

## VERIFICAÇÃO DOS TEORES DE FLÚOR EM ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Verena Pereira Macedo; Fernando Rodrigues Rocha Júnior; Denise Conceição de Gois Santos Michelin.

macedoverena@gmail.com

**Resumo:** A fluoretação aplicada em água de abastecimento garante a proteção da saúde da população, desde que atenda aos níveis adequados de fluoreto. No Brasil, esses níveis são regulamentados pela portaria do Ministério da Saúde. Diante disso, objetivou-se verificar as concentrações de flúor nos pontos de saída de três estações de tratamento de água (ETA) localizadas em Sergipe (Poxim, Cabrita e João Ednaldo), mensalmente por 5 anos consecutivos e assim comparar com os valores recomendados pela portaria. Determinou-se as concentrações do íon fluoreto de cada estação em função da quantidade de insumo consumido mensalmente e, com essa informação, comparou-se com as concentrações recomendadas pela portaria. Os dados foram tratados estatisticamente por meio de testes de normalidade de Shapiro-Wilk e o teste não paramétrico de Mann-Whitney. A ETA Cabrita apresentou o maior percentual de amostras de concentrações do íon fluoreto dentro do limite recomendado, enquanto a ETA Poxim e a ETA João Ednaldo obtiveram percentuais significativos inferiores ao limite mínimo. Percebeu-se a oscilação do íon fluoreto em todas as ETAs entre os meses. Constatou-se a necessidade de adequação dos níveis de fluoreto nas ETAs Poxim e João Ednaldo, e monitoramento eficaz dos níveis em todas as estações e heterocontrole.

**Palavras-chave:** Fluoretação. Estação de tratamento de água. Ácido fluossilícico. Concentração do íon fluoreto.

## VERIFICATION OF FLUORIDE LEVELS IN PUBLIC WATER SUPPLY

**Abstract:** Fluoridation applied to water supply ensures the protection of the health of the population, as long as it meets the appropriate levels of fluoride. In Brazil, these levels are regulated by the Ministry of Health's ordinance. Therefore, the objective was to verify the fluoride concentrations at the exit points of three water treatment plants (WTP) located in Sergipe (Poxim, Cabrita and João Ednaldo), monthly for 5 consecutive years and thus compare with the values recommended by the ordinance. The fluoride ion concentrations of each station were determined as a function of the amount of input consumed monthly and, with this information, we compared them with the concentrations recommended by the ordinance. Data were statistically analyzed using the Shapiro-Wilk normality test and the nonparametric Mann-Whitney test. The Cabrita WTP presented the highest percentage of fluoride ion concentration samples within the recommended limit, while the Poxim WTP and the João Ednaldo WTP obtained significant percentages below the minimum limit. The oscillation of the fluoride ion was observed in all WTPs between months. It was found the need for adequacy of fluoride levels in the Poxim and João Ednaldo WTPs, and effective monitoring of levels in all seasons and heterocontrol.

**Keywords:** Fluoridation. Water treatment plant. Fluosilicic acid. Fluoride ion concentration.

## VERIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE FLUORURO EN EL SUMINISTRO PÚBLICO DE AGUA

**Resumen:** La fluoración aplicada al suministro de agua asegura la protección de la salud de la población, siempre y cuando cumpla con los niveles adecuados de flúor. En Brasil, estos niveles están regulados por la ordenanza del Ministerio de Salud. Por lo tanto, el objetivo fue verificar las concentraciones de fluoruro en los puntos de salida de tres Plantas de Tratamiento de Agua (PTA) ubicadas en Sergipe (Poxim, Cabrita y João Ednaldo), mensualmente durante 5 años consecutivos y así comparar con los valores recomendados por la ordenanza. Las concentraciones de iones fluoruro de cada estación se determinaron en función de la cantidad de insumo consumido mensualmente y, con esta información, las comparamos con las concentraciones recomendadas por la ordenanza. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. La PTA de Cabrita presentó el mayor porcentaje de muestras de concentración de

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2023)- RESMA, Volume 15, número 2, 2023. Pág. 83-97.

iones fluoruro dentro del límite recomendado, mientras que la PTA Poxim y la PTA João Ednaldo obtuvieron porcentajes significativos por debajo del límite mínimo. La oscilación del ion fluoruro se observó en todas las PTA entre meses. Se encontró la necesidad de adecuación de los niveles de fluoruro en las PTA de Poxim y João Ednaldo, y el monitoreo efectivo de los niveles en todas las estaciones y heterocontrol.

**Palabras clave:** Fluoración. Planta de tratamiento de agua. Ácido fluosilícico. Concentración de iones fluoruro.

## 1 INTRODUÇÃO

A água com destino ao consumo é um recurso indispensável à vida do ser humano, sendo assim, deve ser de boa qualidade, sem resíduos, tratada e livre de quaisquer agentes que a contaminem, principalmente quando é destinada para o consumo humano<sup>1</sup>. As estações de tratamento de água (ETAs), elementos do sistema de abastecimento de água, geralmente são os meios necessários para tratar essa água e torná-la adequada para a população.

<sup>2</sup>A água proveniente do sistema de abastecimento público acaba afetando a vida da população e indivíduos que a recebem, uma vez que, essa água opera tanto como fator de proteção para a saúde, pelo fato de ser essencial, quanto fator de risco sanitário, por estar sujeita ao transporte de microrganismos variados. Em vista disso, a técnica de fluoretação nas águas desse sistema é destacada como uma das ações de proteção, na qual é empregada nas estratégias de sucesso da saúde pública, sendo recomendada pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

O uso sistêmico do flúor em níveis recomendados garante a proteção contra a cárie dentária nos indivíduos e baixas dosagens acabam comprometendo a eficácia<sup>3</sup>. Nesse sentido, nas ETAs, a etapa de fluoretação consiste basicamente na adição de flúor à água com o intuito de ajustar os níveis de fluoreto natural para o recomendado pela legislação. Essa medida ainda é necessária para atenuar a ingestão excessiva das concentrações do íon fluoreto, visto que o flúor em doses maiores gera toxicidade, ocasionando estrias ou manchas amareladas ou alaranjadas no esmalte do dente, identificada como fluorose dentária<sup>4</sup>.

<sup>5</sup>Apontam as demais vantagens conferidas à técnica de fluoretação, como o extenso alcance da medida que beneficia de forma indiscriminada a população, o baixo custo “per capita” e a segurança do método. Sendo assim, a realidade da fluoretação em águas de abastecimento público já é demonstrada em alguns estudos, como no trabalho de Lacerda et al.<sup>6</sup>, que verificou dados de 10 municípios do estado do Tocantins, com o intuito de verificar tanto a existência do heterocontrole e, assim sendo, os níveis de concentração de fluoreto. Constatou-se, então, que somente no município de Palmas, capital do estado, era realizado o heterocontrole dos níveis de fluoreto.

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2023)- RESMA, Volume 15, número 2, 2023. Pág. 83-97.

A carência de flúor na água de abastecimento público ainda é encontrada em alguns lugares do mundo. A exemplo, no Líbano as pessoas passaram a utilizar a água engarrafada por conta da má qualidade de água pública, na qual as concentrações de flúor demonstravam-se insignificante, com valores inferiores a 0,03 mg/L<sup>7</sup>. Em contrapartida, em estudo realizado em 12 regiões do sudoeste da Arábia Saudita, a água de poço destinada ao consumo, em área de campo e onde inexistia abastecimento municipal apresentou níveis de fluoreto acima do recomendado<sup>8</sup>.

Atualmente, no Brasil, a Portaria GM/MS n°888, de 4 de maio de 2021 do Ministério da Saúde<sup>9</sup> dispõe sobre os padrões de potabilidade da água. Nela é feita a referência a Portaria de Consolidação n° 5/ 2017 em casos de adição dos valores recomendados para o íon fluoreto. Essas concentrações de flúor são em razão das médias das temperaturas máximas diárias observadas em cada localidade. Essa relação é justificável, tendo em vista que em regiões mais quentes o consumo de água é maior do que em regiões mais frias, sendo assim, menores concentrações de íons fluoretos são empregadas em regiões de temperaturas altas, enquanto as maiores concentrações são utilizadas em regiões de temperaturas baixas<sup>3</sup>.

Diante da preocupação no tocante às concentrações do íon fluoreto na água de abastecimento, este trabalho objetivou analisar as concentrações de flúor em três estações de tratamento de água no estado de Sergipe, tendo como base os valores de concentração estabelecidos pela portaria de potabilidade da água do Ministério da Saúde em vigência. Além disso, buscou-se compreender o comportamento no decorrer do tempo dos teores de flúor para cada estação de tratamento.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Amostragem**

Os dados da amostragem para o presente estudo foram obtidos a partir das análises de boletins mensais elaborados pela Gerência de Controle e Vigilância da Qualidade da Água das estações de tratamento: ETA Poxim, ETA Cabrita e ETA João Ednaldo, localizadas em Aracaju, São Cristóvão e Nossa Senhora do Socorro, respectivamente. As informações fornecidas foram referentes ao controle mensal do consumo de ácido fluossilícico (H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>) e da produção de água tratada durante os anos de 2015 até 2019.

A partir da observação das séries históricas, correspondentes ao período supracitado, e posteriores cálculos necessários, foram obtidos os dados mensais de concentração do íon fluoreto para cada estação de tratamento. A fim de verificar o atendimento ao padrão de potabilidade dessas concentrações, estabelecido pela Portaria GM/MS nº888 de 4 de maio e 2021 do Ministério da Saúde<sup>9</sup>, foram realizadas análises comparativas por meio de testes estatísticos, gráfico do tipo *boxplot* e tabelas com percentuais de adequação dos níveis de fluoreto das ETAs em estudo.

## 2.2 Área de Estudo

As áreas de estudo são as águas tratadas das ETAs Poxim, Cabrita e João Ednaldo, todas gerenciadas pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO). As três estações possuem método de tratamento convencional, utilizam ácido fluossilícico na etapa de fluoretação, com armazenamento do ácido sendo feito por meio de silos e demais informações compiladas no Quadro 1<sup>10,11,12</sup>.

**Quadro 1.** Informações sobre as estações de tratamento de água estudadas<sup>10,11,12</sup>.

ETA	Município	Coordenadas	Captação
Poxim	Aracaju	-37.09472222 10.92055556	Rio Poxim e rio São Francisco*
Cabrita	São Cristovão	-37.12805556 10.95916667	Rio Pitanga
João Ednaldo	Nossa Senhora do Socorro	-37.11361111 10.90055556	Rio São Francisco e rio Poxim

\* A captação no rio São Francisco começou a ser realizada no ano de 2021.

## 2.3 Dados da Temperatura

Junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)<sup>13</sup>, foram coletadas informações acerca das temperaturas para a cidade de Aracaju, a partir da estação meteorológica localizada em latitude -10,9503, longitude -37,0500 e altitude de 4,72 m. Essa escolha ocorreu pelo fato de que o próprio município aloca umas das estações de tratamento em estudo, a ETA Poxim, e por ser a cidade mais próxima das outras estações com registros no INMET<sup>13</sup>.

As planilhas fornecidas pelo INMET<sup>13</sup> são apresentadas de forma horária para cada dia do ano. Posto isso, com o auxílio do *software* Excel determinou-se a temperatura máxima da hora (°C) de cada dia e as médias mensais das temperaturas máximas diárias do ar (°C), a fim de enquadrar os limites da concentração do íon fluoreto, por mês e por ano, durante o período de 2015 a 2019, com base na Portaria de Consolidação nº 5/2017, que compreende a variação de temperatura de 10 C° até 32,5 °C<sup>14</sup>.

## 2.4 Fluoretação da água para consumo humano: concentração recomendada

De acordo com a Portaria GM/MS nº888, de 4 de maio de 2021 do Ministério da Saúde<sup>9</sup>, bem como o Manual de fluoretação da água para consumo humano do Brasil<sup>3</sup>, a concentração recomendada de íon fluoreto para cada estação de tratamento pode ser obtida por meio da Equação 1, que depende do elemento de correlação com a temperatura (Equação 2). Ainda é sugerido pelos mesmos que os resultados sejam expressos em unidades de miligramas por litro (mg/L). À vista disso, utilizou-se essa mesma equação para os cálculos dessa concentração, a partir dos dados da média das temperaturas máximas do dia de cada mês.

$$C = \frac{22,2}{E} \quad (1)$$

onde:

$C$  é a concentração recomendada do íon fluoreto (mg/L);

$E$  é o elemento de correlação com a temperatura (adimensional);

$$E = 10,3 + 0,725T \quad (2)$$

na qual:

$T$  é a média das temperaturas máximas diárias observadas durante um período mínimo de 1 ano (recomendado 5 anos) em graus centígrados.

Na Equação 2, as médias das temperaturas máximas diárias para  $T$  foram consideradas para o período mensal de cada ano, com o propósito de verificar a variação ocorrida da concentração do íon fluoreto a cada mês, à medida que as temperaturas oscilam.

Assim, a concentração do íon fluoreto obtida por meio das Equações 1 e 2 foi denominada de concentração “esperada”. Ademais a portaria de potabilidade de água vigente recomenda identificar os limites recomendados da concentração do íon fluoreto.

## 2.5 Fluoretação da água para consumo humano: concentração exercida das ETAs

Os dados dos boletins trouxeram informações do consumo mensal de ácido fluossilícico em unidades de peso-quilograma, ao passo que a produção de água em unidade de volume-metros cúbicos. Assim, com o propósito de determinar as concentrações exercidas para cada estação de tratamento também mensalmente, esses dados foram transformados em unidades compatíveis de comparação com a recomendada, isto é, em miligramas e em litros, respectivamente.

Diante disso, de forma compacta elaborou-se a Equação 3, considerando a pureza do ácido fluossilícico de cada uma das ETAs, bem como a massa molecular desse mesmo ácido e a massa atômica do elemento flúor para o desenvolvimento dos cálculos.

$$C_F = \frac{C_{AF} \times P_{AF} \times 6M_{AF}}{100 \times V_A \times MM_{AF}} \quad (3)$$

onde:

$C_F$  é a concentração do íon fluoreto (mg/L);

$C_{AF}$  é o consumo mensal de ácido fluossilícico da ETA no mês e no ano (mg);

$P_{AF}$  é a pureza do ácido fluossilícico da ETA (%);

$M_{AF}$  é a massa atômica do flúor (g);

$V_A$  é o volume de água produzida da ETA no mês e no ano (L);

$MM_{AF}$  é a massa molecular do ácido fluossilícico (g).

Desse modo, com base nas Equações 3 e 4, a concentração do íon fluoreto determinada foi denominada de “exercida”.

A porcentagem concernente a pureza do ácido fluossilícico usada em cada estação de tratamento, também praticada pela concessionária de água, foi aplicada na Equação 3 com os valores de 21 % para a ETA Poxim e a ETA João Ednaldo e de 21,06 % para ETA Cabrita. Em seguida, obtendo-se a massa molecular do ácido de 144,11g, e a massa atômica do flúor de 114 g, chegou-se à Equação 4. Como não foi verificada diferenças significativas entre os valores de pureza nas ETAs,  $P_{AF}$  foi compactada juntamente com  $M_{AF}$  e  $MM_{AF}$  em uma única constante, definida como “ $\gamma$ ”, a fim de simplificar os cálculos (Equação 5).

$$C_F = \gamma \cdot \frac{C_{AF}}{V_A} \quad (4)$$

$$\gamma = \frac{P_{AF} \times 6M_{AF}}{100 \times MM_{AF}} \quad (5)$$

em que:

$C_F$  é a concentração do íon fluoreto (mg/L);

$\gamma$  é a constante igual a 0,17, que correlaciona  $P_{AF}$ ,  $M_{AF}$  e  $MM_{AF}$  (adimensional);

$C_{AF}$  é o consumo mensal de ácido fluossilícico da ETA no mês e no ano (mg);

$V_A$  é o volume de água produzida da ETA no mês e no ano (L).

## 2.6 Análise Estatística dos Dados

Com o propósito de apresentar informações fundamentadas, os dados de concentração calculada e exercida foram tratados comparativamente de forma estatística através do *software* Past. Inicialmente, aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos dados e escolha entre o melhor teste a ser definido, entre paramétricos (os dados apresentam distribuição normal) e não paramétricos (os dados não apresentam distribuição normal).

Logo após, com base no resultado do teste de Shapiro-Wilk, aplicou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney, também equivalente ao teste t paramétrico, para identificar se as amostras totais da concentração exercida de cada estação de tratamento de água diferiam significativamente das amostras totais da concentração calculada.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Média das temperaturas máximas diárias para o período de estudo

Com os dados obtidos das médias das temperaturas máximas diárias do ar por ano e por mês para a estação meteorológica de Aracaju/SE, entre o período de 2015 a 2019, foi possível observar, com base nas distribuições das médias mensais, que os meses mais frios são julho e agosto e, os meses mais quentes, dezembro a abril.

Observou-se que, realizada a média final das temperaturas médias diárias do ar de cada mês para cada ano, os valores ficaram compreendidos entre 27,94°C e 32,71°C e a média ao final dos 5 anos para cada mês entre 28,58°C e 31,66°C. Em observação à Portaria de Consolidação nº 5/2017<sup>14</sup>, que relaciona as temperaturas máximas diárias de ar e as concentrações do íon fluoreto, enquadrou-se a faixa de temperatura estudada entre 26,4°C e 32,5°C, que remete ao limite de concentração para o íon fluoreto de 0,6 mg/L, 0,8 mg/L e 0,7mg/L, como concentrações mínimas, máximas e ótima, respectivamente.

### 3.2 Produção de água nas ETAs em estudo

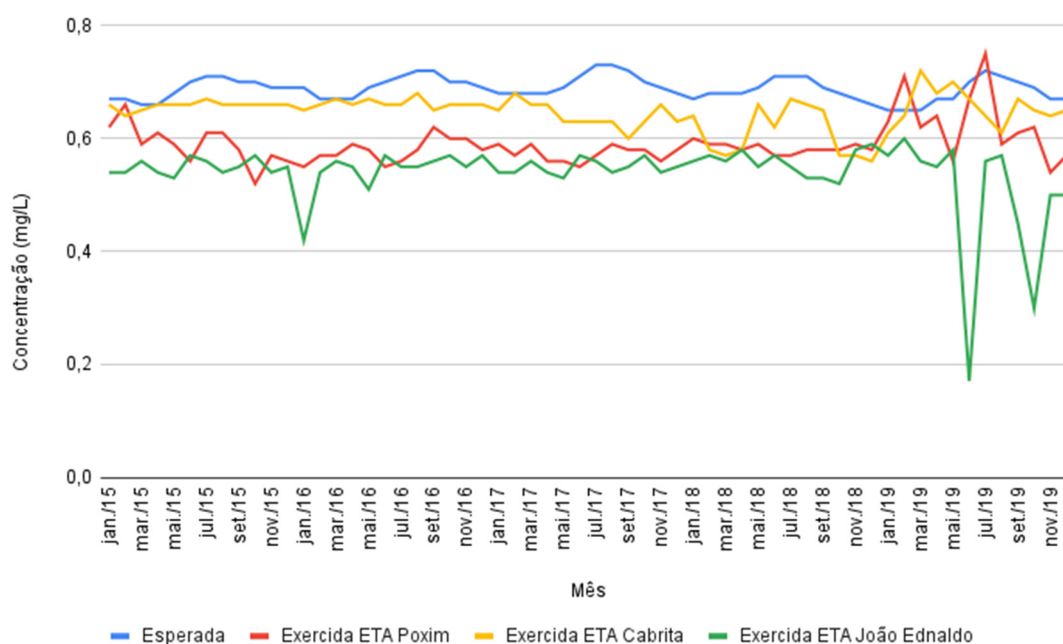
A produção de água de cada estação de tratamento ao longo do período da amostragem foi analisada e como resposta, observou-se que, na ETA Poxim, o mês de maior produção de água foi janeiro de 2016, enquadrado como verão na localidade em estudo, com mais de 2,2

milhões de metros cúbicos de água. A ETA João Ednaldo, por sua vez, produz o maior volume de água entre as três, com volumes mensais que ultrapassam os 5 milhões de metros cúbicos, enquanto que a produção de água da ETA Cabrita, os valores não ultrapassam 700 mil metros cúbicos mensais.

### 3.3 Consumo do íon fluoreto nas ETAs.

As concentrações recomendadas do íon fluoreto (esperadas), por mês, assim como as concentrações do íon fluoreto aplicada na água em tratamento (exercida), para ETA Poxim, ETA João Ednaldo e ETA Cabrita, para o período de estudo, podem ser observadas na Figura 1.

**Figura 1.** Concentração de  $F^{-1}$  ao longo do tempo das ETAs Poxim, Cabrita e João Ednaldo e da recomendada (esperada)



Para a análise dos dados, a concentração exercida da ETA Cabrita no mês de setembro de 2018 foi substituída pela média das concentrações do íon fluoreto da ETA nos meses de setembro dos demais anos, por ter sido identificado o erro no dado referente a produção de água, o que influenciaria nos resultados estatísticos. Nesse mês, foi observado nos boletins que o consumo de ácido fluossilícico se manteve igual em grandeza aos demais registros para o ano de 2018.

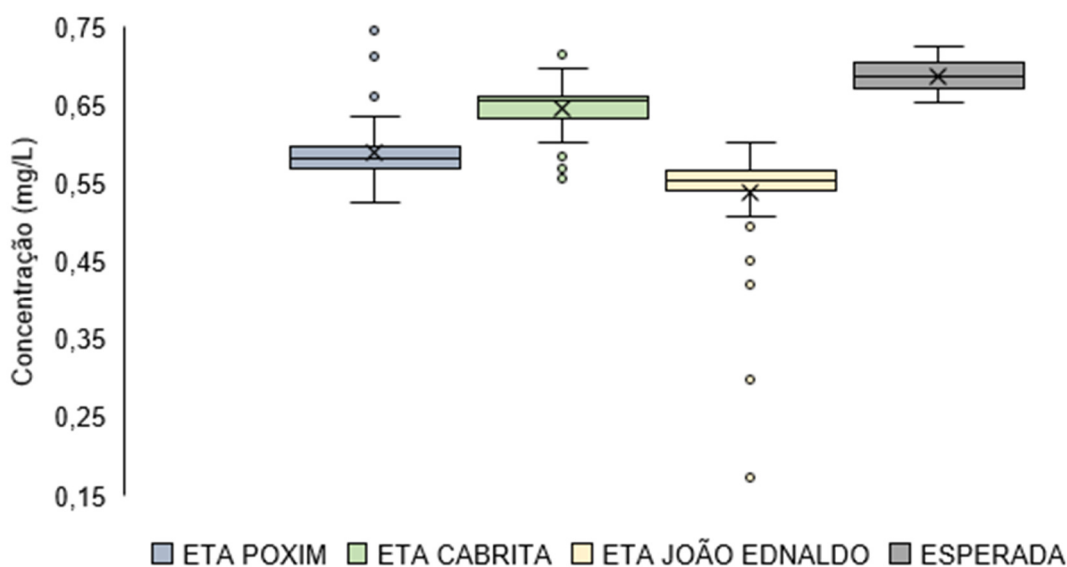
Nas amostras de concentração exercida das ETAs Poxim, Cabrita e João Ednaldo, o teste de normalidade de Shapiro-Wilk apresentou os valores para  $p$ -normal  $< 0,05$ , com Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2023)- RESMA, Volume 15, número 2, 2023. Pág. 83-97.



$1,15 \times 10^{-6}$ ,  $2,69 \times 10^{-5}$  e  $1,35 \times 10^{-12}$ , respectivamente, demonstrando que as amostras não possuíam distribuição normal. Já para as amostras da concentração esperada obteve-se um p-normal  $> 0,05$  (hipótese para distribuição normal). Dessa forma, optou-se por realizar o teste não paramétrico de Mann-Whitney, já que parte da amostra não segue o pressuposto de normalidade.

No teste estatístico de Mann-Whitney, o valor-p retornado da análise demonstrou que todas as ETAs possuem diferenças significativas em suas amostras, quando comparadas com o grupo da amostra esperada, visto que os valores de valor-p foram todos inferiores a 0,001, com  $2,00 \times 10^{-18}$  na ETA Poxim,  $3,53 \times 10^{-15}$  para a ETA Cabrita e  $3,55 \times 10^{-21}$  para a João Ednaldo. Ainda pode-se verificar na Figura 2, no qual os dados estão dispostos em *boxplot*, que as divergências entre os quartis das ETAs e da concentração esperada corroboram o resultado do teste de Mann-Whitney. Também é verificado que a ETA Poxim e a ETA João Ednaldo demonstram valores mais dispersos (outliers) e a ETA Cabrita assume mais proximidade com os valores de média e mediana da concentração recomendada (esperada) (Figura 2). A média total do íon fluoreto na água para a ETA Poxim foi de 0,59 mg/L, para a ETA Cabrita de 0,65 mg/L, para a ETA João Ednaldo de 0,54 mg/L e para a recomendada (esperada) de 0,69 mg/L.

**Figura 2.** Boxplot da concentração do íon fluoreto das ETAs Poxim, Cabrita, João Ednaldo e da concentração recomendada (esperada)



Fonte: Autora (2021)

Na Tabela 1 são apresentados os percentuais de amostras da concentração exercida nas águas das ETAs Poxim, Cabrita e João Ednaldo abaixo, acima ou igual aos valores calculados

para a concentração recomendada (esperada). Pode-se observar que todas as ETAs demonstraram valores expressivos inferior à concentração esperada. Apenas as ETAs Poxim e João Ednaldo apresentaram respectivamente cerca de 3,3% e 5% de suas amostras exercidas acima da esperada e somente a ETA Poxim obteve cerca de 5% de suas amostras iguais a esses valores. Ainda assim, a ETA Cabrita demonstrou resultados mais próximos aos valores da concentração recomendada (esperada) se comparada com as demais estações e a ETA João Ednaldo demonstrou maior distanciamento.

**Tabela 1.** Comparativo de adequação das concentrações do íon fluoreto das ETAs de acordo com os valores obtidos para a concentração recomendada (esperada)

	% Exer < Esp	% Exer > Esp	% Exer = Esp
<b>ETA POXIM</b>	96,7%	3,3%	0%
<b>ETA CABRITA</b>	90%	5%	5%
<b>ETA JOÃO EDNALDO</b>	100%	0%	0%

Esp.: Esperada; Exer.: Exercida

Fonte: Autora (2021)

A fim de se obter análise mais detalhada, nos dados da concentração exercida de cada estação de tratamento foram contabilizados também os percentuais de amostras condizentes com os limites obtidos do íon fluoreto, mediante os dados da temperatura (Tabela 2). Em nenhuma das ETAs estudadas foi observada concentração do íon fluoreto acima do limite máximo de 0,8 mg/L e nem do valor máximo permitido (VMP) de 1,5 mg/L expresso pela Portaria GM/MS nº888, de 4 de maio de 2021 do Ministério da Saúde<sup>9</sup>.

**Tabela 2.** Comparativo de comportamento da concentração do íon fluoreto exercida nas ETAs e na concentração recomendada (esperada)

	Média	Mínimo	Máximo	% Enquadrado	% <Mínimo
<b>ETA POXIM</b>	0,59	0,52	0,75	23%	77%
<b>ETA CABRITA</b>	0,65	0,56	0,72	90%	10%
<b>ETA JOÃO EDNALDO</b>	0,54	0,17	0,60	2%	98%
<b>ESPERADA</b>	0,69	0,65	0,73	100%	0%

Fonte: Autora (2021)

A ETA Cabrita apresentou maior percentual da concentração do íon fluoreto enquadrado nos limites recomendados pela Portaria GM/MS nº888<sup>9</sup>. Consequente, a ETA Poxim e a ETA João Ednaldo, apresentaram percentuais significativos dessa concentração inferior ao limite mínimo, com destaque para ETA João Ednaldo. Desse modo, nota-se que a prevenção dentária, benefício da fluoretação, estaria comprometido<sup>3</sup>.

<sup>10</sup>Ao analisar a eficiência da ETA João Ednaldo, considerando a contribuição ou não da água do rio Poxim, foi verificado que o manancial apresentava qualidade de água pior que o rio São Francisco. E mesmo quando misturada ou funcionando apenas com a água do rio São Francisco não dispunha de água de boa qualidade, indicando a falta de manutenção na estação. Sendo assim, possivelmente, esse aspecto pode ter influenciado nos teores de flúor da ETA João Ednaldo inferior ao limite mínimo.

### **3.4 Variação temporal dos teores de flúor nas ETAs estudadas**

Em observância aos valores do teores máximos e mínimos de flúor na ETA Poxim na Tabela 2, é possível constatar que as concentrações encontradas ficaram compreendidas, durante o período do estudo, entre 0,52 e 0,75 mg/L. Na Figura 1, observa-se que a concentração de flúor na ETA Poxim apresenta picos mais expressivos no período de 2019 nos meses de fevereiro e julho.

Enquanto isso, na ETA Cabrita observou-se que os valores de concentração obtidos ficaram entre 0,56 e 0,72 mg/L (Tabela 2). Na Figura 1, para essa mesma ETA, é verificado menores valores durante o mês de março e dezembro de 2018 e maior pico em março de 2019. Com base na produção de água, não houve influência nas concentrações do íon fluoreto nos meses de picos e depressões das ETAs Poxim e Cabrita.

No caso da ETA João Ednaldo os valores de concentração do íon ficaram entre 0,17 e 0,60 mg/L (Tabela 2). Nessa ETA são identificadas depressões (dados) em janeiro de 2016 e nos meses de junho e outubro de 2019 (Figura 1). Nesses pontos mais críticos da estação, com as concentração do íon fluoreto de 0,42 mg/L, 0,17 mg/L e 0,30 mg/L respectivamente, também não é identificado que o volume de água produzido tenha comprometido esse valores, porém, é observado nos boletins da concessionária de água que o consumo do ácido fluossilícico, nesses meses, foram os menores para o anos correspondentes. Possivelmente, no mês de junho de 2019, o dado referente ao consumo do ácido tenha sido registrado de forma equivocada, tendo em vista que difere em grandeza dos demais meses do ano.

Na Figura 1, concernente à concentração esperada, pode-se identificar que, em todos os anos, nos meses de abril à julho/agosto há o crescimento do íon fluoreto e de julho/agosto à janeiro há diminuição. Esse fato advém das temperaturas que tendem a diminuir de abril à julho/agosto e posteriormente tendem a aumentar, apresentando curva característica no decorrer do tempo. Observa-se também que, ao longo dos anos, a variação do íon fluoreto assumida por

todas as ETAs oscilou mais a cada mês em comparativo com a variação mensal da concentração recomendada (esperada), apresentando dessa forma curvas com comportamentos divergentes.

Rodrigues et al.<sup>15</sup> ao analisar os teores de flúor na água de abastecimento do município de Belém (Pará) observaram que a falta de monitoramento e interrupção da técnica ocasionaram perda dos benefícios concedidos pela fluoretação. Ramires et al.<sup>16</sup> também reforçaram a necessidade da manutenção e do monitoramento da técnica.

Diante disso, é importante destacar que não foi verificada interrupção da fluoretação nas ETAs Poxim, Cabrita e João Ednaldo, mas a falta ou a ineficácia do monitoramento nas estações, possivelmente, possa ter ocorrido, uma vez que foram identificadas maiores variações do íon fluoreto durante o período de 2015 a 2019 nessas ETAs (Figuras 1), comprometendo assim a eficácia da fluoretação ao longo desse tempo. Os valores também inferiores ao limite mínimo nessas ETAs podem ter sido influenciados por esse fator.

<sup>17</sup>Verificaram que os teores de flúor da maioria dos municípios do estado de São Paulo se adequaram aos valores recomendados ao longo de um determinado período, decorrente da atuação de programas de heterocontrole que auxiliaram na vigilância da fluoretação e foram realizados em parceria com instituição universitária. Nesse sentido, ressalta-se o quanto são necessárias ações desse tipo em parcerias com instituições públicas ou privadas bem como das vigilâncias sanitárias, a fim de melhorar os padrões da qualidade da água tratada.

Ademais, a sazonalidade pode vir a influenciar nos teores de flúor.<sup>18</sup>Foram identificados no período chuvoso concentrações de flúor acima do limite recomendado. <sup>19</sup>Porém, não foi certificado que os picos de concentração do íon fluoreto das ETAs tenham sido motivados por esse fator, tendo em vista que não foi observada a presença constante de concentrações do íon fluoreto maiores que o recomendado durante os meses mais chuvosos, de abril até julho.

## **4 CONCLUSÃO**

O estudo possibilitou entender a importância da verificação do monitoramento dos teores de flúor em águas de abastecimento público, especialmente em estações de tratamento de água.

Os resultados expostos permitiram identificar que a ETA Cabrita apresentou concentrações do íon fluoreto mais adequadas aos limites recomendados pela portaria em vigência, mesmo não obtendo a maioria de suas amostras iguais aos valores determinados a

cada mês para a concentração recomendada (esperada). Enquanto isso, a ETA Poxim e a ETA João Ednaldo demonstraram valores mais distantes dessa concentração, com teores de fluoreto ainda mais críticos para a estação de tratamento João Ednaldo.

Além disso, pode-se observar que ao longo do período estudado todas as estações apresentaram maiores oscilações do íon fluoreto a cada mês em comparação com a variação mensal da concentração recomendada (esperada).

Também foi abordado que a ineficácia do monitoramento pode ter influenciado nas concentrações inferiores ao limite mínimo recomendado e nas variações ocorridas ao longo do tempo.

Sendo assim, conclui-se que é necessária maior adequação dos níveis de concentração do íon fluoreto das ETAs Poxim e João Ednaldo. Ainda é indispensável que seja realizado o monitoramento mais eficaz dos níveis de fluoreto em todas as estações de tratamento estudadas, tendo em vista que essa medida minimiza a possibilidade de valores discrepantes em relação ao nível adequado. Nesse seguimento, também é necessário que a prática do heterocontrole venha a ser adotada em conjunto com instituições, vigilâncias sanitárias e até mesmo com os municípios que são abastecidos pelas ETAs.

## REFERÊNCIAS

1. Michelin DCGS, Batista IF, Batista DF, Santos DG, Mendonça LC, Lima DMF. Desempenho das etapas de tratamento de água, da estação de tratamento Poxim. *Scientia cum Industria*. 2019; 7(3):7-14, 2019. <https://doi.org/10.18226/23185279.v7iss3p7>
2. Frazão P, Narvai PC. Fluoretação da água em cidades brasileiras na primeira década do século XXI. *Rev. Saúde Pública*. São Paulo. 2017; 51:47. <https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2017051006372>
3. Brasil. Manual de Fluoretação da água para consumo humano. *Fundação Nacional de Saúde*. 2012. 72 p.
4. Dovidauskas S, Okada IA, Iha MH, Cavallini AG, Okada MM, Briganti RC. Avaliação da qualidade da fluoretação de águas de abastecimento público em 88 municípios da região Nordeste do estado de São Paulo (Brasil). *Vigilância Sanitária em Debate*. São Paulo, 2017; 5:14-23.
5. Anjos, G. A. S.; Fernandes, G. F. Fluoretação das águas de abastecimento público no estado de Pernambuco: um resgate histórico. *Odontol Clín-Cient*. 2015; 14(1): 559-564.
6. Lacerda, A. P. A. G.; Oliveira, N. A.; Pinheiro, H. H. C.; Assis, K. M. L.; Cury, J. A. Fluoretação da água dos dez maiores municípios do estado do Tocantins, Brasil. *Ciênc Saúde Colet*. 2020; 1507-1518. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020254.17722018>
7. Doumit M, Aad LA, Machmouchi M. Fluoride concentration of bottled water and public water in Lebanon. *Indian J Dent Res*. 2019; 30:375-380. DOI: 10.4103/ijdr.IJDR\_604\_18
8. Das G, Tirth V, Arora S, Algahtan I A, Kafeel M, Alqarni AHG, et al. Effect of fluoride concentration in drinking water on dental fluorosis in southwest Saudi Arabia. *International Journal of Environmental Research ad Public Health*. 2020; 17:3917. DOI:10.3390/ijerph17113914
9. Brasil. Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*. Brasília; 2021.
10. Batista DF. Avaliação da eficiência da estação de tratamento de água João Ednaldo/Sergipe. [trabalho de conclusão de curso]. São Cristóvão (SE): Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Sergipe; 2018.
11. Jesus TM. Qualidade da água da sub-bacia do rio Poxim a montante e a jusante da captação da estação de tratamento de água [Dissertação]. São Cristóvão (SE): Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Sergipe; 2021.
12. Rezende LMMA. Água tratada proveniente da ETA cabrita: análise da variação de parâmetros de qualidade [trabalho de conclusão de curso]. São Cristóvão (SE): Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Sergipe; 2018.
13. INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Dados históricos anuais.
14. Brasil. Portaria de Consolidação n° 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. *Diário Oficial da União*. Brasília; 2017.
15. Rodrigues ABT, Miranda MSL, Emmi DT, Barroso RFF, Pinheiro HHC, Araújo MVA. O panorama da fluoretação das águas de abastecimento público da cidade de Belém, estado do Pará, Brasil. *Rev. Pan-Amaz. Saúde*. 2021; 12:e202100708. <http://dx.doi.org/10.5123/s2176-6223202100708>

16. Ramires I, Buzalaf MAR. A fluoretação da água de abastecimento público e seus benefícios no controle da cárie dentária- cinquenta anos no Brasil. *Ciênc. Saúde Coletiva*. 2006; 12(4):1057-1065.
17. Moimaz SAS, Santos LFP, Saliba TA, Saliba NA, Saliba O. Vigilância em saúde: fluoretação das águas de abastecimento público em 40 municípios do estado de São Paulo, Brasil. *Ciênc Saúde Colet*. 2020; 25(7):2653-2662.
18. Scalize PS, Pinheiro RVN, Junior HCR, Albuquerque A, Lobón GS, Arruda PN. Controle externo da fluoretação em sistemas públicos de abastecimento de água no estado de Goiás, Brasil. *Ciênc Saúde Colet*. 2018; 23(2):239-248. <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742014000200005>
19. Ramos OEJO, Medeiros ES, Silva AQ, Oliveira LA, Bicalho CC. Estudo do comportamento mensal das chuvas no Município de Aracaju, Estado do Sergipe, Brasil. *Research, Society and Development*. 2020; 9(8): e67985121. DOI:10.33448/rsd-v9i8.6188