalização junto aos sistemas de abastecimento de água e uso dos sistemas de informações (VIGIFLUOR, 2023).

Observando a literatura científica e o posicionamento dos órgãos e autoridades de saúde, conclui-se que a verificação da qualidade da água de consumo humano é imprescindível, uma vez que esta é responsável pela maior parte das internações e atendimentos nos centros de saúde e pronto-socorro do país. O equilíbrio entre as relações bióticas e abióticas é necessário para uma melhor compreensão da interação geoquímica, considerando o acesso humano e os elementos químicos presentes no solo e na água.

Para compreender essas dinâmicas, são utilizadas ferramentas para atuar frente a essas questões. A Geografia, por meio da Geomedicina, também conhecida como Geografia da Saúde, desempenha um papel importante na história da saúde mundial, ao abordar questões geológicas como fatores de influência na saúde humana (Selinus, 2003).

6 Geografia Médica e da Saúde

8.1 Geografia Médica

A Geografia Médica remonta aos meados do século XIX, a partir dos pensamentos de Hipócrates, considerado por muitos como pai da medicina. Com o reconhecimento das doenças, buscava-se resolver essa problemática, e uma das ferramentas utilizadas era a descrição e reprodução das áreas onde havia maior incidência de casos de enfermidades, principalmente relacionadas aos aspectos físicos das áreas.

Diante desses pensamentos, começaram a surgir estudos relacionados a esses fenômenos ecológicos, e pensadores como Hipócrates relacionavam a condição de vida e recuperação de determinadas enfermidades à condição ecológica do ambiente, como a temperatura, clima e principalmente a qualidade da água. Essa percepção da realidade trazida por Hipócrates auxiliava na instrução dos médicos e na medicina nos tempos antigos (ELDER, 2011).

Os estudos de Hipócrates, mesmo sem dispor de ferramentas técnicas avançadas, promoveram cientificidade ao conhecimento sobre a medicina da época, rompendo com o misticismo que havia em relação ao aparecimento de doenças, sendo considerado, segundo Lacaz (1972), um dos precursores dos estudos relacionados à Geografia Médica.

Nesse sentido, a relação ecológica entre as causas de moléstias denota a relação entre saúde e doença ligadas principalmente ao espaço onde ocorrem essas interações homem/natureza, objeto de estudo da própria Geografia. Como apontam Lima e Guimarães (2007, p. 60), há uma necessidade de...

[...] antes de tudo, compreender o processo de ocupação e organização do espaço geográfico pelas sociedades humanas em diferentes tempos e lugares para entender a manifestação das doenças. Essa compreensão é muito importante, porque pode permitir o entendimento da gênese e da distribuição das doenças, e assim estabelecer programas de vigilância ambiental em saúde. Este princípio já estava estabelecido em Hipócrates, o pai da Medicina e da Geografia médica.

Os pensamentos de Hipócrates evidenciavam a necessidade de conhecimento geográfico, físico e natural dos espaços atendidos pelos profissionais

da saúde, como aponta Guimarães (2014), que o agente de saúde ao entrar em contato com a área de atuação deveria

[...] considerar sua situação em relação aos ventos e ao nascer do Sol. Deveria considerar também se a cidade estaria posicionada em relação ao norte ou ao sul, para o nascente ou ao poente, assim como a qualidade de suas águas. Se as águas são pantanosas e suaves, ou se saem de rocha e de partes elevadas, se salobras e impróprias para cozinhar. Se a terra está nua e deficiente em água, ou arborizada e bem regada, e se está em uma depressão ou em partes elevadas (GUIMARÃES, 2014, p.52).

Os pressupostos da Geografia Médica sempre foram embasados nos estudos do conhecimento ecológico, empírico, e na percepção da realidade de cada ambiente, levando em conta suas condições físicas. Essa metodologia foi deixada de lado na Idade Média, principalmente devido à influência do viés religioso predominante nesse período. Utilizava-se como método de identificação de morbidade os efeitos sobrenaturais, como o sagrado e o pecado, considerando-os determinantes para a ocorrência de doenças (RIBEIRO, 2004; DUTRA, 2011; BATISTELLA, 2013).

Com as grandes navegações e viagens realizadas pelos colonizadores, principalmente em direção às suas colônias, surgiu a necessidade de obter conhecimento prévio sobre as condições e possíveis moléstias que os povos que lá habitavam poderiam ter, como a Sífilis e a Febre Amarela. Essa preocupação com a saúde e as possíveis enfermidades das populações colonizadas marcou o surgimento efetivo da Geografia Médica, como apontam Costa e Teixeira:

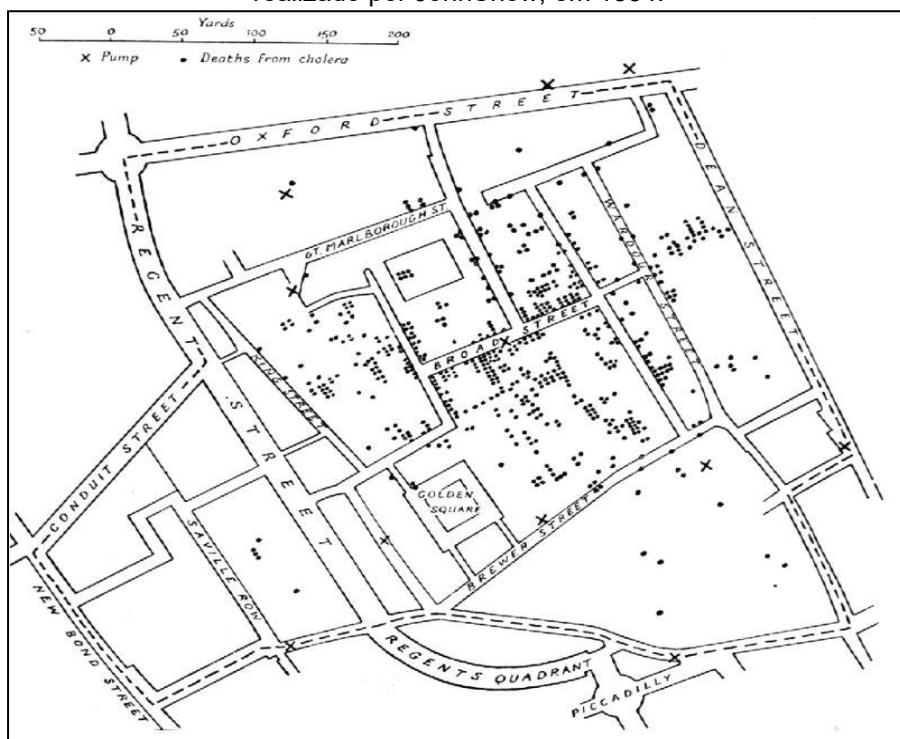
A aproximação entre o saber médico e a geografia só foi impulsionada a partir do século XVI com os grandes descobrimentos, que colocaram a necessidade de se conhecer as doenças nas terras conquistadas, visando à proteção de seus colonizadores e ao desenvolvimento das atividades comerciais. Esse período corresponde ao predomínio da concepção determinista da geografia sobre a relação homem/natureza, de modo que as características geográficas, principalmente o clima, eram colocadas como responsáveis pela ocorrência das doenças (p. 273, 1999).

Com o passar do tempo, a Geografia Médica assumiu uma relação importante com a epidemiologia, especialmente durante o período de grande mobilidade humana em direção aos novos centros urbanos, impulsionados principalmente pela Revolução Industrial. Nesse contexto, surgiram diversas doenças devido às grandes

aglomerações de pessoas em determinados centros urbanos, chamando a atenção das autoridades públicas para questões sanitárias emergentes e levando ao surgimento dos chamados "Sanitaristas", que buscavam melhorias no setor de saúde e no planejamento sanitário (ROSEN, 2006).

O surgimento de epidemias como a raiva e a cólera na Inglaterra, em 1854, teve um impacto significativo na saúde coletiva da sociedade da época. Nesse contexto, John Snow, um médico, desempenhou um papel crucial ao realizar estudos cartográficos relacionados com questões de saúde. Ele desenvolveu mapeamentos que mostravam as concentrações de bombas de água contaminadas pela cólera, evidenciando a hipótese de que a contaminação ocorria através da água e não pelo ar, como se acreditava até então. Esse trabalho pode ser observado na figura 4

Figura 4 - Mapeamento dos casos de óbito por cólera e bombas públicas de água em Londres realizado por JohnSnow, em 1854.



Fonte: Disponível em: <https://goo.gl/GVyver>

Os resultados desses estudos auxiliaram na desativação das bombas de água que abasteciam a comunidade local, reduzindo as contaminações. Essas pesquisas foram fundamentais para a qualidade de vida da sociedade de Londres e para muitas questões de saúde pública posteriormente.

Em um segundo momento, a Geografia Médica passou a ser conhecida como Geografia da Saúde, trazendo uma nova perspectiva de estudo, não sendo apenas

descritiva e epistemológica (BARCELLOS, 2008). Com o surgimento dessa nova abordagem da Geografia Médica, passou-se a estudar as relações socioespaciais, socioeconômicas e socioambientais, analisando as epidemiologias e correlacionando-as com o espaço e as condições de vida dos indivíduos (MAZETTO, 2008).

No Brasil, os estudos de saúde em Geografia ganharam destaque principalmente com Josué de Castro, através da publicação de sua obra "Geografia da Fome" em 1946, que tratava da relação entre a fome e as condições de saúde. Também é importante destacar a contribuição de Carlos S. Lacaz, que em sua obra "Introdução à Geografia Médica no Brasil", publicada em 1972, buscava uma relação mais estreita entre médicos e geógrafos nos estudos das regiões nordeste e centro-oeste.

Com isso, os estudos realizados no campo da Geografia da Saúde observaram que as condições dos espaços geográficos, incluindo suas características físicas, biológicas e econômicas, são determinantes para as condições de vida da sociedade (LEMOS; LIMA, 2002). Por exemplo, analisou-se questões climáticas, solos, hidrologia, renda per capita e acessibilidade aos serviços de saúde. Observou-se que as condições do ar podem contribuir para o aumento de casos de asma (IANNI; QUITERIO, 2006), enquanto altas temperaturas podem favorecer a proliferação de doenças infecciosas (CONFALONIERI et al., 2016).

A partir desses pensamentos, surge então a Geografia da Saúde/Atenção, voltada para entender as relações de espaço e as transformações da sociedade, bem como as patologias que podem resultar dessas interações. Nesse sentido, os estudos das relações do espaço geográfico e a mobilidade urbana de Milton Santos foram muito importantes para o conhecimento dessas relações e as novas organizações espaciais e suas problemáticas (ROJAS, 2003).

Dessa forma, os novos estudos e debates sobre saúde voltam-se para questões políticas, sociais e econômicas da sociedade, buscando promover o planejamento de acesso aos serviços de saúde disponíveis. Essa abordagem transcende as questões geográficas de representação de áreas afetadas por epidemias e busca levar as ferramentas de saúde até a sociedade, com um viés mais humanista e perceptivo à realidade particular de cada comunidade.

A ciência da Geografia no campo da saúde tem desempenhado um papel além de entender as relações entre saúde e ambiente. Ela tem atuado na proposição de ações de prevenção e acesso à saúde, na perspectiva de melhorar os setores de

saúde e a gestão da saúde pública. Utilizando suas ferramentas geotecnológicas e estatísticas, tem desenvolvido uma abordagem multidisciplinar com a medicina, serviços sociais e outras ciências, superando barreiras que antes eram enfrentadas por abordagens disciplinares isoladas (GUIMARÃES, 2014).

Portanto, o papel do geógrafo não se restringe apenas ao laboratório, mas sim ao campo holístico e à interação multidisciplinar com a sociedade. Por meio de suas atribuições e ferramentas, busca melhorar a qualidade de vida da sociedade, compreendendo o ambiente e os espaços mais vulneráveis. Conhecer as áreas de risco para doenças ou anomalias que possam gerar doenças é fundamental para entender o comportamento das patologias que podem afetar a sociedade.

7 Espaços de risco relacionado com a saúde pelos teores de flúor

O conceito de espaço, relacionado às interações entre saúde e doença, sempre esteve presente nas discussões epistemológicas das ciências geográficas. O meio ambiente é fundamental para compreender os processos de saúde humana, pois as patologias eram sistematicamente observadas em relação às condições físicas do espaço, uma vez que o entendimento sobre o surgimento de enfermidades estava ligado à presença de organismos vivos em uma área específica (CZERESNIA; RIBEIRO, 2000).

Dentro desse mesmo conceito, destacam-se as questões epidemiológicas relacionadas às doenças transmissíveis, nas quais a ciência geográfica acompanhou a geografia médica no sentido de relacionar essas patologias com o determinismo ecológico. Isso envolve entender as propriedades físicas do espaço geográfico para especializar e identificar a relação de causa e efeito de possíveis doenças.

O conceito de espaço geográfico evoluiu ao longo do tempo, adquirindo novos pressupostos que ampliaram sua *episteme* para além da interpretação determinista anteriormente observada em sua epistemologia. Nessa nova perspectiva, teóricos como Milton Santos propuseram uma geografia mais crítica em relação aos fenômenos espaciais. Isso se reflete nas relações de saúde humana, onde o autor enxerga o espaço como sistemas interligados por suas interações e pela organização/reorganização do espaço geográfico, através da produção do trabalho (SANTOS, 2006).

Nesse sentido, o espaço adquire novas formas devido aos instrumentos sociais que atuam na modificação espacial, gerando novas dinâmicas de

transformação por meio de objetos (fluxos) e ações (fixos). Surgem novas facetas sociais que demandam novas posições políticas e econômicas nessa nova sociedade.

Essa nova abordagem proposta por Santos, considerando as interações entre primeira e segunda natureza, lança luz ao pensamento epidemiológico sobre o conhecimento de novas estruturas patológicas, especialmente no espaço urbano. Isso tornou as ações de saúde pública mais eficientes, uma vez que o objeto de estudo não se restringe apenas à espacialização de áreas e à ecologia, mas também inclui as questões socioeconômicas.

Assim, o espaço geográfico reflete as realizações humanas, sendo observado tanto na análise da primeira natureza (a natural) quanto na segunda natureza (modificada pelo homem). Isso evidencia a criação de espaços mais nocivos ao desenvolvimento da vida e à manutenção dela, destacando os espaços de risco ou vulnerabilidade.

O conceito de risco não é exclusivo da geografia, sendo utilizado por várias outras ciências para se referir à probabilidade de eventos que possam ser esperados, relacionados à vulnerabilidade e suscetibilidade. Essa probabilidade também está ligada a ações humanas que podem causar vulnerabilidade de determinadas pessoas em um determinado espaço (DAGNINO e CARPI JUNIOR, 2007).

O estabelecimento das relações entre impactos, riscos, e processo de uso e ocupação do espaço associado às condições socioeconômicas das populações, permite identificar a maior ou menor vulnerabilidade à incidência de riscos ambientais, conforme as respostas do sistema a essas alterações.

Dessa forma, a materialização dos danos resultantes da interação antrópica, associada aos danos ambientais, reflete a capacidade de risco ou vulnerabilidade social, que pode resultar em perdas materiais humanas e ambientais, diretas ou indiretas, como resultado do processo de modificação das estruturas socioambientais (REBELO, 2010).

Na epidemiologia, o conceito de risco está relacionado aos fatores agravantes de saúde. Observar a literatura existente sobre eventos passados que deixaram evidências de danos potenciais à saúde é fundamental, como apontam Castiel, Guilam e Ferreira (2010). Há uma necessidade de estudar esses eventos e fazer previsões para possíveis situações futuras prejudiciais à saúde.

Com isso, os espaços de risco à saúde são recortes espaciais que podem representar prejuízos para a saúde da sociedade que os integra, seja por exposição a determinados tipos de trabalho, consumo de alimentos que contenham elementos prejudiciais, ou pela falta de elementos que garantam uma melhor qualidade de vida. Portanto, é fundamental analisar essas áreas e verificar suas condições.

Para isso, a Geografia, por meio de suas ferramentas, mostra-se capaz de auxiliar a sociedade, utilizando geoprocessamento e análise estatística de dados, como neste estudo em particular, que tem como objetivo identificar possíveis áreas com concentrações não recomendadas de flúor (mg/L) nas águas subterrâneas (brutas) de abastecimento, bem como nas águas superficiais tratadas do município de Cornélio Procópio.

8 Proposta de Artigo

A proposta de artigo da dissertação de mestrado, a ser apresentado para defesa final, procura analisar as concentrações de flúor nas águas de abastecimento do município de Cornélio Procópio entre os anos de 2010 até 2020, baseando se em temas como abastecimento público, benefícios e malefícios do flúor ante a saúde humana, análise de condições climáticas do município, e a questão da fluoretação das águas de consumo como medida de combate a doenças como a cárie.

8.1 Artigo

CONCENTRAÇÕES DE FLÚOR NAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO SUBTERRÂNEAS (*IN NATURA*) E SUPERFICIAIS (TRATADAS), DO MUNICÍPIO DE CORNÉLIO PROCÓPIO, PARANÁ

Francisco Jorge de Castro Junior

Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina - UEL.

Pós-Graduação em Geografia, Londrina, Paraná

E-mail: Francisco.jorge@uel.br

José Paulo Peccinini Pinece

Universidade Estadual de Londrina (UEL) Departamento de Geologia e Geomática

Londrina, PR, Brasil

E-mail: Pinece@uel.br

RESUMO

A cárie dental é um problema de saúde pública significativo, e uma das estratégias adotadas para prevenir essa condição é a fluoretação das águas de abastecimento, uma prática adotada no Brasil e em muitos outros países ao redor do mundo. No entanto, pesquisadores e profissionais da área de saúde têm investigado os potenciais efeitos adversos da fluoretação, especialmente quando os níveis de flúor na água ultrapassam os limites recomendados. Esta pesquisa tem como objetivo verificar a compatibilidade dos teores de flúor das águas de abastecimento subterrâneas *in natura* no Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), e das águas superficiais (tratadas) pela empresa SANEPAR, no Município de Cornélio Procópio, PR, com as recomendações aceitas para os mesmos. Os dados utilizados foram obtidos na Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e no Instituto Água e

Terra do Paraná (IAT). Para realizar as tabulações e representações cartográficas da área, foi aplicado, como recomendável, um intervalo de concentração de flúor, nas águas, entre 0,6 a 0,8 mg/L, seguindo a recomendação e a regulamentação das portaria n.º 635/Bsb/ e GM/MS Nº 888/2021. Como resultados da pesquisa, as águas superficiais tratadas apresentaram, na sua maioria, índices de fluoretação acima dos recomendáveis, apontando para possíveis geração de fluoroses. Nas águas subterrâneas, observou-se uma insuficiência em flúor, apontando para uma não eficácia no combate à cárie dental. Nesse sentido, as águas de consumo do município de Cornélio Procópio necessitam de monitoramento regular e constante a fim de contribuir para a saúde da população local.

Palavras – Chave: Abastecimento, Água, Flúor, Saúde bucal,

ABSTRACT

Dental caries is a significant public health issue, and one of the strategies adopted to prevent this condition is the fluoridation of public water supplies, a practice used in Brazil and many other countries around the world. However, researchers and health professionals have been investigating the potential adverse effects of fluoridation, particularly when fluoride levels in water exceed recommended limits. This research aims to verify the compatibility of fluoride levels in untreated groundwater from the Serra Geral Aquifer System (SGAS) and treated surface water supplied by SANEPAR in the municipality of Cornélio Procópio, PR, with accepted recommendations. The data used in this study were obtained from the Paraná Sanitation Company (SANEPAR) and the Paraná Water and Land Institute (IAT). To perform the tabulations and cartographic representations of the area, a fluoride concentration range of 0.6 to 0.8 mg/L was applied, following the recommendations and regulations of Ordinance No. 635/Bsb/ and GM/MS No. 888/2021. As research findings, the treated surface water showed, for the most part, fluoride levels above the recommended range, indicating the potential generation of fluorosis. In the groundwater, a deficiency in fluoride was observed, pointing to inefficacy in preventing dental caries. In this sense, the drinking water of Cornélio Procópio requires regular and constant monitoring to contribute to the local population's health.

Keywords: Water Supply, Fluoride, Oral health.

1 Introdução

O flúor é um elemento químico pertencente à família dos halogênios não metais na forma molecular F₂ e de acordo com Marimon (2006), foi descoberto, em 1886, pelo cientista francês Henri Moisson, a partir de uma eletrólise. Este elemento está entre os mais abundantes da crosta terrestre ocupando 13º lugar, e pode ser encontrado no meio ambiente (solo, ar, águas).

Segundo Murray (1986) a presença deste elemento em nosso cotidiano é proveniente das poeiras ascendidas dos solos, poluições de indústrias, naturalmente

nas nossas águas por meio do intemperismo sofrido pelas rochas na relação rocha/água e de maneira artificial através da fluoretação da água.

O flúor, em vários estudos em saúde bucal, se mostrou eficiente no combate a doenças como a cárie dental, reduzindo as incidências de casos da doença pela razão de se realizar o processo de adição de íons de fluoreto nas águas de abastecimento como apontam (FRAZÃO; PERES; CURY, 2011).

Muitos países adotaram essa medida de fluoretação das águas de abastecimento como forma de complementação no combate à problemática da cárie. No Brasil esse procedimento ocorre desde os anos 70, tendo respaldo da comunidade científica e autoridades regulatórias.

Em contrapartida a essa benesse do flúor, a exposição a teores não recomendáveis do mesmo pode levar a um quadro bem preocupante de saúde coletiva, causando patologias como fluorose dental e, em último caso mais grave, a fluorose óssea como apontam (PINESE et al., 2002 e 2021 PIRES, 2008).

Visto que as condições das águas de abastecimento são importantes para as condições de saúde pública, objetiva-se neste trabalho verificar a compatibilidade dos teores de flúor nas águas de abastecimento do Município de Cornélio Procópio, Paraná, com as recomendações aceitas para os mesmos.

Parte dos objetivos desta análise é delimitar áreas que possam apresentar teores que não estejam em conformidades como as recomendações de saúde bem como em concordância com a legislação vigente, e a partir dos resultados poder auxiliar o poder público para que o mesmo possa planejar ações corretivas de saúde coletiva.

2 Material e Métodos

Para o desenvolvimento desta pesquisa, inicialmente realizou-se um levantamento bibliográfico abordando temas como flúor, saúde pública, sistemas de abastecimento e águas superficiais e subterrâneas.

Posteriormente, foram coletados os dados necessários junto aos órgãos governamentais para dar continuidade ao trabalho. Para as águas subterrâneas, foram obtidas 20 amostras de dados de poços de abastecimento do Município de Cornélio Procópio, fornecidas pelo IAT - Instituto Água e Terra do Estado do Paraná,

sses dados, referentes aos anos de 2010 a 2020, foram considerados como dados secundários, disponíveis ao público para verificação e utilização.

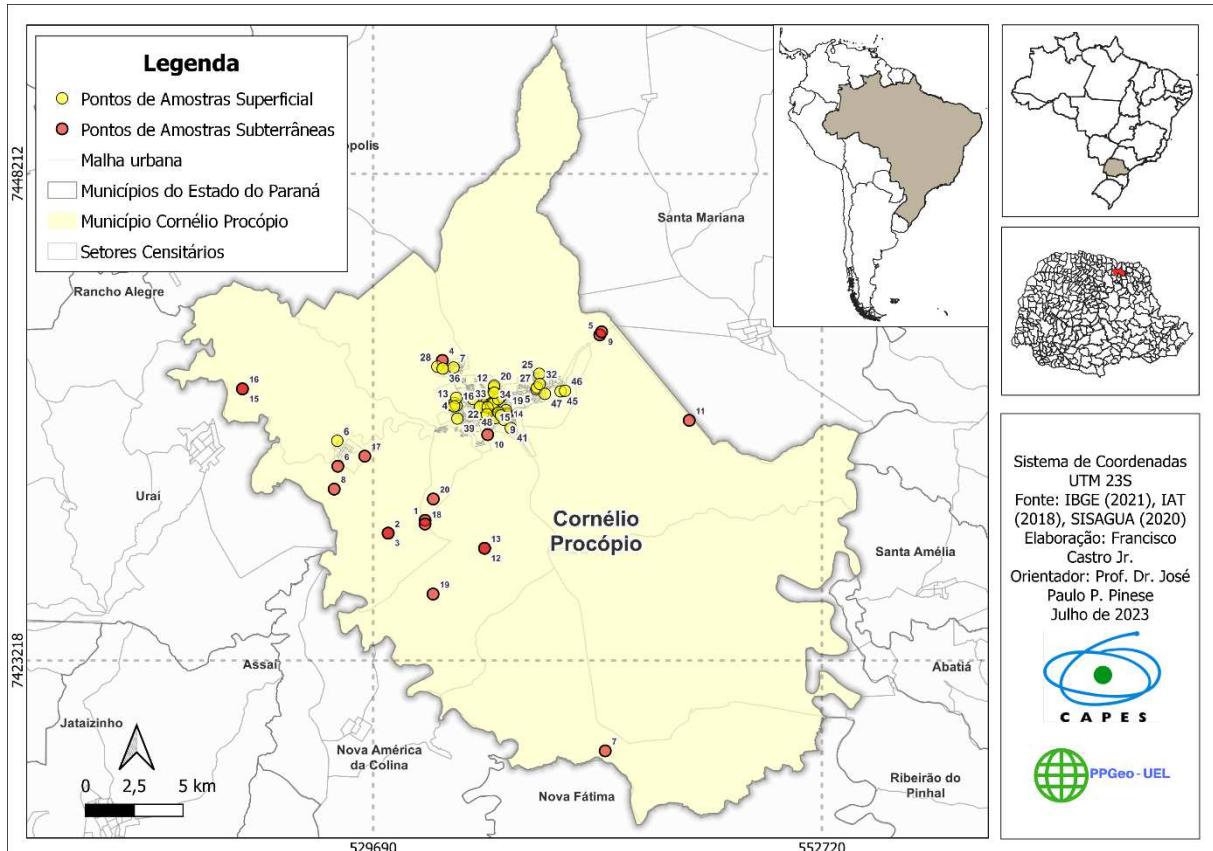
para as águas superficiais, foram utilizados dados de 50 amostras de águas tratadas provenientes de cavaletes e torneiras que se localizam junto aos locais de consumo. Esses dados foram obtidos através do SISÁGUA - Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, referentes ao período de 2010 a 2020. Assim como os dados de águas subterrâneas, esses dados foram reconhecidos como dados secundários, coletados por outros órgãos e disponíveis para diversos usos. Os dados de águas superficiais estão disponíveis em: <https://sisagua.saude.gov.br/sisagua/paginaExterna.jsf>.

Após a coleta de dados, procedeu-se à tabulação dos mesmos utilizando o software Excel, a fim de prepará-los para as interpolações. Esse processo de tabulação foi realizado para organizar os dados de águas subterrâneas e superficiais, viabilizando a posterior espacialização dos teores de flúor.

Para a espacialização e representação cartográfica dos dados, foram empregados Sistemas de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software QGIS. A utilização de SIGs para a representação de áreas cartograficamente trabalhadas é amplamente reconhecida pela facilidade de compreensão e detalhamento dos mapas confeccionados, conforme apontado por Santos et al. (2010).

A representação cartográfica dos dados das águas subterrâneas e superficiais incluiu informações como código de captação, latitude, longitude e o parâmetro de flúor, conforme exemplificado na figura 5. Essa representação permitiu visualizar geograficamente os teores de flúor nas diferentes fontes de abastecimento de água do município.

Figura 5 – Município de Cornélio Procópio. Pontos de amostragem de águas superficiais e subterrâneas



Fonte: Os autores (2024)

Após a coleta de dados realizou-se a espacialização dos pontos pelo sistema de georreferenciamento utilizando o software livre QGis 2.2.3; através dessa ferramenta foi obtida a sumarização dos dados de teores de flúor das águas subterrâneas e superficiais, utilizando o método de ponderação por pontos proporcionais.

3 Área de estudo

Com relação à área de estudo, é importante destacar que o município de Cornélio Procópio está localizado na região geológica do SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL (SASG). A área urbana faz parte da Formação Paranapanema, segundo Mapa Geológico do Paraná, Besser et al, (2021). Caracterizada por rochas ígneas, principalmente basalto, intercaladas com arenito, formadas durante o período Mesozoico, entre 135 milhões de anos atrás, conforme apontado por Pineise (2002) e Scortegagna (2005).

Fraga (1986) menciona que a formação das rochas do SASG ocorreu devido a intensos derrames magmáticos ocorridos há aproximadamente 135 milhões de anos corroborando aos autores acima citados. O SASG é subdividido em dois grupos, Serra Geral Sul e Serra Geral Centro-Norte, e a área de estudo está localizada no Serra Geral Centro-Norte, na formação Paranapanema, como destacado por Licht e Arioli (2018).

De acordo com o censo de 2022, a população de Cornélio Procópio seria de 45.206 mil habitantes, IBGE (2022), com uma densidade demográfica de 71,18 habitantes por metro quadrado, em uma área total de 635,100 km². O Produto Interno Bruto (PIB) per capita do município é de R\$ 36.570,29 (IBGE, 2022).

Quanto ao clima, Cornélio Procópio de acordo com o INMET(2020) apresenta características de clima quente e temperado, com pluviosidade significativa ao longo do ano. Mesmo nos meses mais secos, ainda é observado um alto nível de pluviosidade, podendo chegar a 30 mm mensais. Seguindo a classificação climática de Köppen e Geiger, a área de estudo apresenta o tipo climático Cfa, caracterizado como clima tropical, com altas temperaturas no verão e uma temperatura média de 22°C.

3.1 Dados do serviço de Abastecimento de água Municipal

Os indicadores declarados pelo prestador de serviço de abastecimento e tratamento da água no município (SANEPAR), ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2020, mostram valores de distribuição e consumo médio de água diário da população de Cornélio Procópio, apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Dados de Abastecimento do Município de Cornélio Procópio

Indicadores de abastecimento	Resultados
Consumo médio de água por habitante	146,00L/ (hab. dia)
Índice médio de perdas	33,47%
Custo do serviço de abastecimento de água	R\$ 7,01/m ³
Tarifa média de água	R\$ 5,91/m ³
Domicílios com canalização interna em pelo menos um cômodo	97,83%
Domicílios com canalização interna somente no terreno	0,23%
Domicílios sem canalização interna	0,13%

Fonte: Fonte: SNIRH/ANA (2020). Adaptado pelo Autor

Por meio da tabela 6 é possível observar o consumo médio de água dos habitantes por dia, se apresenta em média de 146 litros, sendo essa água tratada, com a fluoretação na sua composição apontando um consumo de água fluoretada por cada habitante/dia.

4 Fundamentação teórica

Caracterização do flúor

O flúor é um elemento químico gasoso muito abundante na crosta terrestre, pertencente à família dos halogênicos não metais, na forma molecular F₂. De acordo com Marimon (2006), quando está presente em soluções, incide na formação de íons de fluoreto. Este elemento também possui a maior eletronegatividade química entre os elementos da tabela periódica, com um índice de 3,98, conforme a escala de Pauling. O flúor é o décimo terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre e está presente em materiais geológicos e corpos hídricos (MURRAY, 1986).

A presença do flúor em nosso ambiente, como solo, ar e águas, é resultado de diversas fontes, como poluições industriais, poeiras ascendidas dos solos e interações naturais das águas com as rochas. Naturalmente, as águas também contêm flúor devido às suas interações com as rochas, além da fluoretação antrópica, que é a adição de flúor às águas de abastecimento como medida de saúde pública.

A concentração de flúor nas águas naturais está relacionada à interação da água com as rochas durante os processos de intemperismo, conforme apontado por Marimon (2006). Esses processos podem levar a uma variedade de concentrações de flúor na água, sendo essa a principal fonte de exposição humana ao flúor.

Os minerais de maior solubilidade disponibilizam maior quantidade de fluoreto para as soluções percolantes; como a solubilidade é, em geral baixa, o fluoreto migra lentamente em solução e neste caminho pode ficar retido temporariamente nos argilominerais. Por esta razão, as águas superficiais mostram baixas concentrações de fluoreto e o transporte dos continentes aos oceanos é mais eficiente através de partículas em suspensão nos rios do que em solução. A concentração de fluoreto nas águas naturais resulta do equilíbrio entre água e os minerais das rochas, da capacidade destes minerais em liberar flúor para a solução, ou, ao contrário, de sorver este elemento da solução. (MARIMON, 2006, p.42)

Dessa forma é importante destacar as condições ambientais de cada água, uma vez que as águas subterrâneas e superficiais possuem aspectos de temperatura, pressão atmosférica, pH, salinidade, granulometria, capacidade de troca iônica, que podem interferir nos teores de flúor, além da ação antrópica, trazendo variabilidade nos valores de teores dos íons de fluoreto nos ambientes aquáticos, como aponta a tabela 7

Tabela 7 – Concentração de Flúor nas Águas naturais

Meio	Concentração (mg/L)
Águas Superficiais	0,1 – 0,4
Águas Subterrâneas	0,1 – 3,0
Águas Marinhas	0,3 – 1,3

Fonte: Modificado de Marimon (2006).

As concentrações de flúor nas águas estão relacionadas principalmente pela presença do mineral fluorita e apatita, que tem função de controlar a ação geoquímica do íon de fluoreto; a solubilidade da fluorita limita as concentrações de F no meio aquático.

5 Flúor e a saúde humana

A relação entre flúor e saúde se observa principalmente no consumo desse elemento químico pela sociedade. A presença de produtos que contém o flúor é cada vez mais frequente, observadas no uso de produtos dentifrícios (creme dentais, enxaguantes bucais entre outros).

A população brasileira consome uma grande quantidade de flúor proveniente principalmente do consumo de água e também de refrigerantes, elevando o índice de consumo de flúor no Brasil, posicionando nosso país entre os maiores consumidores de produtos com flúor do mundo como aponta Cury, et al. (2004); Buisch, (2000), com um crescimento de quase 40% no consumo de produtos fluoretados (Tabela 8).

Tabela 8 - Percentual estimado de flúor ingerido pelo homem em diferentes tipos de alimentos

Alimentos	Percentual de flúor absorvido
Água e refrigerantes	75%
Grãos e cereais	7%
Peixes, carnes e aves	6%
Outros	12%

Fonte: Buischi (2000) de Singer et al. (1993), adaptado pelo autor

A ingestão de flúor pelo ser humano está principalmente relacionada ao consumo de água, seja diretamente ou em produtos que a contenham, podendo ter tanto impactos benéficos quanto maléficos para a saúde.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o flúor é considerado benéfico à saúde quando consumido em quantidades recomendadas por especialistas em saúde. Estudos realizados por Curry (1992) e Pires et al. (2002) indicam que o flúor, quando utilizado em teores controlados, pode conferir resistência a doenças como a cárie dentária.

É importante destacar que a exposição ao flúor é complexa, especialmente em relação à absorção pelo organismo. O comportamento do flúor no corpo humano varia de acordo com as faixas etárias, com uma maior retenção desse elemento em crianças, podendo chegar a uma absorção de até 90% desse componente.

É relevante ressaltar que o flúor pode ser transferido para o leite materno em níveis semelhantes aos encontrados no sangue e pode atravessar a placenta, expondo o feto. Mesmo após a cessação da exposição, o flúor pode permanecer mobilizado no sistema ósseo (FAWELL et al., 2006).

Quanto aos benefícios do flúor, estudos em saúde bucal (PIRES, E. O., 2008; ALIEVI, 2012; NASCIMENTO, R. E., 2015; ROSS, A., 2015; PINSE, 2021) demonstraram que o íon fluoreto é eficaz na prevenção da cárie dentária, uma doença que afeta grande parte da população, sendo utilizado na água de consumo como política pública de combate a esse problema.

Por outro lado, a exposição a níveis excessivos de flúor pode causar patologias crônicas e agudas à saúde humana. A ingestão de uma dose única de flúor em níveis de 5 mg por quilo pode levar a sintomas de intoxicação aguda, que variam desde náuseas até óbito.

No Brasil, a regulamentação sobre o consumo de flúor em águas fluoretadas é estabelecida pela Portaria GM/MS Nº 888/2021, que define o teor máximo de íon fluoreto em 1,5 mg/L, conforme recomendações da OMS, visando prevenir doenças relacionadas a altas concentrações de flúor, como indicado por Cortecci (2014) na Tabela 9.

Tabela 9 – Impactos do flúor sobre a saúde humana

Quantidade em mg/L	Impactos na saúde humana
0,00	Limitação do crescimento
0,00 – 0,5	Carie dental
0,5 – 1,5	Impede o enfraquecimento dos dentes, auxiliando na saúde bucal
1,5 – 4,0	Fluorose dental
4,0 – 10,0	Fluorose dental grave e fluorose esquelética
Maior que 10,0	Fluorose deformante

Fonte: Cortecci (2014)

5.2 Efeitos agudos do Flúor à Saúde Humana

A intoxicação aguda por flúor na água pode ocorrer com a ingestão de quantidades que variam entre 30 a 1000 mg/L, podendo ser letal em certas circunstâncias. Estima-se que uma criança pode ser levada a óbito com a ingestão de 5 mg por kg de peso corporal em uma dose única (Dhar; Bhatnagar, 2009).

As crianças correm maior risco de ingerir doses elevadas de flúor através de cremes dentais com sabor, pois, devido aos sabores, elas tendem a ingerir o creme em vez de cuspi-lo durante o processo de higiene oral, além de utilizá-lo em quantidades maiores durante a escovação dos dentes.

É importante ressaltar que a intoxicação aguda depende da ingestão rápida de flúor. A exposição excessiva ao flúor pode resultar em reações adversas, incluindo problemas neurológicos como espasmos musculares, hiporreflexia, convulsões, fraqueza e cefaleia. Outras condições que podem surgir incluem pele seca, dores abdominais, arritmias, sede e tremores. Devido à alta toxicidade do flúor, os sintomas se manifestam rapidamente no organismo. Medidas imediatas, como indução ao vômito e administração de cálcio para alcalinizar a urina e acelerar a eliminação do flúor, devem ser tomadas nas primeiras horas para lidar com uma possível intoxicação aguda por flúor (Dhar; Bhatnagar, 2009).

A fluorose dental é uma condição caracterizada pela hipomineralização do esmalte dos dentes permanentes, afetando principalmente os pré-molares e incisivos superiores. Essa condição resulta de exposição excessiva ao flúor durante a formação dos dentes permanentes, conhecida como odontogênese, e pode causar danos irreversíveis (Benazzi et al., 2012).

A severidade da fluorose dental está relacionada aos níveis de exposição ao flúor e ao estágio de formação dos dentes no momento da exposição ao elemento. Recomenda-se a utilização do índice de Dean, uma classificação desenvolvida em 1936, que avalia a severidade da fluorose com base nas características clínicas dos dentes. Essa classificação é amplamente utilizada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e outras autoridades de saúde para crianças de 12 anos, como demonstrado na tabela 10 e figura 6.

Figura 6 - Processo de fluorose dental em seus respectivos estágios



Fonte: ODONTOLINE, (2013)

Tabela 10 - Classificação de grau de fluorose pelo índice de Dean

Severidade	Grau	Critérios do esmalte dental
Normal	0	Superfície de esmalte lisa e brilhante, de coloração branco/creme.
Discutivel	1	Alterações na translucidez do esmalte, com pontos brancos pequenos ou manchas dispersas.
Muito leve	2	Opacidades pequenas, brancas como papel, irregulares e disseminadas, afetando menos de 25% da face vestibular do dente.
Leve	3	Opacidades afetando entre de 25% e 50% da face vestibular do dente.
Moderada	4	Esmalte mostrando um desgaste marcado, com erosão importante, podendo apresentar manchas escuras (cor marrom) salpicadas.
grave	5	Esmalte muito afetado e desgastado, apresentando hipoplasia de esmalte, corrosão extensas, manchas escuras é possível alteração da morfologia do dente

Fonte: Modificado de DISSANAYAKE e CHANDRAJITH, (2009).

5.3 Fluorose óssea

Outra complicaçāo importante da exposiçāo aos altos teores de flúor, é a fluorose óssea, que tem como principal ação a deformidade das estruturas ósseas, observada como osteosclerose através do processo de calcificação dos ligamentos acompanhadas de osteoporoses, causando uma debilidade no indivíduo tornando sua mobilidade mais difícil e enfraquecendo os seus ossos (DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009).

A fluorose esquelética, tem uma certa complexidade para ser diagnosticada, por se confundir com muitas outras enfermidades como a artrite; essa doença traz muito desconforto e dor para o paciente, principalmente pelo fato de se tratar de uma patologia degenerativa, e compromete a qualidade óssea tornando fraturas mais recorrentes.

5.4- Autismo

A relação entre a exposiçāo ao flúor e o autismo é uma área de pesquisa emergente, com alguns estudos sugerindo que o flúor pode ter efeitos neurotóxicos que afetam o desenvolvimento infantil, enquanto outros não encontram evidências conclusivas.

Uma revisão sistemática conduzida por Choi et al. (2012) analisou 27 estudos realizados em crianças expostas a altos níveis de flúor em regiões da China e concluiu que a exposiçāo prolongada ao flúor pode estar associada a uma diminuição no QI das crianças.

Os autores observaram que "as crianças em áreas com alta exposiçāo ao flúor apresentaram pontuações de QI significativamente mais baixas do que aquelas em áreas com menor exposiçāo" (Choi et al., 2012). Esses resultados levantaram questões sobre os possíveis efeitos do flúor no desenvolvimento neurológico infantil.

Um estudo relevante foi publicado por Green et al. (2019) no JAMA Pediatrics, que encontrou uma correlaçāo entre altos níveis de flúor na urina de gestantes e QI mais baixo em seus filhos. Os autores sugeriram que a exposiçāo ao flúor durante a gestação poderia impactar o desenvolvimento cerebral.

Outro importante estudo sobre o tema foi um artigo publicado pelo periódico The Lancet Neurology em março de 2014 (Grandjean & Landrigan, 2014). Os autores abordam no artigo o problema das deficiências no desenvolvimento neurológico, que afetam de 10% a 15% dos nascimentos e incluem o autismo, hiperatividade, déficit de atenção, dislexia, entre outras deficiências cognitivas. Eles também enfatizam que essas patologias estão principalmente associadas à exposição a níveis excessivos de flúor, superiores a 1,8 mg/L.

6 Fluoretação e Vigilância da qualidade da água de abastecimento do Paraná

A partir da década de 80, houve um significativo apoio financeiro do Governo Federal para intensificar a fluoretação das águas de abastecimento no Brasil. Após as eleições diretas nesse período, houve uma reformulação nos setores de saúde bucal, especialmente no estado do Paraná, com a ascensão de novos gestores que implementaram diretrizes relacionadas à odontologia e saúde bucal pública (Narval, 2000).

Políticas públicas foram desenvolvidas, incluindo a implementação do flúor nas águas de abastecimento, a interiorização de redes de clínicas e centros odontológicos nas regiões mais distantes dos grandes centros urbanos e práticas de bochechos com flúor diluído em água nas redes de educação, tanto urbana quanto rural. Além disso, houve a instalação de redes de atendimento odontológico nas escolas, proporcionando atendimento não apenas para os alunos, mas também para a comunidade local (Amarante, 2008).

No estado do Paraná, a fluoretação é realizada pela Coordenação de Saúde Bucal, em parceria com as prefeituras municipais, a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Houve um aumento expressivo na cobertura da população atendida pela fluoretação das águas de abastecimento, passando de cerca de 47% em 1982 para 97,89% da população urbana em 2007, abrangendo aproximadamente 80,94% de toda a população do estado (Amarante, 2008).

Apesar da cobertura extensa, ainda existem municípios no Paraná que não aplicam a fluoretação em suas águas, seja por falta de infraestrutura técnica ou de abastecimento público. Além disso, os municípios com menos de 3 mil habitantes muitas vezes dependem de poços individuais e coletivos, cujos teores de flúor também

precisam ser analisados para garantir a qualidade da água consumida pela população (Paraná, 2010).

Para monitorar a qualidade da água consumida pela população, a Secretaria de Estado da Saúde (SESA) criou o Comitê Técnico para Fluoretação, conforme a Resolução SESA n.º 415/2013. Esse comitê é responsável por verificar os teores de flúor presentes nas águas de abastecimento, garantindo a conformidade com os padrões estabelecidos para a fluoretação (Paraná, 2010).

As metodologias e diretrizes para a fluoretação das águas de abastecimento são estabelecidas por meio de portarias, como a Portaria n.º 635/BSB e a Portaria GM/MS Nº 888. Essas normativas destacam a importância da fiscalização e controle rotineiro da qualidade da água, além da necessidade de considerar as condições de temperatura da região para determinar os níveis de concentração de íons de fluoreto a serem adicionados à água (Paraná, 2010), e apresentadas na tabela 11.

Tabela 11 - Relação entre a média das temperaturas do ar e a concentração de íon fluoreto na água

Média das temp. máx. diárias do ar (°C)	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto (mg / L)		
	Min.	Max.	Ótimo.
10,0 – 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 – 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 – 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 – 21,4	0,7	1,3	1,0
21,5 – 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 – 32,5	0,6	0,8	0,6

Fonte: Brasil (1975), adaptado pelo autor.

A recomendação da OMS (Organização Mundial da saúde) e da OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde) para a concentração máxima de flúor nas águas de abastecimento, de 1,5 mg/L, destaca a importância de controlar os riscos associados ao consumo de flúor em níveis não desejáveis. Estudos científicos, como os de Pineise et al. (2017, 2021), sugerem que as concentrações ideais de íon fluoreto

no abastecimento da região norte do Paraná deve estar entre 0,6 mg/L e 0,8 mg/L, visando combater a cárie dental e prevenir a fluorose dentária.

Nesse contexto, a vigilância da qualidade da água desempenha um papel crucial na prevenção de doenças, como a cárie dental e as fluoroses. A Vigilância Sanitária, em colaboração com os prestadores de serviços de abastecimento de água, é responsável por garantir o controle e a qualidade das águas de consumo. Para o controle das concentrações de flúor, o poder público conta com mecanismos como o Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água (VIGIAGUA), conforme destacado por Frazão et al. (2018).

Além disso, é fundamental destacar o papel da rede VIGIFLUOR (Vigilância do Flúor), implementada pelo Ministério da Saúde (MS). Esse programa nacional trabalha em colaboração com as secretarias de saúde dos estados e municípios, com o objetivo de monitorar a adição de flúor nas águas, inserir periodicamente os resultados das análises de teor de flúor na água da rede de distribuição, monitorar a qualidade dos dados inseridos no SISAGUA, regulamentar e normatizar por meio de decretos, portarias e resoluções, além de capacitar, supervisionar e orientar os municípios e as regionais estaduais de saúde nas ações de fiscalização junto aos sistemas de abastecimento de água e no uso dos sistemas de informações (VIGIFLUOR, 2023).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

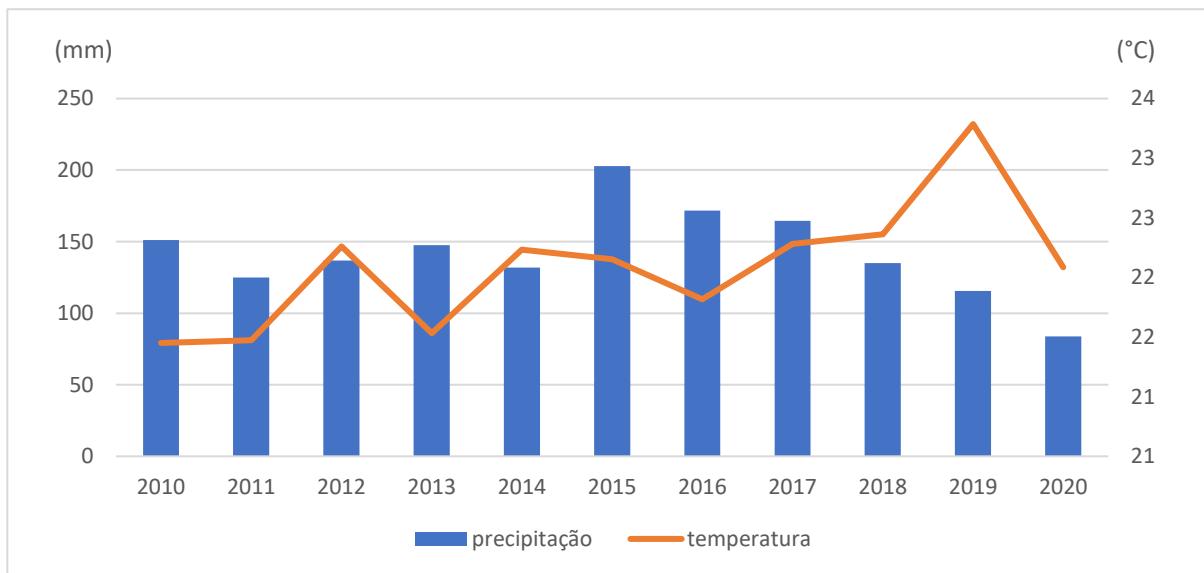
Considerando as normas e padrões estabelecidos pela Portaria n.º 635/Bsb, de 26 de dezembro de 1975, e literatura de saúde bucal, é fundamental adotar parâmetros não apenas da legislação vigente, mas também dos estudos geológicos e climáticos da área de aplicação, conforme orientado pela PORTARIA n.º 635/Bsb, DE 26 DE DEZEMBRO DE 1975 e Portaria GM/MS Nº 888/2021.

Com base nessas diretrizes, foram estabelecidos parâmetros no intervalo de 0,6 mg/L a 0,8 mg/L como valor recomendável (VR) para efetividade na saúde e consumo, conforme Pinese et al (2021), e 1,5 mg/L como valor máximo (VM) para os teores de flúor no município estudado.

É importante ressaltar que as condições climáticas desempenham um papel fundamental na determinação dos parâmetros de flúor contidos nas águas. De acordo com a classificação climática de Köppen, que é muito útil para descrever os diferentes

comportamentos relacionados à temperatura, pressão e precipitação, o clima da área é considerado como Cfa - Clima subtropical úmido (mesotérmico). Esse tipo de clima se caracteriza por temperaturas em seu mês mais quente acima de 22°C e nos meses mais frios tendo temperaturas entre 20°C, com precipitações bem distribuídas ao longo do ano, conforme apresentado na figura 7.

Figura – 7 Climograma da área de estudo

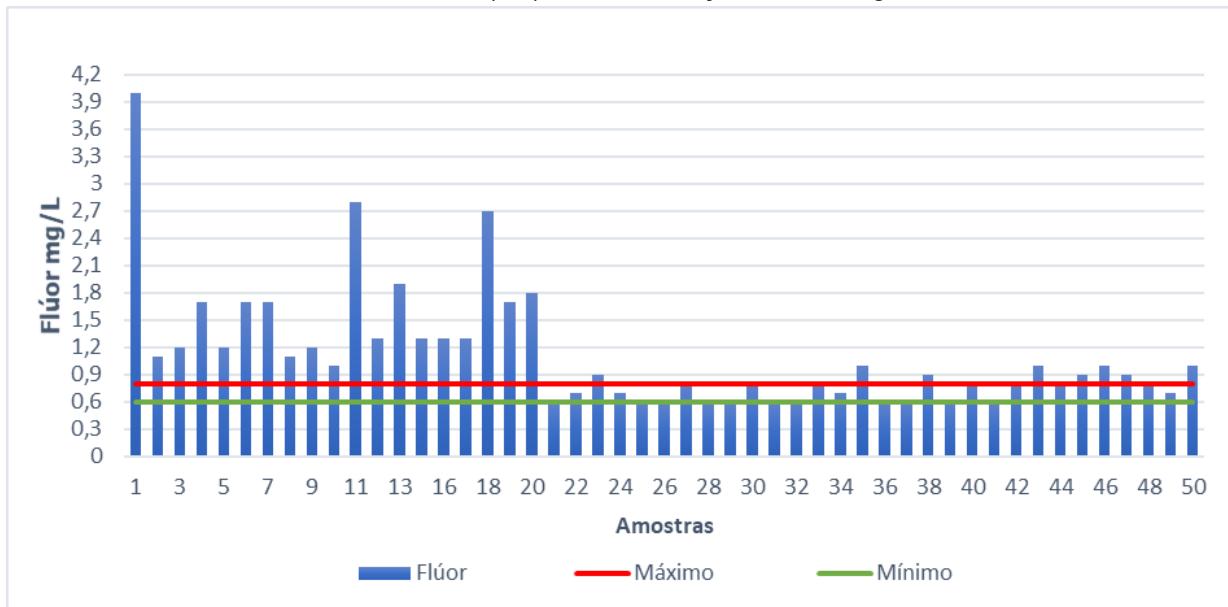


Fonte: INMET e IAPAR. Organizado pelo autor

7.1 Flúor nas águas superficiais

Para obter os resultados preliminares relacionados às concentrações de flúor nas águas da área de estudo, foi utilizada a legislação vigente e pelos estudos relacionados à saúde, e também apontados pela OMS, observando o valor recomendável (VR) relacionado à temperatura, pautando os níveis de recomendação no intervalo de 0,6 a 0,8 mg/L. Sendo assim, foram realizadas estatísticas para chegar a alguns resultados dos níveis de teores de flúor consumidos pela população entre os anos de 2010 e 2020, como pode ser observado na Figura 8

Figura 8 - Teores de fluoreto nas amostras obtidas pelo SISAGUA, de águas superficiais tratadas, do Município de Cornélio Procópio, PR, (2010 – 2020), observando os valores recomendaveis (VR) de concentração de flúor mg/L

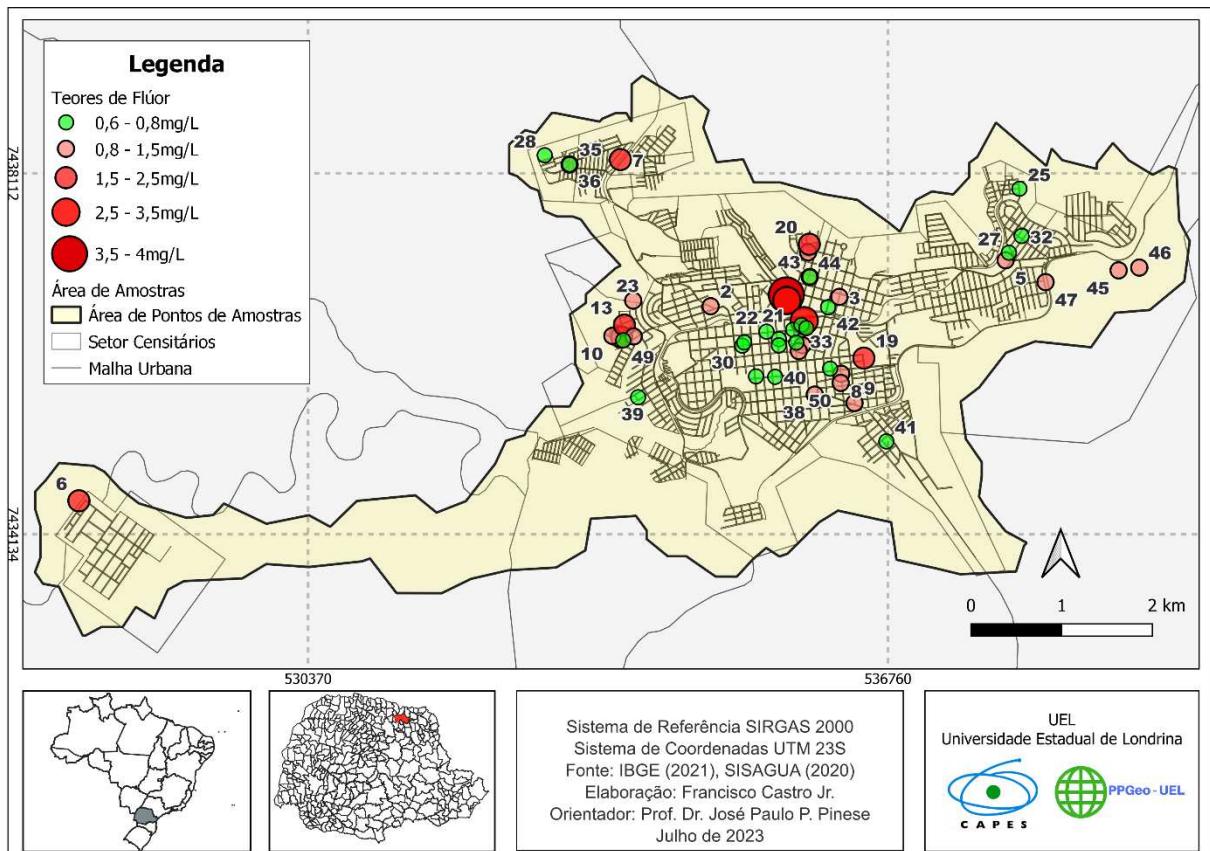


Fonte: SISAGUA, organizado pelo Autor.

Conforme Figura 8 verifica-se pontos como: P1, P11, P18, P13, P20, P4, P6 e P7, que representam amostras com níveis muito acima do recomendado. Levando em conta que se trata de águas tratadas, é possível entender que possivelmente está ocorrendo uma inserção/adição excessiva de íons de fluoreto no processo de fluoretação pela empresa responsável.

Para entender melhor a situação da fluoretação do município, foi realizada a espacialização das áreas de amostras, e a confecção de um mapa apontando as concentrações de flúor nas águas tratadas observadas na figura 9, evidenciando valores $\geq 0,8$ mg/L como áreas com altos teores de flúor, representando um risco no tocante a fluoroses, bem como valores abaixo de $\leq 0,6$ mg/L, indicando deficiência em flúor e apontando a possibilidade de incidência de cárie dental.

Figura 9 – Mapa dos teores de fluoreto (mg/L) nas águas (da área urbana) superficiais tratadas de abastecimento, do Município de Cornélio Procópio, 2010 - 2020 PR. Método de pontos proporcionais.



Fonte: Os autores (2024).

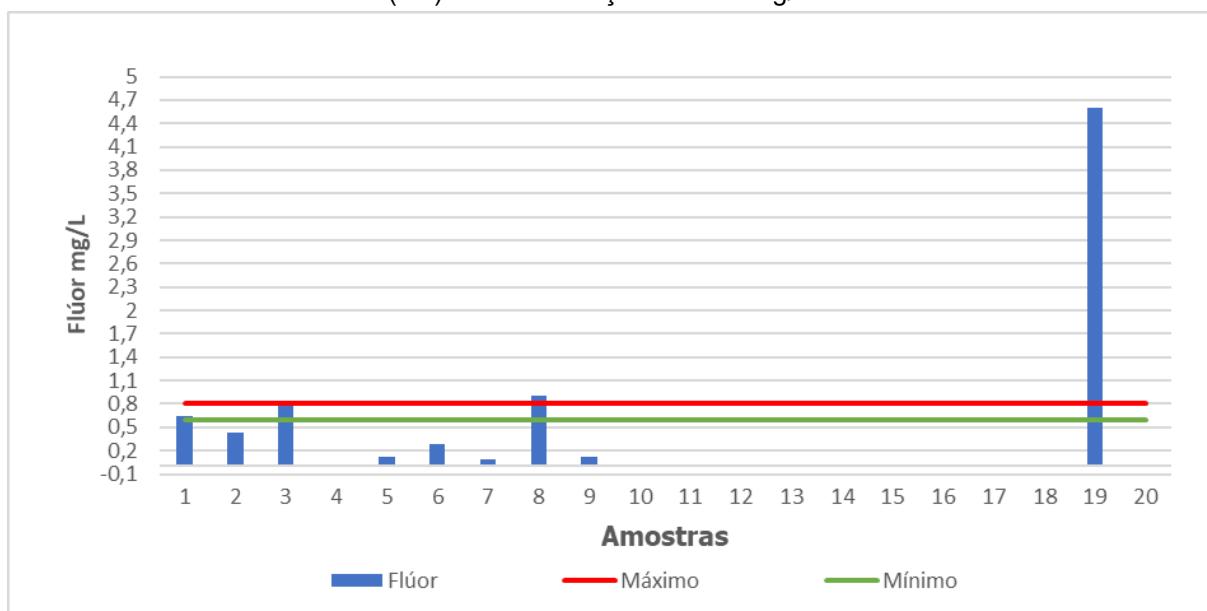
Os resultados dos teores de flúor das águas tratadas, em sua maioria (29 dos 50 pontos verificados), apresentaram teores de fluoreto acima dos recomendados, com diversos pontos excedendo o valor máximo estabelecido pela legislação, como nos pontos 4, 6, 7, 13, 19 e 20. Além disso, foram observadas anomalias em alguns pontos, como nos pontos 18, 11 e 1.

Considerando os valores recomendados entre 0,6 a 0,8 mg/L, levando em conta a temperatura da área estudada, pode-se afirmar que o consumo prolongado com esses níveis de flúor pode levar à fluorose e outras doenças, entre elas o Autismo. Segundo os resultados obtidos no processamento e análise dos dados, pode-se inferir que 58% dos pontos de amostras apresentaram teores acima de 0,8 mg/L, sendo que aproximadamente 28% desses pontos apresentaram concentrações acima do que recomenda a própria portaria citada anteriormente. Com relação ao total de amostras 42% apresentam teores desejáveis.

7.2 Flúor nas Águas Subterrâneas

Diante das análises realizadas, foi observado, conforme a figura 10, o comportamento da concentração de flúor nas águas subterrâneas do Município de Cornélio Procópio. Com base nisso, foi desenvolvido um gráfico que ilustra a situação da área de estudo, considerando as orientações legais bem como as recomendações de saúde.

Figura 10 - Teores de fluoreto nas amostras obtidas pelo (IAT), de águas subterrâneas brutas do Município de Cornélio Procópio, PR, (2010 – 2020), observando os valores recomendaveis (VR) de concentração de flúor mg/L



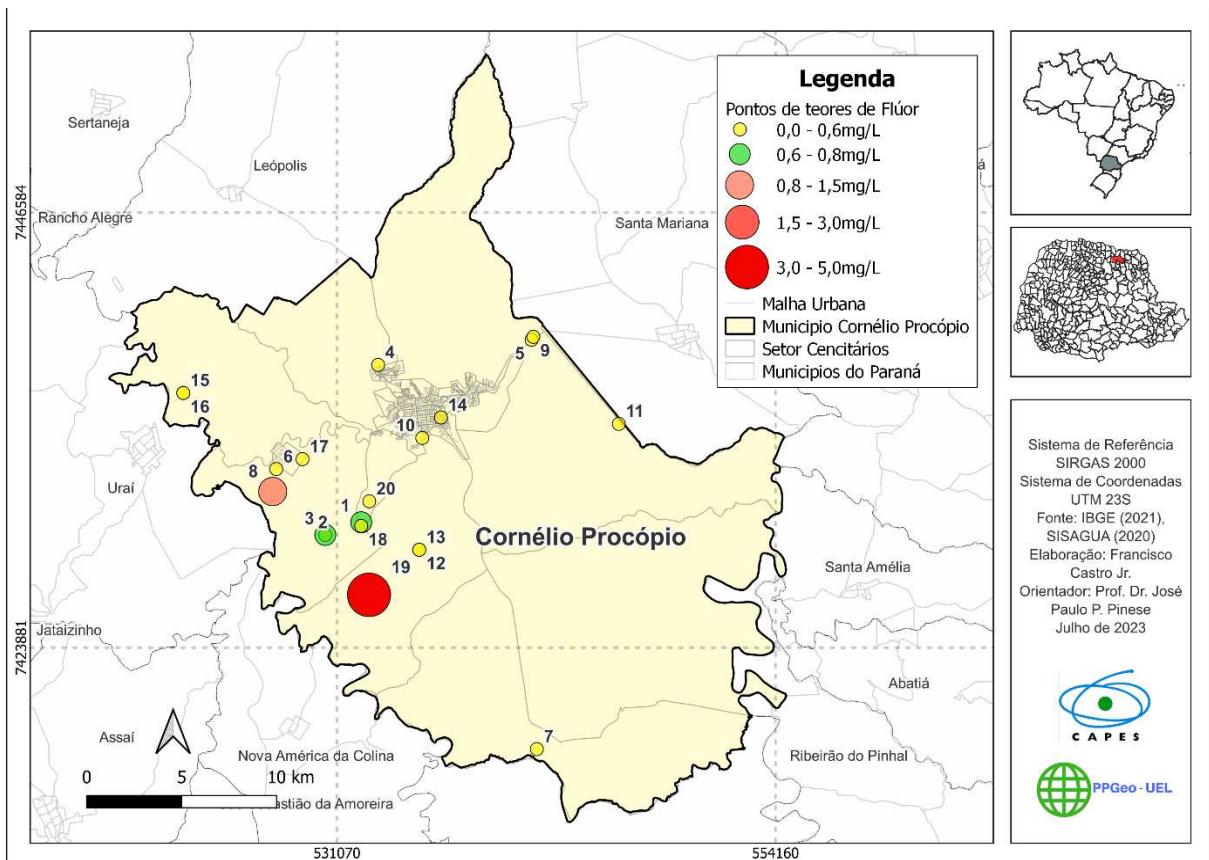
Fonte: SISAGUA, organizado pelo Autor.

Conforme figura 10, pode-se observar um nível muito baixo de teores de flúor na maioria dos pontos de amostragem, abaixo do mínimo recomendado pela saúde (0,6 mg/L), indicando uma grande deficiência de flúor em 75% dos pontos.

Destaca-se um ponto de anomalia no P19, com um teor de 4,6 mg/L, consideravelmente acima do recomendado pela legislação e pelo setor de saúde. Isso sugere uma possível exposição a índices excessivos de flúor pela população que consome essa água, levantando a uma resultante potencial de fluorose bucal e óssea.

Para fornecer uma visualização mais clara das condições de consumo de flúor no município, foi realizada a espacialização das amostras, levando em conta os valores recomendados. Além disso, a figura 11 aponta uma representação cartográfica por pontos para mostrar as concentrações de flúor nas águas subterrâneas.

Figura 11 - Mapa dos teores de flúor (mg/L) nas águas subterrâneas de abastecimento (particulares) do Município de Cornélio Procópio, 2010 - 2020 PR. Segundo legislação vigente, utilizando método de pontos proporcionais.



Fonte: Autores (2024)

Os dados sobre a concentração de flúor nas águas subterrâneas revelam que a maioria dos poços analisados apresenta uma grande deficiência no teor de flúor, com valores abaixo de 0,6 mg/L. Isso significa que essas águas não proporcionam a quantidade adequada de flúor para prevenir a cárie dentária através do consumo.

Além disso, foram observados alguns pontos com anomalias e níveis indesejáveis, como os poços 19 e 8, que apresentam excesso de concentração de flúor em suas águas. Isso coloca os consumidores em risco de desenvolver fluorose devido ao consumo elevado de flúor pela água, ponto esse que aponta uma necessidade de novos estudos para verificar se há algum erro de determinação ou contaminação por águas profundas.

CONCLUSÃO

Desse modo a partir dos estudos citados nesse trabalho e conforme abordado neste estudo, a fluoretação das águas de abastecimento tem sido eficaz no combate à cárie dentária, refletindo resultados positivos quando seguidas as recomendações e legislações pertinentes. Em alguns casos, esse procedimento é o principal recurso para enfrentar essa doença.

No entanto, é importante ressaltar que esse mesmo procedimento pode acarretar prejuízos à saúde da população. O presente trabalho revela uma falta de padronização no processo de fluoretação das águas superficiais tratadas pela empresa responsável pelo abastecimento. Os valores apresentados indicam uma falta de conformidade com as diretrizes e recomendações em vários pontos de abastecimento do município, com níveis acima do máximo recomendado como é o caso dos bairros; Vila São Pedro (P01, P11), São Luiz (P19), Jardim Primavera (P04, P13), Vila Amoreira (P20), Conjunto Fortunato Sibim (P7) e Distrito de Congonhas (P06), dados esses que apontam para um possível desenvolvimento de doenças como a fluorose dental entre outras na população consumidora dessas águas, especialmente em períodos prolongados.

No caso das águas subterrâneas, nota-se uma deficiência de flúor na maioria dos pontos (levando em conta as recomendações para o combate à cárie dental), apesar de alguns estudos apontarem que as águas do SASG apresentam altos teores desse elemento (e.g. Santos et al, 2023).

Com relação a teores de fluoreto elevados nas águas subterrâneas o presente estudo verificou alguns pontos com índices muitos preocupantes como é o caso do Sítio Camila Vicentini (P08) que indica nível acima do recomendado, e Sítio próximo ao patrimônio de Jerusalém, (P19) que traz uma anomalia em seus índices que podem representar um sério risco de desenvolvimento de fluorose óssea por parte dos consumidores dessas águas. Portanto, é essencial realizar um monitoramento constante destes locais, uma vez que não há dados de acompanhamento regular, garantindo assim a eficácia do flúor na prevenção da cárie na população local e evitar impactos à saúde coletiva.

Com relação às possíveis causas dos elevados níveis de fluoreto nas águas tratadas do município; apontam-se o modo de reservação e distribuição da água

tratada. No que se refere as águas subterrâneas, os altos teores podem ter origem da própria composição das rochas do SASG.

De maneira geral, é recomendável realizar mais estudos e fiscalizações das concentrações de flúor nas águas de abastecimento do Município de Cornélio Procópio, uma vez que os resultados obtidos expressam alguns pontos com índices preocupantes para a saúde da população local. Além disso, é fundamental que as prestadoras de serviços de abastecimento de água estejam mais atentas ao processo de fluoretação, visando garantir a qualidade da água fornecida aos seus consumidores.

Nesse sentido, a fiscalização dos teores de flúor nas águas da área de estudo se mostra fundamental para obter os melhores resultados da prática de fluoretação e atender às demandas de combate a doenças relacionadas à saúde bucal, em conformidade com a legislação vigente.

REFERÊNCIAS DO ARTIGO

AMARANTE, L. M. **Fluoretação das águas de abastecimento público no Estado do Paraná.** Curitiba: SESA, 2008.

BENAZZI A.S; DA SILVA, R.P, DE MENEGHIM, M, AMBROSANO, G.M; PEREIRA, A.C. Dental caries and fluorosis prevalence and their relationship with socioeconomic and behavioural variables among 12-year-old schoolchildren. **Oral Health PrevDent.** 2012; 10(1):65-73.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 635 / Bsb, de 26 de dezembro de 1975.** Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água dos sistemas públicos de abastecimento destinada ao consumo humano. Diário Oficial da União, 30 jan. 1976. Secção 1.

BRASIL. Decreto nº 76.872, de 22 de dezembro de 1975. Regulamenta a Lei nº 6.050, de 24 de maio de 1974, que dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas públicos de abastecimento. **Diário Oficial [da] União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 dez. 1975. 93

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. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em 23 mai. 2023

BRASIL. Manual do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – Sisagua: perfil empresa (prestadores de serviços de abastecimento de água) [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. – Brasília: Ministério da Saúde, 2020.

BUISCHI, Y. P. **Promoção de saúde bucal na clínica odontológica.** São Paulo: Artes Médicas: EAP-APCD, 2000.

CURY, J. A.; TENUTA, L. M. A.; RIBEIRO, C. C. C. R.; LEME, A. F. P. The importance of fluoride dentifrices to the current dental caries prevalence in Brazil. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto, v. 15, n.3, p. 167-174, 2004.

CURY, J. A. **Flúor dos 8 aos 80?** In BOTINNO, M. A.; FELLER, C. (Org.). Atualização na clínica odontológica. São Paulo: Artes Médicas, 1992. p. 375-382

DEAN, H. T. **The Investigation of physiological effects by the epidemiological method.** In: MOULTON, F.R. (Org.). Fluorine and dental health. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 1942.p.23-31.

- DISSANAYAKE, C. B.; CHANDRAJITH, R. **Introduction to medical geology:** focus on tropical environments. Berlin; New York: Springer, 2009.
- DOS SANTOS, D. J. et al. Análise físico-química e microbiológica da água de poços superficiais, caixas d'água e do sistema de tratamento, em residências no município de Nova Xavantina-MT. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 1, n. 13, p. 31-6. 2015.
- DHAR, V; BHATNAGAR, M., Physiology and toxicity of fluoride, Indian Journal of Dental Research 2009;20:350-5.
- FAWELL, J., BAILEY, K., CHILTON, J., DAHI, E., FEWTRELL, L., MAGARA, Y., & World Health Organization (2006), **Fluoride in drinking-water**
- FEATHERSTONE, J. D. B. "Dental caries: a dynamic disease process", **Australian dental journal** 53.3 (2008): 286-291
- FERREIRA, M. C. **Iniciação à análise geoespacial:** teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento. 1.ed. – São Paulo: Editora Unesp, 2014.
- FRAZÃO, P.; NARVAI, P. C. **Cobertura e vigilância da fluoretação da água no Brasil:** municípios com mais de 50 mil habitantes / organizadores Paulo Frazão e Paulo Capel Narvai. - São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2017. 202 p.
- GRANDJEAN, P., & LANDRIGAN, P. J. Neurobehavioural effects of developmental toxicity. **The Lancet Neurology**, 13(3), 330-338. DOI:10.1016/S1474-4422(13)70278-3. Mar. 2014.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . **Censo Brasileiro de 2022:** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 dez. 2023.
- MARIMON, M. P. C. **O flúor nas águas subterrâneas da formação Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, RS, Brasil.** 2006. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- HAMILTON, I. R. "Biochemical effects of fluoride on oral bacteria" **Journal of dental research** 69 (1990): 660-7.
- JAOUDI, R. et al. Determination of Fluoride in Tap Water in Morocco using Direct Electrochemical Method. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 2012.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 635 de 26 de dezembro de 1975. **Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água de sistemas públicos de abastecimento.** Diário Oficial União. 30 jan. 1976. Disponível em: <https://goo.gl/LLv83S>. Acesso em: 01 mar. 2023.
- MURRAY, J. **Appropriate use of fluorides** for human health. Áustria: World Health Organization, 1986.

NARVAI, P. C. **Cárie dentária e flúor:** uma relação do século XX. Ciência & Saúde Coletiva, 5(2):381-392, 2000.

PANAGOULIAS, T. I., SILVA FILHO, E. V. Estudo hidrogeoquímico do flúor nas águas subterrâneas das bacias dos Rios Casseribú, Macacu e São João, Estado do Rio de Janeiro. In: SILVA, C.R., FIGUEIREDO, B.R., CAPITANI, E.M., CUNHA, F. G. (Org.). **Geologia Médica no Brasil** Efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana e meio ambiente. Rio de Janeiro: CPRM, 2006, v. 1, p. 126-129

PINESE, J. P. P; GOLONO DE DEUS, A.; ALVES, J. C.; MORITA, M. C. . Análise da distribuição espacial dos teores de flúor nas bacias hidrográficas do Norte do Paraná, Brasil e riscos à saúde coletiva. In: IV International Congress on Risks, 2017, Coimbra. **Abstracts IV International Congress on Risks**. Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, 2017 b. v. 1. p. 353-353.

PINESE, J. P. P.; DE DEUS, A. G.; DA CUNHA, L. J. S.; SANTOS, W. da S.; ALVES, J. C. O CONSUMO DE FLÚOR EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E TERRITÓRIOS DE RISCO PARA A SAÚDE HUMANA NA REGIÃO NORDESTE DO PARANÁ. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 81, p. 88–105, 2021. DOI: 10.14393/RCG228155186. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/55186>. Acesso em: 2 out. 2023.

PIRES, E. O.; PINESE, J. P. P. Aspectos geológicos e geoquímicos dos fluoretos naturais da água subterrânea do município de Itambaracá - PR. In: Encontro Anual de Iniciação Científica, 11., 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: EAIC, 2002.

PECKHAM, S; NIVI, A; "Water Fluoridation: A Critical Review of the Physiological Effects of Ingested Fluoride as a Public Health Intervention", **The Scientific World Journal**, vol. 2014, Article ID 293019, 10 pages, 2014. doi:10.1155/2014/293019.

PARANÁ. Institutos das Águas do Paraná. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos** : Diagnósticos das disponibilidades hídricas subterrâneas. Cobrape: Curitiba, 2010.

dos Santos; Luis de Almeida Prado Bacellar; Cícero Antônio Antunes Catapreta. **Águas Subterrâneas;** S. o Paulo Vol. 37, Ed. 1, (2023): e-30104. DOI:10.14295/ras.v37i1.30104

REFERÊNCIAS

- AJARILLA, Antônio Carlos. **Teores de nitrato na água subterrânea da cidade de Londrina e a gestão dos recursos hídricos.** 2013. 128 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2013.
- ALIEVI, Alan A.; PINSE, José Paulo P.; CELLIGOI, André. Inventário das Áreas de Concentração de Poços Tubulares na Zona Urbana de Londrina - PR e Implicações Ambientais. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.6, n.13, p.77-92, set./dez. 2012.
- AMARANTE, L. M. **Fluoretação das águas de abastecimento público no Estado do Paraná.** Curitiba: SESA, 2008.
- ANA (Agência Nacional de Águas). **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil.** In: Cadernos de Recursos Hídricos 5. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2007. 124p.
- BENAZZI A.S; DA SILVA, R.P, DE MENEGHIM, M, AMBROSANO, G.M; PEREIRA, A.C. Dental caries and fluorosis prevalence and their relationship with socioeconomic and behavioural variables among 12-year-old schoolchildren. **Oral Health PrevDent.** 2012;10(1):65-73.
- BORGHETTI, Nadia Rita Boscardin; BORGHETTI, José Roberto; FILHO, Ernani Francisco da Rosa. **Aquífero Guarani – A verdadeira integração dos países do Mercosul.** Curitiba: GIA, 2004. 214 p.
- BUISCHI, Y. P. **Promoção de saúde bucal na clínica odontológica .** São Paulo: Artes Médicas: EAP-APCD, 2000.
- BRINDHA, K.; ELANGO, L. Fluoride in groundwater: causes, implications and mitigation measures. In: MONROY, S. D. (org.). **Fluoride Properties, Applications and Environmental Management .** India: Nova Science Publishers, Incorporated: Hauppauge, 2011.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de fluoretação da água para consumo humano .** Brasília: Funasa, 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 635 / Bsb, de 26 de dezembro de 1975 .** Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água dos sistemas públicos de abastecimento destinada ao consumo humano. Diário Oficial da União, 30 jan. 1976. Secção 1.
- BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos e de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União nº 239,** Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez 2011. Seção 1. p. 39
- CASTIEL, L. D.; GUILAM, M. C. R.; FERREIRA, M. S. **Correndo o risco:** uma introdução aos riscos em saúde. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2010.

CASTRO, J. **Geografia da fome (o dilema brasileiro: pão ou aço)** . 6^a Ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira. 2006.

CAUBET, C. G. **A Água, a lei, a política... E o meio ambiente**. Curitiba: Juruá, 2004. 306p.

CDC - Centers for Disease Control and Prevention. 2014. Disponível em: <http://www.cdc.gov/cholera/general/>. Acesso em 29/01/2016.

CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 44. 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da União]**, n. 53, 18 mar. 2005, p. 58-63.

CONFALONIERI, U.E.C. et al. **Modelo Conceitual para Avaliação Municipal da Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima no Brasil**: Contribuição da Fiocruz ao Plano Nacional de Adaptação. Sumário Metodológico. Belo Horizonte 2016. 28p. Disponível em: <http://www.sisvuclima.com.br/sobre/>. Acesso em 25 de maio de 2023.

CORTECCI, Gianni. **Geologia e saúde**. Tradução de Wilson Scarpelli. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/geosaude.pdf>>. Acessado em 4 de jul. 2023.

COSTA, M. C. N.; TEIXEIRA, M. G. L. C. A concepção de “espaço” na investigação epidemiológica. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 15, n.2, p.271-279, abr-jun. 1999.

COSTA, E. A., ROZENFELD, S. A. A. Constituição da vigilância sanitária no Brasil. In: ROZENFELD, S. A. (org.). **Fundamentos da vigilância sanitária**. Rio de Janeiro: Fiocruz; 2000.

Choi, A. L., Sun, G., Zhang, Y., & Grandjean, P. (2012). Developmental fluoride neurotoxicity: A systematic review and meta-analysis. **Environmental Health Perspectives**, 120(10), 1362-1368. DOI:10.1289/ehp.1104912

CPRM. **Noções básicas sobre poços tubulares**. Cartilha informativa: Serviço Geológico do Brasil, 1998.

CZERESNIA, D.; RIBEIRO, A. M. O conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.16, n.3, p 595-617, jul-set. 2000.

CURY, J. A.; TENUTA, L. M. A.; RIBEIRO, C. C. C. R.; LEME, A. F. P. The

importance of fluoride dentifrices to the current dental caries prevalence in Brazil. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto, v. 15, n.3, p. 167-174, 2004.

_____ ; RICOMINI-FILHO, A. P.; BERTI, F.L. P.; TABCHOURY, C. P. M. Systemic Effectes (Risks) of Water Fluoridation. **Brazilian Dental Journal**. 2019. Disponível em <http://encurtador.com.br/dgr34>.Acesso em:22 jun. 2023.

DAGNINO, R. S; CARPI JUNIOR, S. **Risco Ambiental**: Conceitos e Aplicações. CLIMEP: Climatologia e Estudos da Paisagem. Rio Claro, São Paulo. v. 2, n.2, p.51-87, 2007.

DEAN, H. T. **The investigation of physiological effects by the epidemiological method**. In: MOULTON, F.R. (org.). Fluorine and dental health. Washington, DC: American association for the advancement of science, 1942. p. 23-31.

DENBESTEN, P. K. **Biological mechanisms of dental fluorosis relevant to the use of fluoride supplements**. Community Dentistry and Oral Epidemiology, v. 27, p. 41-47, 1999.

DISSANAYAKE, C.B; CHANDRAJITH, R. **Introduction to medical geology**: Focus on tropical environments. Berlin: Springer, 2009.

DHAR, V; BHATNAGAR, M., Physiology and toxicity of fluoride, **Indian Journal of Dental Research** 2009;20:350-5.

DE CARVALHO, R.B; MEDEIROS, U. V; DOS SANTOS, K.T; PACHECO, Filho A.C. Influência de diferentes concentrações de flúor na água em indicadores epidemiológicos de saúde/doença bucal [Influence of different concentrations of fluoride in the water on epidemiologic indicators of oral health/disease]. Ciência Saúde Colet. 2011;16(8):3509-18 <http://cienciaesaudecoletiva.com.br/artigos/influencia-de-diferentes-concentracoess-de-fluor-na-agua-em-indicadores-epidemiologicos-de-saudedoena-bucal/3545>. Acesso em 15 de fev. 2023

DOS SANTOS, D. J. et al. Análise físico-química e microbiológica da água de poços superficiais, caixas d'água e do sistema de tratamento, em residências no município de Nova Xavantina-MT. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 1, n. 13, p. 31-6. 2015.

EDLER, F. C. **Geografia médica e patologia tropical**. In: EDLER, F. C. Medicina no Brasil imperial: clima, parasitas e patologia tropical. Rio de Janeiro, 2011.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FAWELL, J., BAILEY, K., CHILTON, J., DAHI, E., FEWTRELL, L., MAGARA, Y., & World Health Organization (2006), **Fluoride in drinking-water**

FEATHERSTONE, J. D. B. "Dental caries: a dynamic disease process", **Australian dental journal** 53.3 (2008): 286-291.

FITTS, Charles Richard. **Águas Subterrâneas**. Tradução de Daniel Vieira. 2a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

FREITAS, V. P. S. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. Revista Instituto Adolfo Lutz, Campinas, v.61, n.1, p. 51-58, 2002.

FREEZE, A. R.; CHERRY, J.A. **Groundwater**. Englewood Cliffs, NY: Prentice Hall, 1994

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 90. 2011.

Grandjean, P., & Landrigan, P. J. (2014). Neurobehavioural effects of developmental toxicity. **The Lancet Neurology**, 13(3), 330-338. DOI:10.1016/S1474-4422(13)70278-3

CONNELL, P. 50Reasons to Oppose Fluoridation. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/gAMkZ5>>. Acesso em: 19 mar.2023

Green, R., Lanphear, B. P., Hornung, R., et al. (2019). Association between maternal fluoride exposure during pregnancy and IQ scores in offspring in Canada. **JAMA Pediatrics**, 173(10), 940-948. DOI:10.1001/jamapediatrics.2019.1729

HAMILTON, I. R. "Biochemical effects of fluoride on oral bacteria" **Journal of dental research** 69 (1990): 660-7.

HEM, J. D. Study and Interpretation of the chemical characteristics of natural waters. Washington: U.S. **Geological Survey**, 1970. 363p. .

HIRATA, R.; ZOBBI, J; FERNADES, A; BERTOLO, R. 2006. **Hidrogeología del Brasil: Una breve crónica de las potencialidades, problemática y perspectivas**. Boletín Geológico y Minero, Madrid, v. 217, n.1, p. 25-36.

_____, et al 2019. **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**, São Paulo: Universidade de São Paulo / Instituto de Geociências, 2019.

INSTITUTO ÁGUAS DO PARANÁ. **Desenvolvimento da água subterrânea no Estado do Paraná**, 2015.

IRITANI M. A., EZAKI S., 2008. **As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**, Caderno de Educação Ambiental, Instituto Geológico, 104 p.

JAOUDI, R. et al. Determination of Fluoride in Tap Water in Morocco using Direct Electrochemical Method. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, sine loco, 89 v., 2 n., 390-394 p., 2012.

LACAZ, C. S.; BARUZZI, R. G.; SIQUIRA, JR. W. **Introdução à Geografia Médica no Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1972.

LEMOS, J. C.; LIMA, S. do C. **A geografia médica e as doenças infecto-parasitárias.** Caminhos da Geografia, UFU, 3(6), jun, 2002.

LICHT, O. **B. Prospecção Geoquímica:** Princípios, técnicas e métodos. CPRM, 1983.

LIMA, S. do C.; GUIMARÃES, R. B. Determinação social no complexo tecno-patogênico informacional da malária, **Hygeia**, Uberlândia, v. 3, n. 5, p. 58-77, dez. 2007.

LEMOS, J. C.; LIMA, S, do C. A Geografia Médica e as doenças infecto-parasitárias. **Revista On Line Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 3, n. 6, jun. 2002. https://www.researchgate.net/publication/365741928_A_GEOGRAFIA_MEDICA_E_AS_DOENCAS_INFECTO-PARASITARIAS. Acesso em 15 de fev. 2023.

MATIC, N.; MIKLAVCIC, I.; MALDINI, K.; DAMIR, T.; CUCULIC, V.; CARDELLINI, C. ET AL. Geochemical and isotopic characteristics of karstic springs in coastal mountains (Southern Croatia). **Journal of Geochemical Exploration**, n. 132, p. 90–110, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.06.007>. Acesso em 23 de jan. 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.** Tese (Doutorado), 246 f., Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006.

MAZZETO, F. A. Pioneiros da geografia da saúde: séculos XVIII, XIX e XX. In: BARCELLOS, C. (org.). **A geografia e o contexto dos problemas de saúde.** Rio de Janeiro: Abrasco, 2008. p.17 -33

MENDES, S. **Prescrição médica de flúor na saúde infantil.** Dissertação de mestrado. Instituto Superior de Ciências da Saúde de Egas Moniz. (2015).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria 635 de 26 de dezembro de 1975.** Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água de sistemas públicos de abastecimento. Diário oficial união. 30 jan. 1976. Disponível em: <https://goo.gl/LLv83S>. Acesso em: 01 ago. 2023.

MURRAY, J. (1986). **Appropriate use of fluorides for human health.** Áustria, World Health Organization.

NARVAI, P. C. Cárie dentária e flúor: uma relação do século XX. **Ciência e Saúde Coletiva** , Rio de Janeiro, v. 5, n.2, p. 381-392, 2000.

ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DE SAÚDE. Água e Saúde. Disponível em: <http://www.opas.org.br/ambiente/UploadArq/água.pdf>. Acesso em: 01/10/2009
BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Legislação para águas de consumo humano. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 de mar. 2004. Seção 1.

PARANÁ. Institutos das Águas do Paraná. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos** : Diagnósticos das disponibilidades hídricas subterrâneas. Cobrake: Curitiba, 2010.

PECKHAM, S; NIVI, A; "Water Fluoridation: A Critical Review of the Physiological Effects of Ingested Fluoride as a Public Health Intervention", **The Scientific World Journal**, vol. 2014, Article ID 293019, 10 pages, 2014. doi:10.1155/2014/293019.

PETERSEN, P. E. Sociobehavioural risk factors in dental caries - international perspectives. In: **Community Dentistry and Oral Epidemiology**, 2005, Issue 33, p. 274-279. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1600-0528.2005.00235.x>. Acesso em: 20 jun. 2023.

PINTO, M. C. F. Manual medição in loco. **Site da CPRM**, 2007. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf> Acesso em: 27 junho 2023.

PINESE, J. P. P; GOLONO DE DEUS, A.; ALVES, J. C.; MORITA, M. C. Análise da distribuição espacial dos teores de flúor nas bacias hidrográficas do Norte do Paraná, Brasil e riscos à saúde coletiva. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON RISKS, 4, 2017, Coimbra. **Abstracts IV International Congress Risks**. Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, 2017b. v. 1. p. 353-353

PIRES, E. O.; PINESE, J. P. P. Aspectos geológicos e geoquímicos dos fluoretos naturais da água subterrânea do município de Itambaracá - PR. In: Encontro Anual de Iniciação Científica, 11., 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: EAIC, 2002.

RAMIRES, I.; BUZALAF, M. A. R. A fluoretação da água de abastecimento público e seus benefícios no controle da cárie dentária -- Cinquenta anos no Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 1057-1065, 2007.

REBELO, F. **Geografia física e riscos naturais**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010.

RIBEIRO, H. **Saúde Pública e meio ambiente**: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 13, n. 1, p.70-80, jan-abr. 2004.

ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. São Paulo: Editora Unesp, 2006.

ROJAS, L. I. **Geografía y salud. Entre historias, realidades y utopías**. In: Caderno Prudentino de Geografia. Associação dos geógrafos Brasileiros. Vol.1, n.1, Dezembro de 2003.

SILVA, R. C. A.; ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8 n. 4, p. 1019-1028. 2003.

SANTOS, Maurício M.; CHANG, Maria Rita C.; KIANG, Chang H. Utilização de SIG na Avaliação do Uso da Água do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Luís. 2010.

SANTOS, M. **A natureza do espaço:** técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2006.

SANTOS, J. O.; SOUZA, M. J. N. **Abordagem Geoambiental Aplicada à análise da vulnerabilidade e dos riscos em ambientes urbanos.** Boletim Goiano de Geografia, [s.l.], v. 34, n. 2, p.215-232, 1 set. 2014. Universidade Federal de Goiás

SELINUS, O. et al. **Medical Geology in Europe.** In: SELINUS, O. FINKELMAN, R. B.; CENTENO, A.(Orgs.). Medical Geology: a regional synthesis. Springer, New York, 2010. p. 259 -301.

SKORONSKI, E. et al. Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 4, p. 679-687, 2014. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1303>

SOARES DE PAULA, E. **Cárie dentária e desigualdade social:** um estudo ecológico. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) Universidade Estadual de Santa Catarina. Florianópolis. 2002.

SHIKLOMANOV, Igor A. **World Water Resources – a new appraisal and assessment for the 21st century.** Paris: International Hydrological Programme/ONU, 1998, 37p.

TODD, David Keith. **Hidrologia de Águas Subterrâneas.** Tradução de Araken Silveira e Evelyn Bloem Souto Silveira. São Paulo: Edgar Blücher LTDA, 1967.

TUCCI, Carlos, E. M.; HESPAÑOL, Ivanildo.; NETTO, Oscar de M. Cordeiro. **Gestão da Água no Brasil.** Brasília: UNESCO, 2001.

TRILLER, M. Le fluor, agent préventif de la maladie carieuse: mécanisme, sources, risques. **Arch Pediatric** , v. 5, p. 1149-1152, 1998.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Vital water graphics:** an overview of the state of the World's Fresh and marine waters. 2nd Edition. Nairobi, 2008.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: UFMG, 2007. Vol. 7. 452 p.

YAMAGUCHI, M. U. et al. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **O mundo da saúde**, v. 37, n. 3, p. 312-320, abr./jun. 2013.

WHO. **World Health Organization. Guidelines for drinking - water quality .** 4 ed. Geneva: WHO, 2011.

WAUGH, D. Public Health Investigation of Epidemiological data on Disease and Mortality in Ireland related to Water Fluoridation and Fluoride Exposure. The Government of Ireland, The European Commission and World Health Organisation, 2013

APÊNDICES

Dados sobre o sistema de abastecimento de água tratada do município de Cornélio Procópio

Tabela - Modalidades de Abastecimento Municipal

Abastecimento	Urbano	Rural
Rede de Abastecimento Geral	14.266	136
Poços ou Nascentes	29	632
Cisternas	0	0
Outras formas de Abastecimento	11	58
Total	14.306	826

Fonte: Censo (IBGE)

Tabela - Composição Hidrográfica e Ordem de subordinação de Bacias

Hidrografia	Bacias
Região Hidrográfica	Paraná
Bacia Nível 1	Paranapanema
Bacia Nível 2	Cinzas, Paranapanema 2, Tibagi
Unidade Estadual de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos	Baixo Tibagi, Itararé/Cinzas/Paranapanema1/Paranapanema2
Principais corpos hídricos que estão localizados dentro do município	Rio Congonhas (37,20%), Ribeirão São Luís (15,35%), Ribeirão dos Veados (13,82%)
Manancial(is) de abastecimento	Rio Congonhas
Tipo de Manancial	Superficial

Fonte: SNIRH/ANA

Valores de íons de fluoreto nas águas superficiais tratadas no Município de Cornélio Procópio, PR, entre 2010 a 2020.(SISAGUA)

Município	tipo de abastecimento	Sigla da instituição	ANO	Procedencia da coleta	Ponto da coleta	Coordenadas	Zona	Parâmetro	Resultados
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.177649506779122, -50.651756504839916	U	Flúor	3,97
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.178793671684566, -50.65991193367546	U	Flúor	1,13
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.177832872962632, -50.64605300483992	U	Flúor	1,16
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.18188488944245, -50.66949003552416	U	Flúor	1,69
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Reservatório de distribuição	-23.17414435387403, -50.62814781408454	U	Flúor	1,16
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação		U	Flúor	2,83
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Reservatório de distribuição	-23.198293562492378, -50.727910229047374	U	Flúor	1,67
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Reservatório de distribuição	-23.1642149494707, -50.66967167868605	U	Flúor	1,72
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Reservatório de distribuição		U	Flúor	1,5
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Torneira antes da reservação	-23.185487317972008, -50.645820984029235	U	Flúor	1,14
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Torneira antes da reservação	-23.188391712842183, -50.644387835523936	U	Flúor	1,19
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Torneira antes da reservação	-23.181767676943483, -50.67048602018216	U	Flúor	1,01
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.1782112202565, -50.65170236066208	U	Flúor	2,78
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.173401125346686, -50.64941900484016	U	Flúor	1,29
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação		U	Flúor	1,72
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação		U	Flúor	2,5
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Reservatório de distribuição	-23.18069478707475, -50.66919006251086	U	Flúor	1,86
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Torneira antes da reservação	-23.18265091612176, -50.649999893195364	U	Flúor	1,33
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.18181522733611, -50.66818936066203	U	Flúor	1,27
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Reservatório de distribuição		U	Flúor	1,13
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.18323740473067, -50.65040267785302	U	Flúor	1,32
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.18020935036514, -50.64982233367545	U	Flúor	2,66
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação		U	Flúor	1,42
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Reservatório de distribuição	-23.183924506249785, -50.643391433675276	U	Flúor	1,72
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2014	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Torneira antes da reservação	-23.172599913759345, -50.64929711833351	U	Flúor	1,81
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.181101001022622, -50.65100806251088	U	Flúor	0,593
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.1813103639767, -50.6538856471687	U	Flúor	0,67
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.178254467367537, -50.66825267785067	U	Flúor	0,942
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.185765770870955, -50.65500416251067	U	Flúor	0,666
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.16702472355012, -50.62667789134703	U	Flúor	0,641
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.18206122723827, -50.65254770299077	U	Flúor	0,636
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.17339475173137, -50.62779376251118	U	Flúor	0,838
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.163802972993675, -50.677811693196126	U	Flúor	0,605
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.1823831578663, -50.65066787415528	U	Flúor	0,628
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro		U	Flúor	0,805
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Bebêdouro	-23.18270845358897, -50.65649488949747	U	Flúor	0,588
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.18238274031214, -50.65628197415527	U	Flúor	0,591
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.171724359186523, -50.62643630668911	U	Flúor	0,783
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.18063811360099, -50.65012266066205	U	Flúor	0,674
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.18095151177556, -50.64959260483979	U	Flúor	0,961
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.164711310627816, -50.67513904840394	U	Flúor	0,638
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.164711310627816, -50.675139404840394	U	Flúor	0,638
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.182667086373186, -50.6525516078732	U	Flúor	0,949
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2020	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	-23.187563387193872, -50.64866942018175	U	Flúor	0,638
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Bebêdouro	-23.187866025599895, -50.66769982018174	U	Flúor	0,753
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.185802321797606, -50.65293866066171	U	Flúor	0,611
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.192205180837316, -50.6409465201817	U	Flúor	0,827
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.178859323135157, -50.647258627050725	U	Flúor	0,969
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.1788232601288, -50.65985828949768	U	Flúor	0,779
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.175857929509043, -50.64923892018215	U	Flúor	0,88
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.175122240581747, -50.61597679663055	U	Flúor	0,96
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.174839663407887, -50.61375489269696	U	Flúor	0,942
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.17631073114383, -50.6238447391715	U	Flúor	0,75
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.184979933260763, -50.64702676066173	U	Flúor	0,684
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.182209077374225, -50.669315104839676	U	Flúor	0,965
Cornélio Procópio	SAA	SANEPAR	2021	INTRA-DOMICILIAR / INTRA-PREDIAL	Torneira após a reservação	-23.18639412288792, -50.64588187785293	U	Flúor	0,726

Dados de pontos de coletas de amostras de águas subterrâneas (IAT)

Ponto	Latitude	Longitude	Flúor
1	-23,2351	-50,6838	0,65
2	-23,2411	-50,7023	0,43
3	-23,2411	-50,7023	0,77
4	-23,1609	-50,6753	0
5	-23,1489	-50,5964	0,12
6	-23,2101	-50,7276	0,28
7	-23,3418	-50,5931	0,09
8	-23,2207	-50,7294	0,9
9	-23,1475	-50,5955	0,12
10	-23,1953	-50,6525	0
11	-23,1884	-50,5514	0
12	-23,248	-50,6539	0
13	-23,248	-50,6539	0
14	-23,1856	-50,6429	0
15	-23,1743	-50,7755	0
16	-23,1743	-50,7755	0
17	-23,2054	-50,7141	0
18	-23,2368	-50,6838	0
19	-23,2693	-50,6797	4,6
20	-23,2252	-50,6797	0