

I-1618 - CUSTO-BENEFÍCIO DO MÉTODO COLORIMÉTRICO (SPADNS) E DO MÉTODO ELETROMÉTRICO DE ANÁLISE DE FLÚOR

Andressa Caroline de Sousa⁽¹⁾, Patrícia Pereira Ribeiro Keller⁽²⁾, Ellen Flavia Moreira Gabriel⁽³⁾, Paulo Sérgio Scalize⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Estudante de Engenharia Ambiental e Sanitária na Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (UFG).

⁽²⁾ Farmacêutica e Bioquímica pela Universidade Federal de Goiás – UFG. Técnica em Saneamento Ambiental pela ETFGO. Especialista em Sistema de Abastecimento de Água pelo IPOG. Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás – UFG. Gerente de Proteção Ambiental e Qualidade do Produto – Saneago. ⁽³⁾ Química. Doutora em Química pelo Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás. Técnica de Laboratório, lotada no laboratório de análise de água localizada na Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (UFG).

⁽⁴⁾ Engenheiro Civil e Biomédico. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária (PPGEAS) e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB) na Universidade Federal de Goiás (UFG).

Endereço⁽⁴⁾: Av. Universitária, 1488 - Lote Área - Bloco A - Sala 14- Setor Universitário - Goiânia - GO – CEP: 74605-220 – Brasil- Tel.: 62 3209-6257- e-mail: pscalize@gmail.com.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi estimar o custo-benefício do método colorimétrico (SPADNS) e método eletrométrico de análise de flúor em amostras de água. Foram considerados os custos inerentes ao processo do método de análise de concentração do flúor, como: reagente, solução-tampão (TISAB III), solução de calibração, hora homem trabalhada (HHT) e custos para destinação final do resíduo. Foi calculado o custo por amostra, levando em conta ou não a hora homem trabalhada, por cada método de análise de fluoreto. O custo sem HHT e com HHT estimado para o método colorimétrico (SPADNS) foi de R\$ 3,74 e R\$ 39,13 reais, respectivamente. Para o método eletrométrico, o custo total obtido sem HHT e com HHT, foi de R\$ 23,21 e R\$ 38,94. Após análise de todas as variáveis, recomenda-se, o uso do método colorimétrico (SPADNS) em ETAs locais e o método eletrométrico em cenários com grande volume de amostras e alta produtividade, como o laboratório central.

PALAVRAS-CHAVE: Fluoreto Método colorimétrico, Método eletrométrico, Custo-benefício.

INTRODUÇÃO

O fluoreto é um elemento químico essencial à saúde humana, e um dos elementos mais eletronegativos e abundantes na superfície terrestre (SOLANKI *et al.*, 2022). Dentre as formas de absorção do flúor, destaca-se a absorção através da água em relação à ingestão de alimentos e uso tópico. Cerca de 70 a 90% da concentração de fluoreto presente no corpo humano é obtida através da água consumida diariamente (DEMELASH *et al.*, 2019).

A cárie dentária, é a doença não-fatal mais ocorrente globalmente desde 1990, e estima-se que afeta cerca de 35% da população mundial (VOS *et al.*, 2017). A sua forma de prevenção é pela ingestão e uso tópico do íon fluoreto em quantidades adequadas e recomendadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pelo órgão legislador de cada país (CHAULAGAIN *et al.*, 2022). Contudo, o fluoreto é um elemento tóxico, que em grandes quantidades pode ser maléfico ao organismo humano causando, principalmente, a fluorose dentária e fluorose esquelética (DASAIAH; KURAKALVA; PINDI, 2020).

A fluoretação da água de abastecimento público é considerada a forma com melhor custo-benefício, eficiente e acessível à população (ROSSI; MOREIRA; BARROS, 2020). O custo com tratamento dentário supera o custo de implantação dos sistemas de fluoretação da água, sendo assim, a adição controlada do flúor gera maior economia financeira (MARIÑO, 2013), tendo ainda como vantagem o atendimento a um quantitativo maior de pessoas simultaneamente, por ser considerado um método coletivo (UCHIDA *et al.*, 2018).

Desde que o processo de fluoretação faz-se necessário, o monitoramento das concentrações de fluoreto na água fornecida pelo sistema público é ideal para garantir a efetividade na prevenção de cáries dentárias, impedir que ocorram altas concentrações de flúor e atingir o melhor custo-benefício (CAMPOS *et al.*, 2015). Para a análise do íon flúor, existem os métodos potenciométricos ou eletrométricos (Eletrodo de Íon Seletivo) e os colorimétricos ou espectrométricos (SPADNS, Alizarina, Eriocromocianina R, Quercetina ou Vermelho de eriocromo B) (MARQUES, 2013). Para garantir precisão e rapidez nos resultados de monitoramento do íon flúor, é recomendada a utilização de métodos colorimétricos, como o SPADNS e Alizarina, e eletrométrico por meio do eletrodo de íon seletivo (BRASIL, 2021).

Dentre os métodos colorimétricos, o método SPADNS é o mais utilizado, devido à sua rapidez e confiabilidade nos resultados, na associação com um leitor espectrofotométrico (MORAES *et al.*, 2009). O método eletrométrico é realizado por meio de um eletrodo de íon seletivo (F-SIE) acoplado a um potenciômetro que fornece o valor da concentração quase imediatamente (APHA *et al.*, 2012).

Comparando-se os métodos frequentemente utilizados pelas companhias de saneamento (SPADNS e Eletrodo de Íon Seletivo), o método eletrométrico possui maior capacidade analítica em relação ao método SPADNS, pois seu limite de detecção atinge 10,0 mg/L sem a necessidade de uma diluição da amostra. Já no método colorimétrico, a concentração limite detectada é de 1,4 mg/L (NARDIN, 2016). No entanto, o custo associado ao método eletrométrico é considerado maior, pois o investimento inicial alto em equipamento específico para a análise de flúor (eletrodo de íon fluoreto), torna-se um empecilho para a adoção do método em laboratórios (FRIAS *et al.*, 2006).

Recorrentemente, a instalação e operação da fluoretação em sistemas de abastecimento de água são impedidas devido aos custos associados à execução da atividade (AOUN *et al.*, 2018). Os custos de um sistema de fluoretação podem ser divididos em: custo inicial de instalação, custo de produtos químicos, custo de operacionalização e custos de controle dos teores de flúor (BELLOTI E FRAZÃO, 2021). Os custos de controle dos teores de flúor incluem o custo com a execução do método de análise do flúor adotado pelo laboratório. Estima-se que a execução de análises para controle dos níveis de flúor na água corresponda a 1% dos custos totais anuais de uma ETA (FRIAS *et al.*, 2006).

Atualmente, os métodos de análise de custo são pouco aplicados em estudos de análise de água potável, principalmente para a fase operacional do sistema de fluoretação. Considerando a importância dos custos da fluoretação para suporte na manutenção dos benefícios gerados pelo flúor, o objetivo deste estudo foi estimar o custo-benefício do método colorimétrico (SPADNS) e método eletrométrico para quantificar a concentração de flúor em amostras de água.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foram obtidos dados secundários de concentração de fluoreto em águas de abastecimento em 190 municípios fluoretados do estado de Goiás, operados pela Companhia de Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO) durante o ano de 2020.

Todas as análises de fluoreto foram realizadas pelo método colorimétrico (SPADNS) ou pelo método eletrométrico (íon eletrodo) na faixa de concentração exigida pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017), vigente no ano em que as amostras foram coletadas. As amostras foram analisadas por equipe técnica no laboratório da Estação de Tratamento de Água (ETA) onde foram coletadas, ou no laboratório central localizado em Goiânia, sob gestão da SANEAGO.

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva, incluindo a distribuição das variáveis por média e percentagens, utilizando o software R versão 4.2.2 (CORE TEAM, 2022) e o Excel ®.

EXECUÇÃO DOS MÉTODOS

Para garantir precisão e padronização na execução dos métodos, a SANEAGO segue o “Método Padrão”, para análise do fluoreto, pertencente ao “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (APHA *et al.*, 2012). Na Tabela 1 está apresentado o volume de cada solução padrão, reagente e amostra de água, utilizados nas análises de flúor pelo Método SPADNS e pelo Método do Eletrodo de Íon Seletivo.

Tabela 1: Volumes utilizados nas análises pelo método SPADNS e ISE.

Método SPADNS		Método Eletrodo do Íon Seletivo	
Item	Volume (mL)	Item	Volume (mL)
Padrão inferior	10	Padrão inferior	20
Padrão superior	10	Padrão superior	20
Reagente SPADNS	2	Solução TISAB III	2
Amostra de água	100	Amostra de água	20
Branco	102	Branco	-
Volume por análise	102	Volume por análise	22

No método colorimétrico (SPADNS), a SANEAGO realiza a preparação da amostra por meio da adição de Arsenito de sódio ou Tiosulfato de sódio 0,05N em amostras que contiverem fatores interferentes como o cloro. Entretanto, não se considerou o volume aplicado do Arsenito de sódio ou Tiosulfato de sódio 0,05N nas amostras, por ser ínfimo (1 gota para cada 0,1 mg de cloro) e não ser um processo obrigatório à todas as análises.

DEFINIÇÃO DOS CUSTOS

Para a análise de custos, foi adotado o método ABC (*Activity Based Costing*), que consiste na aplicação direta dos custos envolvidos no processo analisado, sem levantamento de custos partilhados entre diferentes análises, como energia elétrica, estrutura física, vidrarias, entre outros (SOUZA e SANTOS, 2016).

Por conseguinte, foram considerados os custos inerentes ao processo do método de análise de concentração do flúor, como: reagente, solução-tampão (TISAB III), solução de calibração, hora homem trabalhada (HHT) e custos para destinação final do resíduo. Levantou-se junto às empresas fornecedoras os valores médios dos produtos químicos utilizados no método SPADNS e método eletrométrico. Em relação ao cálculo de custos para destinação final do resíduo das análises adotou-se o processo de incineração, utilizado pela SANEAGO, e proposto pela Ficha de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) como o método mais seguro e ambientalmente adequado para destinação das substâncias químicas envolvidas (ABNT, 2009).

CUSTO HORA HOMEM TRABALHADA

O controle operacional do sistema de fluoretação é realizado com os mesmos recursos humanos de operação do sistema de tratamento de água. Portanto, as análises laboratoriais são exercidas por pessoal técnico especializado que realiza, além do controle do flúor, outras análises para controle da qualidade da água. Assim, considerou-se o trabalho de um funcionário para dimensionar o custo com horas trabalhadas.

O tempo gasto para a análise de uma amostra por cada método foi obtida através da literatura, em que o tempo médio de análise para o método colorimétrico (SPADNS) é de 1h 30 min e para o método eletrométrico é de 40 min (BONADIMAN *et al.*, 2012). O custo por hora trabalhada do funcionário responsável pelas análises (técnico) foi obtido através do cálculo entre salário-bruto (R\$ 4.152,41) e horas semanais trabalhadas (44h).

$$\text{Custo HHT} = (\text{Salário Bruto mensal}) / (\text{horas semanais} \times \text{semanas})$$

$$\text{Custo HHT} = (\text{R\$ } 4.152,41) / (44\text{h} \times 4 \text{ semanas})$$

$$\text{Custo HHT} = \text{R\$ } 23,59/\text{hora}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estado de Goiás, em 2020, do total de 25.049 amostras, 85,37% delas foram analisadas pelo método colorimétrico (SPADNS). A frequência do uso desse método refere-se principalmente a sua utilização em municípios menores, já que é considerado um método simples, barato e acessível (MOTTER *et al.*, 2011; LIMA, 2014; MARQUES, 2013). O método eletrométrico, por sua vez, correspondeu a 14,63% (n=4.292) das amostras analisadas, sendo aplicados em 17 municípios do estado, entre eles os dois municípios com a maior população do estado (Goiânia e Aparecida de Goiânia, respectivamente).

COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DE CONCENTRAÇÃO

Os dois métodos apresentaram diferenças significativas na faixa de concentração do fluoreto (Tabela 2). Aproximadamente, 10,81% das amostras analisadas pelo método SPADNS apresentaram concentração do íon flúor acima do ideal (>0,8 mg/L). O mesmo resultado foi observado para 5,41% das amostras analisadas pelo método eletrométrico.

Tabela 2: Resultados das análises de flúor em 2020 no estado de Goiás.

Variável	% das amostras	
	Colorimétrico	Eletrométrico
Flúor residual (<0,02 mg/L)	0,24	0,07
Abaixo do ideal	83,25	89,05
Ideal (0,8 mg/L)	5,70	5,48
Acima do ideal	10,81	5,41

Nas análises de flúor realizadas pelo método SPADNS e pelo método eletrométrico, a porcentagem de amostras na faixa ideal para o Brasil (0,8 mg/L), proposta por Motter *et al.* (2011), encontra-se próxima com 5,70 e 5,48%, respectivamente. Alguns estudos como os de Ferreira e Benedet (1999) e Lins-Candeiro *et al.* (2020) obtiveram coeficientes de variância mais baixos no método eletrométrico do que no colorimétrico, ou seja, maior precisão no uso do eletrodo de íon seletivo e confiança nos dados obtidos.

CUSTOS DO MÉTODO COLORIMÉTRICO E MÉTODO ELETROMÉTRICO

Os custos obtidos por cada componente dos dois métodos de análise estudados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Custos estimados (em reais) para o método colorimétrico e método eletrométrico.

Descrição	Método Colorimétrico	Método Eletrométrico
Custo de Hora Homem Trabalhado (R\$/h)	23,59	23,59
Tempo de Trabalho Previsto na Execução do Método (min)	90,00	40,00
Custo Total de Hora Homem Trabalhado (R\$)	35,39	15,73
Custo de Branco Analítico (R\$/ml)	0,07	N/A
Quantitativo de Branco Analítico (ml)	15,00	N/A
Custo Total de Branco Analítico (R\$)	0,35	N/A
Solução padrão 0,5 ppm (R\$/ml)	0,26	N/A
Quantitativo de Solução padrão 0,5 ppm (ml)	4,00	N/A
Custo Total da Solução padrão 0,5 ppm (R\$)	1,04	N/A
Solução padrão 5 ppm (R\$/ml)	0,26	N/A
Quantitativo de Solução padrão 5 ppm (ml)	4,00	N/A
Custo Total da Solução padrão 5 ppm (R\$)	1,04	N/A
Reagente SPADNS (R\$/ml)	0,07	N/A
Quantitativo de Reagente SPADNS (ml)	5,00	N/A
Custo Total de Reagente SPADNS (R\$)	0,35	N/A
Solução padrão 0,1 ppm (R\$/ml)	N/A	0,55
Quantitativo de Solução padrão 0,1 ppm (ml)	N/A	20,00
Custo Total da Solução padrão 0,1 ppm (R\$)	N/A	11,00
Solução padrão 100 ppm (R\$/ml)	N/A	0,55
Quantitativo de Solução padrão 100 ppm (ml)	N/A	20,00
Custo Total da Solução padrão 100 ppm (R\$)	N/A	11,00
Solução TISAB III (R\$/ml)	N/A	0,48
Quantitativo de Solução TISAB III (ml)	N/A	2,00
Custo Total de Solução TISAB III (R\$)	N/A	0,96
Custo Incineração até 50 Kg por amostra (R\$)	0,89	0,25
Custo Total do Método Desconsiderando HHT (R\$)	3,74	23,21
Custo Total do Método Considerando HHT (R\$)	39,13	38,94

A comparação entre os dois métodos em termos de custo total é pequena, podendo ser considerada como desprezível. O método colorimétrico tem um custo total de R\$ 39,13 incluindo mão de obra e solução, enquanto o método eletrométrico tem um custo total de R\$ 38,94 nas mesmas condições, representando uma pequena diferença de menos de 1%.

A maior diferença de custos entre o método colorimétrico e o método eletrométrico, ocorre ao desconsiderar o custo por hora homem trabalhada. Enquanto o método colorimétrico apresenta um custo de R\$ 3,74, o método eletrométrico foi de R\$ 23,21. O estudo de Motter *et al.* (2011) realizou um levantamento de preços do método SPADNS e do método eletrométrico em laboratórios de análise de água, e obteve um valor médio de R\$ 18,00 e R\$ 35,00, respectivamente.

DIFERENÇAS DE CUSTO EM RELAÇÃO À HORA HOMEM TRABALHADA (HHT)

Considerando o tempo necessário desde a preparação das soluções, curva de calibração e realização das análises, é importante observar que o método colorimétrico requer mais horas de trabalho do que o método eletrométrico, sendo em torno de 90 minutos para o método colorimétrico e 40 minutos para análise utilizando o eletrodo seletivo, ambas médias de tempo incluem: preparo de reagente, preparo de amostras e calibração de equipamento (BONADIMAN *et al.*, 2012). Essa diferença no tempo de trabalho reflete no custo da mão de obra, sendo que o método colorimétrico tem um custo-hora maior, de R\$ 35,39 em comparação com R\$ 15,73 do método eletrométrico.

Em sistemas de abastecimento de água menores, onde existe apenas um funcionário responsável pela operação e execução das análises físico-químicas da água, o custo da hora homem trabalhada não influencia diretamente nos custos totais, pois o servidor não tem outra atividade para ser desempenhada durante a jornada de trabalho e a análise de fluoreto ser uma das diversas atividades executadas diariamente pelo operador. Logo, o custo HHT de um operador da ETA não é fator decisivo para a escolha do método de análise de flúor, já que ele não pode ser reduzido.

Em contrapartida, nos laboratórios que executam uma grande quantidade de análises diárias, como laboratórios de heterocontrole, os funcionários podem estar responsáveis somente pela execução de análises de flúor. Portanto, quanto menor o tempo para realizar a análise de uma amostra, menor será a mão de obra necessária no laboratório, podendo ser atribuída outra atividade e reduzindo a quantidade de funcionários. Por consequência, considera-se os custos com HHT na escolha do método de análise de fluoreto aplicado no laboratório.

DIFERENÇAS DE CUSTO EM RELAÇÃO À QUANTIDADE DE AMOSTRAS

O custo total para um método é dependente de quantas análises são realizadas, do volume de amostra, reagentes, solução padrão e branco analítico, que após a leitura de concentração, são destinados como resíduos líquidos (NARDIN, 2016).

Os resíduos gerados pelo método colorimétrico e eletrométrico são incinerados, por empresa contratada pela SANEAGO. A empresa responsável por incineração dos resíduos líquidos em Goiás estabelece um valor fixo de R\$ 200,00 para coletas mensais de 0 a 50 kg, e R\$ 3,00 a mais para cada quilograma excedente. O peso total mensal do método colorimétrico e eletrométrico apresentados na Tabela 4, foram de 80,64 kg e 22,32 kg, respectivamente.

Tabela 4: Dados referentes a amostras para análise de fluoreto.

	Colorimétrico	Eletrométrico
Volume total por análise (mL)	224,00	62,00
Quantidade de amostras diárias (un) ^a	12,00	12,00
Volume total diário (mL)	2.688,00	744,00
Peso total diário (Kg) ^b	2,69	0,74
Quantidade de amostras mensais (un)	360,00	360,00
Volume total mensal (mL)	80.640,00	22.320,00
Peso total mensal (Kg)	80,64	22,32

Nota: Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017) = (a); Considerando a Densidade aproximada de 1.000g/cm³ = (b).

Considerando-se um cenário de análises mensais mínimas, ambos os métodos teriam o mesmo custo de incineração de seus resíduos (<50 kg). Contudo, a quantidade de resíduos gerada pelo método eletrométrico é menor 70% em relação ao método colorimétrico. Logo, os custos para incineração de resíduos referentes à análise de 800 amostras (50 kg) pelo método eletrométrico seriam de R\$200,00, já a mesma quantidade de amostras (179,2 kg) analisadas pelo método colorimétrico custaria cerca de R\$449,84. Dentre os custos de incineração, há o custo com transporte da ETA ou laboratório até a sede da empresa onde será incinerado, entretanto o custo será o mesmo para ambos os métodos, pois a variável é a distância do município.

Os custos de incineração seriam iguais para ambos os métodos, até o limite de 220 amostras. A partir de 220 amostras mensais, o método eletrométrico apresenta melhor custo-benefício. Assim como no estudo realizado por Nardin (2016), a aplicação do método de eletrodo de íon seletivo torna-se viável quando a quantidade de amostras analisadas ultrapassa as cem diárias, devido à sua rapidez no fornecimento de resultados e à divisão de custos.

DIFERENÇAS DE CUSTO EM RELAÇÃO AO INVESTIMENTO INICIAL

O método eletrométrico é considerado um método de análise de flúor com preço mais elevado em relação aos métodos colorimétricos, principalmente em relação aos custos iniciais (MOTTER *et al.*, 2011). Tal fator ocorre devido ao Eletrodo de Íon Seletivo (ISE) utilizado ser exclusivo para leitura de concentração do íon fluoreto, além da necessidade de troca anual do eletrodo que custa em média R\$ 4.000,00.

Em contrapartida, o método SPADNS utiliza um espectrofotômetro para realizar a leitura de concentração do íon fluoreto (ABNT, 1996). O espectrofotômetro é um aparelho amplamente usado em laboratórios, que pode realizar leitura de mais de 200 parâmetros diferentes, essa característica o torna um equipamento compartilhado, logo não é incluído ao método de custeio “ABC”.

DIFERENÇAS DE CUSTO EM RELAÇÃO À PRECISÃO DOS RESULTADOS

O método eletrométrico apresentou maior custo-benefício em situações em que o custo com HHT é aplicado, apresentando custo total de R\$ 38,94. Contudo, a escolha do método deve ser feita relacionando os custos com o objetivo principal das análises. Por exemplo, alguns estudos recomendam que o método do eletrodo de íon seletivo seja aplicado no heterocontrole, pois embora seja considerado um método mais caro, ele garante rapidez e confiabilidade nos resultados (LINS-CANDEIRO *et al.*, 2020). Já o estudo de Douvidauskas *et al.* (2015) recomenda que o método eletrométrico seja aplicado em análises de diálises, alimentos e medicamentos, buscando a melhor relação custo-benefício em precisão dos resultados.

De acordo com as diretrizes da SANEAGO, as Estações de Tratamento de Água que realizam a adição do ortopolifosfato em seu processo, devem utilizar obrigatoriamente o método eletrométrico para análise de fluoreto, pois o método SPADNS sofre interferências pelo fosfato presente nas amostras (FUNASA, 2012).

CONCLUSÃO

A escolha ideal entre os métodos SPADNS e eletrométrico para medir o fluoreto na água depende da escala da Estação de Tratamento de Água, da quantidade de amostras a serem avaliadas e da precisão exigida nos resultados.

Para Estações de Tratamento de Água locais, o técnico responsável pela medição tem outras tarefas além da medição do fluoreto. Neste caso, o método SPADNS é uma opção mais viável, com um custo total de R\$ 3,74 por amostra, sem incluir o custo da mão de obra. Já em laboratórios, onde a medição é realizada por profissionais exclusivos e a produtividade é de alta importância, o método eletrométrico é recomendado, com um custo total de R\$ 38,94 por amostra, incluindo o custo da mão de obra. Para locais onde realizam a adição do ortopolifosfato e outros interferentes do método SPADNS, recomenda-se a aplicação do método eletrométrico.

Neste estudo constatou-se a importância do custo-benefício nos métodos de análise de fluoreto, com objetivo de executar o método mais viável e garantir que a fluoretação continue sendo uma medida aplicada para a saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AOUN, A.; DARWICHE, F.; AL HAYEK, S.; DOUMIT, J. The fluoride debate: The pros and cons of fluoridation. *Preventive Nutrition and Food Science*, v. 23, n. 3, p.171- 180, 2018.
2. APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 22nd ed, p. 1496. Washington, 2012
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13737: Água – Determinação de fluoreto – Métodos colorimétricos SPADNS, visual de alizarina e eletrodo de íon específico. Rio de Janeiro, 1996.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14725-4: Produtos Químicos – Informações sobre a segurança, saúde e meio ambiente. Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ). Rio de Janeiro, 2009.
5. BELOTTI, L.; FRAZÃO, P. Intervening factors in the costs of fluoridation in water supply systems: A case study in seven population sizes. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 4, p. 785–791, 2021.
6. BONADIMAN, B. R.; ROCHA, M. S.; CIPRIANO, P.; BATISTA, R. S. Avaliação do processo comparativo entre técnicas de análise de fluoreto no sistema de abastecimento de água de Cachoeiro de Itapemirim. Prêmio Foz: Automação e eficiência, 2012.
7. BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Brasília, 2017.
8. BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Brasília, 2021.
9. CAMPOS, M.; PACHECO, K. T. S.; BELOTTI, L.; KENUPP, B. Z.; ESPOSTI, C. D. D.; SANTOS NETO, E. T. Análise do gerenciamento do heterocontrole da fluoretação das águas de abastecimento público de um município de médio porte no estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde*, v. 17, n.3, p89-97, 2015.
10. CHAULAGAIN, R.; CHHATKULI, A.; SHRESTHA, A. R.; CHHETRI, B. K.; PANDEY, S. Mean Fluoride Concentration in Drinking Water Sources of a Municipality: A Descriptive Cross-sectional Study. *Journal of the Nepal Medical Association*, v. 60, n. 255, p. 947–951, 2022.
11. DASAI AH, S.; KURAKALVA, R. M.; PINDI, P. K. Data on fluoride concentration profile in groundwater of rural habitats in Mahabubnagar district, Telangana, India. *Data in Brief*, v. 32, 2020.
12. DEMELASH, H.; BEYENE, A.; ABEBE, Z.; MELESE, A. Fluoride concentration in ground water and prevalence of dental fluorosis in Ethiopian Rift Valley: Systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, v. 19, n. 1, 2019.
13. DITTERICH, R. G.; BUFFON, M.; ASSAF, A.; GONÇALVES R.; PIORUNNECK, C.; LIMA, M.; GOMES, E.; GONÇALVES, J. Análise do teor de fluoretos nas águas de abastecimento público em um município da região metropolitana de Curitiba/PR: doze meses de heterocontrole. *Cadernos Saúde Coletiva* v. 30, n. 4, p. 595-605, 2022.
14. DOUVIDAUSKAS, S.; OKADA, I. A.; OKADA, M. M.; BRIGANTI, R. C.; OLIVEIRA, C. C. Determinação de fluoreto em baixas concentrações: validação de método com eletrodo íon seletivo para análise da água utilizada na preparação de soluções de diálise. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v. 74, n. 4, p. 347-360, 2015.
15. FERREIRA, R.; BENEDET, H. D. Comparação de métodos para determinação de flúor. n. 3, p. 53–58, 1999.
16. FRIAS, A. C.; NARVAL, P. C.; ARAÚJO, M. E.; ZILBOVICIUS, C.; ANTUNES, J. L. F. Custo de fluoretação as águas de abastecimento público, estudo de caso – Município de São Paulo, Brasil, período de 1985-2003. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 22, n.6, p. 1237-1246, 2006.
17. LIMA, A. J. D. Emprego de multicomutação na automatização do método spadns para determinação de fluoreto em águas. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2014.
18. LINS-CANDEIRO, C. L.; DOLENKEI, K. K.; PARANHOS, L. R.; SANTOS, D. Q.; CURY, J. A.; FAQUIM, J. P. S. Monitoring of fluoride in the public water supply using electrometric or colorimetric analyses. *Revista Ambiente e Água*, v.15, n. 6, 2020
19. MARIÑO, R. Evaluación económica del programa de fluoración del agua de beber en Chile. *Revista Chilena Salud Pública*, v. 17, n. 2, p. 124-131, 2013.
20. MARQUES, T. L. Desenvolvimento de uma metodologia analítica em fluxo para determinação espectrofotométrica de fluoreto em águas naturais pelo método de SPADNS. Dissertação (Mestrado em Química) Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

21. MORAES, J. E.; QUINÁIA, S. P.; TAKATA, N. H.; FÜRSTENBERGUER, C. B. Determinação do índice de fluoreto em águas de abastecimento público em municípios da região centro-sul do Paraná. *Revista Ambiente*, v. 5, n. 2, p. 233–246, 2009.
22. MOTTER, J.; MOYSES, S. T.; FRANÇA, B. H. S.; CARVALHO, M. L.; MOYSÉS, S. J. Análise da concentração de flúor na água em Curitiba, Brasil: comparação entre técnicas. *Revista Panamericana de Salud Publica*, v. 29, n. 2, p. 120-125, 2011.
23. NARDIN, B. M. Estudo comparativo de diferentes metodologias analíticas para a determinação de fluoreto. 2016. 29 f. TCC (Licenciatura em Química)- Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2016.
24. R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 01 setembro de 2022.
25. ROSSI, T. R.; MOREIRA, L. G.; DE BARROS, S. G. History of fluoridation policies as a strategy by the Brazilian Legislative Branch to fight dental caries, 1963 to 2019. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 36, n. 4, 2020.
26. SOLANKI, Y. S.; AGARWAL, M.; GUPTA, A. B.; GUPTA, S.; SHUKLA, P. Fluoride occurrences, health problems, detection, and remediation methods for drinking water: A comprehensive review. *Science of the Total Environment*, 2022.
27. SOUZA, J. C. O.; SANTOS, A. Análise de custos, formação e preços e tomada de decisão, 2016.
28. UCHIDA, T.H.; CURY, A.; J., TABCHOURY, C. P. M.; TERADA, R. S. S.; FUJIMAKI, M. Heterocontrole da fluoretação da água de abastecimento público da 15ª Regional de Saúde do Paraná. *Revista de Saúde Pública do Paraná*, v. 1, n. 1, p. 61–69, 2018.
29. VOS, T. et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, v. 390, n. 10100, p. 1211–1259, 2017.