


## Flúor in natura e sua toxicidade na saúde humana

### Fluoride in natura and its toxicity on huma

 <https://doi.org/10.56238/cienciasaudeestuepesv1-022>

#### **Simone de Oliveira Lopes**

Faculdade Metropolitana São Carlos/Departamento de Medicina, CEP: 28360-000 Bom Jesus do Itabapoana-RJ, Brasil

E-mail: simone.odontopediatria@gmail.com

#### **Paula Aparecida Muniz de Lima**

Universidade Federal do Espírito Santo/ Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), CEP: 29500 Alegre-ES, Brasil

E-mail: aluap-lima@hotmail.com

#### **Maria de Lourdes Ferreira Medeiros de Matos**

Faculdade Metropolitana São Carlos/Departamento de Medicina, CEP: 28360-000 Bom Jesus do Itabapoana-RJ, Brasil

E-mail: mlourdes.psi2@gmail.com

#### **Alcemar Antônio Lopes de Matos**

Faculdade Metropolitana São Carlos/Departamento de Medicina, CEP: 28360-000 Bom Jesus do Itabapoana-RJ, Brasil

E-mail: alcimamatos@hotmail.com

#### **Rodrigo Sobreira Alexandre**

Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES 29550-000, Brasil

E-mail: rodrigossobreiraalexandre@gmail.com

#### **José Carlos Lopes**

Universidade Federal do Espírito Santo/ Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), CEP: 29500 Alegre-ES, Brasil

E-mail: jcufes@bol.com.br

#### **RESUMO**

O fluor pertence à família dos halogênios e é o elemento de maior abundância na terra, destacando-se como 13º elemento de maior disponibilidade na natureza. É considerado como um elemento essencial à saúde humana, cuja deficiência poderá determinar

fraquesa nos ossos e dentes, como cáries e osteoporose, sendo sugerido como método universal de prevenção à cárie. No entanto, a proporção de flúor in natura em altas concentrações, pode se tornar um problema à saúde, evidenciando a incidência da fluorose. Objetivou-se analisar presença de flúor in natura na água consumida pela população e avaliar a incidência de fluorose na região. O trabalho foi desenvolvido com uma pesquisa bibliográfica em várias bases de dados (Biblioteca Virtual em Saúde, SciELO, Periódicos, Revistas Indexadas, Dissertações, Teses e Órgãos Governamentais, como a UNICEF e Organização Mundial de Saúde). A técnica de coleta de dados foi a documentação indireta, pesquisa documental e bibliográfica. Cerca de 90 artigos foram avaliados. Critério de inclusão: Artigos que abordassem unicamente a relação entre risco para fluorose e presença de flúor in natura na água de consumo foram incluídos (23), excluindo-se outras fontes de consumo de fluoretos. Conclui-se que ocorrem concentrações elevadas de flúor in natura nas águas subterrâneas, rios e minas de vários países, inclusive no Brasil, especialmente devido à grande variedade de rochas e processos ígneos ao longo dos lençóis freáticos; o flúor encontra-se presente em concentrações variadas em locais próximos à população, podendo colocar em risco a sua saúde.

**Palavras-chave:** Minas, Epidemiologia, Saúde.

#### **ABSTRACT**

Fluorine belongs to the family of halogens and is the most abundant element on earth, standing out as the 13th most available element in nature. It is considered an essential element for human health, and its deficiency may cause weakened bones and teeth, such as caries and osteoporosis, and has been suggested as a universal method of caries prevention. However, the proportion of fluoride in natura in high concentrations can become a problem to health, evidencing the incidence of fluorosis. The aim was to analyze the presence of fresh fluoride in the water consumed by the population, and to evaluate the incidence of fluorosis in the region. The work was developed with

a bibliographic search in several databases (Virtual Health Library, SciELO, Periodicals, Indexed Journals, Dissertations, Theses and Government Agencies, such as UNICEF and World Health Organization). The data collection technique was indirect documentation, documentary and bibliographic research. About 90 articles were evaluated. Inclusion criteria: Articles that addressed only the relationship between risk for fluorosis and presence of fresh fluoride in drinking water were included (23), excluding other sources of

fluoride consumption. We conclude that high concentrations of inborn fluoride occur in groundwater, rivers and mines of several countries, including Brazil, especially due to the great variety of rocks and igneous processes along the water table; fluoride is present in varying concentrations in places close to the population, which may pose a risk to their health.

**Keywords:** Mines, Epidemiology, Health.

## 1 INTRODUÇÃO

O flúor (F) é um elemento químico halógeno, gás de coloração amarelo-pálido, contendo 9 prótons e 9 elétrons, número atômico 9, massa atômica 18,998 u e densidade de 0,001696 gramas por centímetro cúbico, destacando-se entre os elementos químicos como o mais eletronegativo e reativo, altamente corrosivo e oxidante. Foi descrito inicialmente por Georgius Agricola (1529), com o nome de fluorita, posteriormente identificado como fluoreto de cálcio (CaF<sub>2</sub>). No entanto foi descoberto por Carl Wilhelm Scheele (1771) e isolado pelo químico francês Henri Moissan (1886), por eletrólise bifluoreto de potássio (KHF<sub>2</sub>) (HF e KF=KHF<sub>2</sub>),  $2F^- - 2e^- \rightarrow F_2$ . É o halogênio mais abundante na terra (950 ppm), encontrado somente na forma iônica, fluoreto, combinado a metais ou ao hidrogênio, com ampla distribuição na biosfera, cuja palavra tem origem no latim: *fluere*, que significa fluir, formando parte do mineral fluorita, CaF<sub>2</sub>, foi descrito em 1529 por Georgius Agricola por seu uso como fundente, empregado para reduzir os pontos de fusão de metais ou minerais. Considerando sua produção comercial, a primeira foi feita para a bomba atômica do Projeto Manhattan, para a obtenção do hexafluoreto de urânio, UF<sub>6</sub>, usado para a separação de isótopos de urânio, projeto que foi desenvolvido pelos Estados Unidos (1939), com pesquisas realizadas durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), entre os anos de 1942 a 1946 (GREENWOOD; EARNSHAW, 1997; KIRSCH (2013).

Os compostos de flúor são abundantes na natureza e amplamente distribuídos na biosfera. Rochas, solo, água, ar, plantas e todos os animais contêm fluoreto em concentrações variadas, e se encontra como íon fluoreto (F<sup>-</sup>), combinado a íons metálicos como o íon de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) (KIRSCH, 2013).

A utilização do flúor como método universal de prevenção da doença cárie é inquestionável. Porém, a necessidade de se conhecer as fontes de consumo e concentração de flúor nas águas consumidas pela população são imprescindíveis. A fluorose dentária foi relatada desde épocas remotas quando se notou a presença de “manchas escuras” nos elementos dentários em vários locais (Estados Unidos, México, Nápoles entre outros). Inicialmente essas manchas foram associadas a aspectos geológicos (EAGER, 1962) e posteriormente foi verificada a associação dessas colorações dos dentes com a água ingerida, especialmente em poços artesianos na região de Bauxite, Arkansas, Estados Unidos (KEMPF; MCKAY, 1930). Após vários estudos para localizar a fonte relacionada às alterações do esmalte dentário, relacionou-se a

descoloração opaca ou a coloração mosqueada em diferentes graus, à água consumida pela população (BUENDIA, 1996; FEJERSKOV et al., 1994; LOPES, 2005; SAGHERI et al., 2007; LOPES 2012).

Os efeitos tóxicos do flúor são variáveis e dependem do tempo, duração e quantidade ingerida, sendo a água sistêmica, uma das maiores fontes de flúor disponíveis à população. A fluoretação das águas de abastecimento é um método altamente eficaz de se prevenir as cáries de uma forma mais abrangente, entretanto, têm-se questionado essa hipótese uma vez que a ação sobre as cáries não ocorre de maneira sistêmica, e sim de forma tópica. Além disso, deve-se primeiramente, conhecer as concentrações de flúor presente nas águas antes de fluoretá-las devido às altas concentrações de flúor in natura as quais têm sido relatadas nos diversos estudos no Brasil e no mundo. (MAGALHÃES, 2018). Além do problema estético que a ingestão excessiva de flúor pode ocasionar durante o desenvolvimento dentário, doses crônicas, acima de  $1 \text{ mg L}^{-1}$ , geram problemas gastrointestinais como, náuseas, vômitos, dores abdominais e diarreia, devido à sua combinação com o ácido clorídrico do estômago, que é transformado em ácido hidrófluorídrico, altamente corrosivo (GUPTA; DESHPANDE, 1998).

Por se tratar de um elemento halógeno mais eletronegativo, ele possui afinidade em se associar a outros elementos, especialmente o Cálcio e o Magnésio. Essa característica o torna propício a se ligar, quando em elevadas concentrações ao Cálcio presente nos dentes e nos ossos provocando efeitos prejudiciais de graus variados ocasionando a fluorose dentária e ou osteomalácea ou fluorose óssea, bem como outros problemas de toxicidade a órgãos e tecidos. Estudos realizados (NARVAI, 2000; FERJANI et al., 2021).

O aumento de fluorose endêmica em alguns locais do mundo tem se tornado frequente pela presença do flúor na água *in natura* consumida pela população. A quantidade de flúor ingerida é liberada na corrente sanguínea e 50% dela é reabsorvida pelos dentes e ossos. Sob esse aspecto, crianças com dentes em formação, tendem a ter fluorose dentária em locais com elevadas concentrações de flúor enquanto os adultos, a terem a osteomalácea ou fluorose esquelética, causando fraqueza muscular, dores articulares e, dependendo da concentração, diminuição da qualidade de vida (PECKRAM; AWOFOESO, 2014). Aproximadamente 25 países no mundo já foram afetados pela fluorose endêmica. Na China, além da prevalência de fluorose dentária elevada, afetando cerca de 45 milhões de pessoas, a presença da fluorose óssea, conhecida com Osteomalácea, a qual afeta de 2 a 3 milhões de pessoas, também foi verificada no País. Em alguns locais, a severidade da osteomalácea afeta a qualidade de vida da população, aumenta o grau de comorbidades, diminuindo também a expectativa de vida dessas pessoas. Há relatos que mais de 60 milhões de pessoas com alto risco de fluorose (dentária e esquelética) no noroeste da China (UNICEF, 2003). Dessa forma, há necessidade de se conhecer as concentrações de flúor nas águas consumidas para se evitar quaisquer danos futuros.

A fluorose óssea ou osteomalácea é um problema de saúde pública em vários países, como Índia, China, Austrália e em regiões com elevadas concentrações do íon flúor, pois sendo um elemento altamente eletronegativo, é capaz de se ligar a outros íons, especialmente o Cálcio e o Magnésio formando estruturas

insolúveis e, devido a este fato, levando a alterações em órgãos e tecidos, especialmente cartilagens, músculos e ossos. Na osteomalácea, muitas vezes ao se mensurar os níveis séricos de Cálcio e Fósforo, estes encontram-se normais, porém nos achados radiográficos ou na densitometria óssea é possível verificar a rarefação óssea provocada por longas exposições aos fluoretos. Esse fator, conseqüentemente, é capaz de provocar defeitos na mineralização óssea, atuando diretamente na matriz osteóide em formação, especialmente quando há cronicidade de ingestão ou exposição a este elemento em elevadas concentrações. Desta forma, sendo um inibidor da mineralização, ele impede a formação do osso com densidade normal, podendo ainda interferir nas articulações, desfazer a síntese de colágeno e levar à quebra do colágeno nos tecidos ósseos, músculos, tendões, pele, cartilagem, pulmões, rins, tireoide e traqueia, causando um efeito destrutivo em vários tecidos no corpo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016; FERJANI et al., 2021). Estudos realizados em 2001, demonstraram que doses acima de  $3,3 \text{ mg L}^{-1}$  já seriam suficientes para provocarem deformidades ósseas que vão desde sifose até invalidez em pessoas de aproximadamente 48 anos de idade (CHOUBISA et al., 2001), pois o tecido ósseo formado é de maior densidade e menor elasticidade, tornando-se mais suscetível à fraturas. Pessoas que habitam regiões com concentrações acima de  $2 \text{ mg L}^{-1}$  ou trabalhadores de minas ou indústrias de alumínio ou fertilizantes são mais suscetíveis à osteomalácea devido à constante exposição aos fluoretos.

A ingestão sistêmica de flúor pelo organismo vem sendo estudada há anos e os resultados demonstraram que a ação contra as cáries dentárias ocorre por aplicação tópica do flúor, enquanto a ingestão de fontes com concentrações desconhecidas ou elevadas têm demonstrado um aumento da fluorose dentária e da osteomalácea em determinadas regiões onde a concentração ou a ingestão da água ultrapassam as concentrações sugeridas pela Organização Mundial de Saúde (ORTIZ RUIZ, 1997; PECKHAM et al., 2014).

No município de Bom Jesus do Itabapoana (RJ), em uma análise de água de consumo pela população tanto em zonas rurais (minas) quanto da água de abastecimento do município (não fluoretada artificialmente), constatou-se a presença de flúor *in natura* na região, em índices elevados, especialmente em algumas minas, cuja concentração do íon flúor foi bem acima do que os valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde, de acordo com o clima, altitude e temperaturamédia anual do local (LOPES, 2005; LOPES, 2012). Segundo Narvai (2002), a relevância da fluorose endêmica, que acomete populações concomitantemente, em decorrência de uma fonte acessível e comum de água, necessita de atenção imediata e intervenção, visto ser um problema de saúde pública, como considerado pela Organização Mundial de Saúde (2009). Portanto, torna-se imprescindível a necessidade de se avaliar a concentração de flúor das águas consumidas livremente pela população. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a incidência de fluorose dentária em populações residentes em diferentes regiões, em que a presença de flúor *in natura* ocorre na água consumida pela população.

## 2 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido com a realização de uma pesquisa bibliográfica em várias bases de dados (Biblioteca Virtual em Saúde, SciELO, Periódicos, Revistas Indexadas, Dissertações, Teses e Órgãos Governamentais, como a UNICEF e Organização Mundial de Saúde). A técnica de coleta de dados foi a documentação indireta, pesquisa documental e bibliográfica, relacionadas com a fonte de origem, presença do flúor nas águas de consumo *in natura* e os efeitos adversos sob diversos processos na saúde humana. Cerca de 90 artigos foram avaliados. Critério de inclusão: artigos que abordassem a relação entre risco para fluorose e presença de flúor *in natura* na água de consumo. Foram incluídos (23), excluindo-se artigos que levassem em consideração outras fontes de fluoretos pela população.

## 3 RESULTADOS

Tabela 1 – Concentrações de Flúor Encontradas nas Águas *In Natura*.

<b>Autores</b>	<b>Procedência da Água</b>	<b>Concentração de Flúor</b>	<b>Localização</b>
CHOUBISA et al. (2001)	Lençóis freáticos	1,2 A 8,9 mg L <sup>-1</sup>	Rajasthan (Índia)
FRAZÃO et al. (2011)	Lençóis freáticos	1,17 a 5,2 mg L <sup>-1</sup>	Minas Gerais (Brasil)
HU et al. (2021)	Lençóis freáticos	0.35 a 3.65 mg L <sup>-1</sup>	HuaiBei (China)
LOPES (2005)	Lençóis freáticos e água de abastecimento <i>in natura</i>	0,05 a 2,39 mg L <sup>-1</sup>	Bom Jesus do Itabapoana-RJ (Brasil)
LOPES (2012)	Lençóis freáticos (Minas)	0,4 a 7,3 mg L <sup>-1</sup>	Zona rural de Bom Jesus do Itabapoana-RJ (Brasil)
MENEASSE et al. (2002)	Lençóis freáticos	1,17 a 5,2 mg L <sup>-1</sup>	São Francisco-MG (Brasil)
OPINYA et al. (1991)	Lençóis freáticos	0,24 a 9,2 mg L <sup>-1</sup>	Nairóbi (África)
<b>TOBILOBA et al. (2021)</b>	<b>Lençóis freáticos</b>	<b>3.92 a 4.95 mg L<sup>-1</sup></b>	<b>Limpopo (África)</b>

Fonte: Dados do Autor e Revisão Bibliográfica

## 4 DISCUSSÃO

Desde os estudos de Dean, na década de 30, a utilização do flúor como método de prevenção tornou-se incontestável, sendo utilizado amplamente pela população sob as mais variadas formas. Inicialmente os dentes “mosqueados” encontrados por Dean o levaram a acreditar que estes ocorriam devido à erupções vulcânicas e exposição ao magma na região. Porém, ao continuar seus estudos ele associou diretamente os “dentes mosqueados” à água consumida pela população. Atualmente, vários produtos contendo flúor em sua composição estão ao alcance da população, entretanto, devido ao aumento considerável de fluorose em diversos locais no mundo, torna-se necessário avaliar a relação risco-benefício que este estaria trazendo à população. Apesar de sua diversidade em relação às formas que pode ser utilizado, a maior fonte, entretanto e a que deveria ser de maior preocupação, é a água de consumo, que pode ser proveniente de abastecimento público, de poços artesianos e minas, especialmente nas zonas rurais (FEJERSKOV et al., 1994; LOPES, 2005; LOPES, 2012).



A escassez de fontes de água associada às mais recentes mudanças globais, têm levantado a questão de aquisição de novas fontes, tanto nas zonas urbanas quanto rurais, visto que mais de um bilhão e meio de pessoas necessitam de água para sua sobrevivência, trabalho (agricultura e indústrias) e vivência diária (AHMAD et al., 2022). Isso pode se tornar um grande problema pela falta de conhecimento da composição das águas naturais, especialmente as subterrâneas e seus contaminantes, muitas vezes contendo elementos tóxicos ao organismo. Além disso, estudos demonstraram que mais de 200 milhões de pessoas de 25 estados, estão expostas diariamente a elevados teores de flúor presentes em fontes subterrâneas (MOHAMMADI et al., 2017).

Por ser um elemento químico altamente eletronegativo, o flúor não é encontrado sozinho na natureza, e sim associado a outros elementos químicos, e sua ocorrência está relacionada comumente aos processos ígneos (BELL, 1998). Os compostos formados podem ser solúveis ou insolúveis. Os compostos solúveis, quando em contato com a água sofrem dissociação, liberando o íon flúor. Este íon pode estar presente nas águas naturalmente, ou ser adicionado a ela, por meio da fluoretação das águas de abastecimento (BUENDIA, 1996). De acordo com Villena et al. (1996), a concentração de flúor em águas minerais comercializadas no Brasil, em algumas cidades (São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), os resultados das análises revelaram concentrações muito elevadas de flúor (variando entre 0,0 a 4,4 mg L<sup>-1</sup>), o que poderia ser explicado pela presença de reservas de fluorita, sugerindo inclusive que reservas como estas podem ser encontradas em outras regiões do País, levando à presença de flúor natural em rios.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (2009), deve-se levar em consideração a altitude do local, e média das temperaturas médias anuais para se estabelecer a concentração ideal de flúor que deverá ser consumida pela população sem que ofereça risco de desenvolver a fluorose dentária. Assim, o teor de flúor considerado ótimo para consumo na água potável, seria equivalente a 0,7 a 1,2 mg L<sup>-1</sup>, levando-se em consideração as médias de temperaturas anuais (18 °C =1,2 mg L<sup>-1</sup>; 19-26 °C=0,9 mg L<sup>-1</sup>, 27 °C=0,7 mg L<sup>-1</sup>) (ZIMBRES, 2003). O que, segundo novos estudos, já pode ser considerado problemático dependendo da quantidade de água ingerida, especialmente quando se trata de águas subterrâneas e de outras fontes consumidas (WARREN *et al.*, 2009; HU *et al.*, 2021).

Devido à sua propriedade de solvente universal, a água possui capacidade de dissolver, em menor ou maior quantidade, quase todas as substâncias, especialmente após sua penetração nos solos, por meio da chuva. As águas subterrâneas possuem uma elevada concentração de ácido carbônico quando comparadas às superficiais, e, portanto, mais expostas aos materiais solúveis presentes no solo e nas rochas. Algumas rochas presentes em locais variáveis do planeta, possuem o flúor em sua composição, como a fluorita, apatita, fluorapatita, topázio, cryolita hornblende e muscovita são algumas dessas onde o flúor acaba sendo liberado após o contato com as águas. Alguns aspectos também devem ser considerados em relação aos solos e os aquíferos, como aspectos geológicos e geoquímicos, além do prévio conhecimento das águas consumidas.

De acordo com novas orientações da Organização Mundial de Saúde (WHO), há orientações sobre a toxicidade do flúor, considerando-se as elevadas altitudes, climas com temperaturas elevadas e concentrações acima das recomendadas como parâmetro pela mesma, uma vez que há inúmeras variações de temperatura e ingestão de diversas fontes (AHMAD et al., 2022). Devido ao grande intemperismo dos solos brasileiros, especialmente das rochas, mantos de decomposição (regolitos) se formam e possuem em sua composição dezenas de sais, sendo que a quantidade e o tipo de sais presentes no solo e na água irão depender do meio percolado, do tipo e da velocidade do fluxo subterrâneo (ZIMBRES, 2003; LOPES, 2005; LOPES, 2012; NARSINHA, 2020). Portanto, o Brasil apresenta grande predisponibilidade de apresentar o flúor *in natura* nas águas de consumo, devido à presença de vários tipos de sais minerais nos solos, inclusive contendo flúor em sua composição e também a seu vasto território (LI et al., 2018).

Na Índia foi constatada a ocorrência do íon flúor naturalmente, e em níveis variados, em quatro diferentes amostras de água (SUDHIR et al., 2009). Resultados similares foram observados em uma comunidade no nordeste de Nairóbi, leste da África, com fontes com concentração de flúor de 0,24 mg L<sup>-1</sup> e 0,65 mg L<sup>-1</sup> e água de poços artesianos, com concentração de 9,2 mg L<sup>-1</sup> de flúor (OPINYA et al., 1991). Resultados semelhantes foram encontrados nos lençóis freáticos do sul da África: 3,92 a 4,95 mg L<sup>-1</sup> de flúor, por Tobiloba et al. (2021). Para se avaliar nos solos, os efeitos tóxicos de determinadas substâncias, é necessário levar em consideração fatores como pH, tipo e abundância de substâncias argilo-minerais, teor de matéria orgânica, hidróxidos de ferro, manganês, alumínio, reatividade química, gradientes hidráulicos, porosidades e permeabilidade. Esses efeitos tóxicos podem se manifestar em locais bem distantes de sua matriz no meio ambiente, podendo ocorrer apenas em alguns pontos ou ao longo de estruturas geológicas lineares, como fendas, e podendo ser muito mais tóxico quando é um produto de degradação de alguma substância, especialmente por se tornar mais persistente no solo da região (ZIMBRES, 2003; LIU et al., 2018; HU et al., 2021).

O flúor é um elemento tipicamente litófilo, ou seja, tem uma elevada afinidade química ao silício significando que minerais silicatados podem constituir fontes importantes de flúor no solo. Segundo Wedephol (1974), silicatados da crosta terrestre podem ter uma concentração de aproximadamente 650 mg L<sup>-1</sup> F, sendo dessa forma, o 13º elemento mais abundante nesses minerais. Micas, tais como biotita e muscovita, e hornblenda são consideradas fontes importantes de flúor no solo. Fluorapatitas são também minerais portadores de flúor, mas que são facilmente alteráveis pelo intemperismo, sendo dessa forma menos encontradas em climas tropicais. Nas micas, o fluoreto na forma iônica, por apresentar raio iônico muito similar às hidroxilas, pode trocar com este íon, nas estruturas do mineral durante sua cristalização, principalmente em materiais fortemente félsicos, uma vez que a ocorrência do flúor está relacionada comumente aos processos ígneos (BELL, 1998).

Na Índia, estudos revelaram que dos 28 estados, 17 apresentam excesso de flúor na água decorrente da presença de granito e outros tipos de rochas como apatita, sphene e alanita no sistema aquífero da região, o que eleva os níveis de flúor na água em teores que variam de 0,40 a 4,67 mg L<sup>-1</sup>, tornando a região como

endêmica para fluorose, devido aos elevados valores encontrados, em relação aos recomendados pela Organização Mundial de Saúde (SURENDRA *et al.*, 2012). Estima-se que 44 milhões de pessoas sofram impacto com esses achados e outras 66 milhões estejam em áreas de risco (LI *et al.*, 2018).

Estudos realizados em áreas rurais a oeste do Azerbaijão, no Irã, mais especificamente em cinco regiões do País, demonstraram que o maior problema de fluorose óssea ou osteomalácia encontrada nessas regiões ocorreu devido à água de consumo com elevadas doses de flúor. Todos os dados foram obtidos pelo Health Record Department, Poldasht Health Centre e demonstraram a presença de 0,22 a 10,33 mg L<sup>-1</sup>F, ultrapassando os limites permissíveis considerados pela Organização Mundial de Saúde e, portanto, como foi verificado, a presença de fluorose óssea se fez presente em 21,1% das pessoas que residiam nas áreas com maiores concentrações de flúor (0,22 mgL<sup>-1</sup>), equivalendo a 94 de 445 moradores e apenas 3% na região com menor concentração de flúor nas águas (10,33 mg L<sup>-1</sup>), o equivalente a 14 de 470 indivíduos. Esses estudos demonstraram uma grande significância em relação à toxicidade do flúor das águas ingeridas, especialmente devido à prevalência de osteomalácia encontrada na população (AHMAD *et al.*, 2022).

Segundo Onipe *et al.*, (2020), pode-se considerar várias fontes de fluoretos consumidas pela população, incluindo chás, vegetais e alimentos, o que, inclusive, é importante ressaltar a íntima relação desses compostos e alimentos com o solo e a água proveniente dos lençóis freáticos da região, porém, na região de Sub-Saharan na África, a maior fonte estudada e comprovadamente comprometida pelos fluoretos, realmente é proveniente das fontes de água consumidas pela população e isso se deve às rochas presentes na região e às atividades vulcânicas, elevando drasticamente as concentrações de flúor nas águas subterrâneas locais.

Estudos realizados na China, Canadá, Rússia, Irlanda, Estados Unidos, Austrália e Canadá, demonstraram que o excesso de flúor nas águas consumidas diminuíram a absorção de Iodo pelo organismo, levando a impactos na saúde com relação ao funcionamento normal da tireoide, especialmente porque esse íon é fundamental para se manter os níveis corretos dos hormônios T3, T4 e TSH, causando vários problemas relacionados ao bom funcionamento da tireoide. Em 2004 já estimava-se que dois bilhões de pessoas apresentavam riscos de baixas concentrações de Iodo, sendo que 20% destas encontram-se na Europa (WAUGH, 2019).

A toxicidade do flúor em doses elevadas já é conhecida há décadas e ultimamente seus efeitos sobre o organismo vêm sendo estudado por muitos pesquisadores do mundo, e esses estudos demonstraram que doses elevadas e crônicas deste elemento, especialmente por meio da água de consumo pode causar efeitos neurotóxicos e diminuição da cognição e intelectualidade em crianças, infertilidade e óbitos ou nascimentos prematuros em gestantes, calcificação de articulações e músculos, além de afetar o funcionamento normal da tireoide. Em casos mais graves pode levar a deformidades ósseas, especialmente na região dorsal, anquilose espinhal e maior probabilidade de ocorrência de fraturas (OZSVATH, 2008; PECKHAM & AWOFESO, 2014; FERJANI *et al.*, 2021). Jelash em 2008 relata a utilização do fluoreto de sódio por Hitler para fluoretação das águas dos campos de concentração nazistas, sob o falso pretexto de melhorar a saúde



dental das crianças, porém o real propósito, inclusive descrito em uma carta pelo químico responsável, Mr. Charles Perkins, era o de utilizar a fluoretação em massa para “controlar” a população (prisioneiros) e provocar a infertilidade nas mulheres. Segundo o químico, repetidas dosagens com o tempo passaram a reduzir o poder de resistência à dominação nazista. Após a utilização em massa, após um ano ou mais, da ingestão do fluoreto de sódio em massa, as pessoas submetidas à fluoretação dos campos nazistas nunca recuperaram-se mentalmente ou psicologicamente (PECKINS, 1954).

Em regiões onde há presença de reservas de fluorita, como em Mocambo e Boca do Mato, ao norte de Minas Gerais, tem sido encontrados casos de fluorose, de variados graus, especialmente onde os teores nas águas subterrâneas de algumas áreas variam entre 1,17 e 5,2 mg L<sup>-1</sup> F, sendo o mesmo observado em zonas rurais como nos distritos de Bom Jesus do Itabapoana, RJ, onde existem altas concentrações de flúor *in natura* nas águas (MENEASSE *et al.*, 2002; LOPES, 2005). A prevalência e severidade da fluorose foram verificadas e variaram de acordo com a região e a concentração de flúor encontrada, sendo que as formas mais severas foram encontradas em locais onde a fluorose era endêmica, devido às altas concentrações de flúor *in natura* nas fontes de água analisadas (ANDREAZZINI, 2005; LOPES, 2012).

O flúor, como qualquer substância em excesso, quando atinge níveis considerados tóxicos, pode produzir efeitos adversos, dependendo de sua ingestão, crônica, ou aguda, sendo que, a maior probabilidade é de ocorrer fluorose dentária ou, em casos mais graves, fluorose esquelética, dependendo do período de tempo e da concentração ingerida (LEVY, 1994). A presença observada em vários países, especialmente nas zonas rurais, de flúor *in natura*, evidencia uma preocupação em nível de saúde pública, pois o teor de flúor encontrado foi tão elevado que por si só já significava um fator de risco para a fluorose (LOYOLA RODRIGUEZ, 2000; LOPES, 2005; LOPES, 2012).

Segundo um estudo realizado na Índia em 1998 por Teotia *et al.*, foram observadas anormalidades ósseas em crianças que ingeriram altas concentrações de flúor da água local, considerada endêmica, verificando-se nas mesmas deformidades ósseas, fraqueza muscular e esquelética e até mesmo, invalidez, além de osteoradiodistrofia renal.

Outros estudos sobre a toxicidade do flúor em concentrações elevadas, alertam para outros problemas de saúde, como hipo ou hipertireoidismo, problemas relacionados ao crescimento em crianças, problemas gestacionais e infertilidade, problemas pulmonares graves, problemas cognitivos e neurotóxicos, carcinogênicos e de imunossupressão, lembrando-se que o flúor está presente não apenas nas águas, mas em alimentos, nos solos, no mar, no ar (especialmente onde se tem indústrias de alumínio, vidro e carvão), tornando a população cada vez mais suscetível à exposição a esse halogênio, apesar de o maior problema ainda ser o da presença, muitas vezes desconhecida nos aquíferos das regiões. Particularmente em países como a China e a Índia possuem uma grande concentração de flúor nas águas *in natura* pela presença de várias rochas que contêm flúor e com o tempo, são liberados nos lençóis freáticos, tornando-se um grave problema de saúde pública. Na Planície Alluvial Indo-Gangética, no distrito de Jamui, no estado de Bihar, foi realizado um estudo levando-se em consideração a época do ano e a localização das fontes de água

consumidas pela população. As elevadas concentrações de flúor encontradas nas águas devem-se principalmente à grande quantidade de rochas e processos ígneos presentes ao longo do aquífero. Das amostras coletadas e relacionadas com as rochas e liberação do íon flúor, 34% de todo aquífero apresentou equivalência para dosagens acima de 1,5 mg L<sup>-1</sup>, ou seja, mais do que o permitido pela Organização Mundial da Saúde, colocando portanto, a saúde da população em risco (KUMAR et al., 2019). Neste estudo foram considerados todos os outros prováveis riscos e fontes de fluoretos, portanto, mapas foram criados para ilustrar e identificar cada região, as devidas composições geológicas e geoquímicas e também as diferentes concentrações nos aquíferos demarcadas, podendo-se observar concentrações de flúor bem maiores que 1,5 mg L<sup>-1</sup>, salientando-se ser as únicas fontes estudadas e de consumo na população.

No Brasil, as principais jazidas que contém flúor sob a forma de minerais, e que podem ser dissolvidas pelo intemperismo dos solos brasileiros, levando a um acúmulo de flúor *in natura* (dentre eles a Fluorita, Fluorapatita e Criolita) encontram-se nos estados de Santa Catarina, Paraná e no estado do Rio de Janeiro, apesar de estados como Minas Gerais já apresentarem estudos sobre elevadas concentrações de flúor *in natura* em lençóis freáticos da região (MENEASSE *et al.*, 2002).

O Brasil dispõe do segundo maior sistema de fluoretação de águas de abastecimento público de todo o mundo, e possui um dos maiores contingentes populacionais de consumidores de dentifrícios fluoretados e boa parte da população está exposta a múltiplas formulações de produtos fluorados. Entretanto, diversos estudos e programas recelam que boa parte dos profissionais de saúde não está suficientemente informada sobre aspectos fundamentais da utilização dos fluoretos (BRASIL, 2009; BRASIL, 2010), Contudo, há áreas, principalmente em zonas rurais, em que a população está exposta a elevados níveis de flúor, ultrapassando os níveis de 1 mgF/L, sendo que a recomendação é que esse teor, como ótimo para consumo na água potável, seja entre 0,7 a 1,2 mg L<sup>-1</sup>.

Nos Estados Unidos, Canadá e Inglaterra foi relatado um aumento considerável na incidência de fluorose, tanto em áreas fluoretadas quanto em não fluoretadas, especialmente na dentição permanente (WARREN; LEVY, 1999), sendo que, além do problema estético que a ingestão excessiva de flúor pode ocasionar durante o desenvolvimento dentário, doses crônicas, acima de 1 mg L<sup>-1</sup>, geram problemas gastrointestinais como, náuseas, vômitos, dores abdominais e diarreia, devido à sua combinação com o ácido clorídrico do estômago, que é transformado em ácido hidrófluorídrico, altamente corrosivo (GUPTA; DESHPANDE, 1998).

Na fluoretação da água, os produtos mais frequentemente empregados no Brasil são o fluorsilicato de sódio e o ácido fluorsilícico, de acordo com a Norma ABNT-NBR 14725-2 (BRASIL, 2009). O fluorsilicato de sódio (Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>), embora utilizado, enquadra-se como perigoso ao ambiente aquático como agudo, categoria 3; toxicidade aguda oral, categoria 3; toxicidade para órgãos-alvo específicos; exposição repetida, categoria 1. O ácido fluorsilício (H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>) é classificado como perigo do produto químico, como de toxicidade aguda, oral, categoria 4; corrosão/irritação da pele, categoria 1A – 1C; lesões oculares graves/irritação ocular, categoria 1 Sistema de (ABNT NBR 14725:2/2009), e que pode reagir com alguns

metais, produzindo gás hidrogênio; incompatível com álcalis fortes, sólidos combustíveis e peróxidos orgânicos Toxicidade aguda – Oral – Categoria 4. Corrosão/irritação da pele – Categoria 1A – 1C. Lesões oculares graves/irritação ocular – Categoria 1. Toxicidade para órgãos-alvo específicos – Exposição única – Categoria 2. Toxicidade para órgãos-alvo específicos – Exposição repetida – Categoria 2. Sistema de classificação utilizado: Norma ABNT NBR 14725:2 / 2009 Adoção do Sistema Globalmente Harmonizado para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, ONU. Os produtos apresentam ainda outros perigos que não resultam em uma classificação: reage com alguns metais, produzindo gás hidrogênio. Incompatível com álcalis fortes, sólidos combustíveis e peróxidos orgânicos.

Dependendo da dose ingerida e da duração do tempo de exposição, o flúor pode se tornar mais tóxico, podendo acarretar em problemas ósseos (fluorose esquelética ou osteomalácia), nas articulações, desfazer a síntese de colágeno e levar à quebra do colágeno nos tecidos ósseos, músculos, tendões, pele, cartilagem, pulmões, rins e traquéia, causando um efeito destrutivo em vários tecidos no corpo. Doses acima de  $3,3 \text{ mg L}^{-1}$  foram evidenciadas como suficientes para provocarem deformidades ósseas que vão desde sifose até invalidez em pessoas de aproximadamente 48 anos de idade, nas quais o tecido ósseo formado já apresenta maior densidade e menor elasticidade, tornando-se mais suscetível à fraturas (CHOUBISA et al., 2001). O Ministério da Saúde (2010) já se pronunciava com relação às diretrizes de tratamento de raquitismo e osteomalácia, certificando e garantindo por meio de suas diretrizes o estabelecimento de tratamento adequado e conscientização das pessoas afetadas.

Outra questão associada à qualidade da água é o nível de pureza que estabelece o padrão de potabilidade para consumo humano (BRASIL, 2011) estabelecido pelo Ministério da Saúde (2011). Vale destacar que a primeira cidade brasileira a fluoretar o abastecimento de água foi a cidade de Baixo Guandú, no Espírito Santo, em 1953, sendo o então Serviço Especial de Saúde Pública (SESP) o responsável pela operacionalização do método (BRASIL, 2004).

## 5 CONCLUSÕES

Os efeitos benéficos do flúor são incontestáveis quando utilizado de maneira correta. Da mesma forma, e atualmente o que tem sido bastante estudado em vários países, porém já é de conhecimento há décadas, sua toxicidade também não pode ser negada, sobressaltando o risco direto à saúde. O Concentrações elevadas de flúor *in natura* foram encontradas nas águas subterrâneas, rios e minas de vários países, inclusive no Brasil, especialmente devido à grande variedade de rochas e processos ígneos ao longo dos lençóis freáticos. Há grande dificuldade em definir com precisão o teor de flúor existente nas diferentes fontes de água de consumo, principalmente por falta de análise das águas *in natura* ou pela dificuldade de análise laboratorial comprobatória da quantidade especificada. Sob o ponto de vista biológico e ambiental, as altas concentrações de flúor em fontes de águas subterrâneas têm sido um dos maiores problemas de saúde pública em vários países, destacando-se o Brasil, o que leva a sérios riscos na saúde humana. Além das fontes subterrâneas, devem ser considerados os aspectos geológicos, geoquímicos bem como a presença

de mineradoras e fábricas, especialmente de Alumínio e vidro, bem como de fertilizantes utilizados nas plantações, uma vez que o flúor está presente em concentrações variadas em locais próximos à população e devido aos lençóis freáticos e a possibilidade de fontes contaminantes que coloquem em risco a saúde da população ao ultrapassar os limites permitidos pela Organização Mundial da Saúde.

## REFERÊNCIAS

AHMAD S.; SINGH, R.; ARFIN, T.; NEETI, K. Fluoride contamination, consequences and removal techniques in water: a review. **Environ. Sci.: Adv.**, v.1, p. 620-661, 2022. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2022/va/d1va00039j> Acesso em 29 de janeiro de 2022.

ANDREAZZINI M.J; BERNARDINO R.; FIGUEIREDO; OTÁVIO A.B. LICHT. Comportamento Geoquímico Do Flúor Em Águas E Sedimentos Fluviais Da Região De Cerro Azul, Estado Do Paraná, Brasil, **Revista Brasileira de Geociências**, v.36 n.2, p.336-346. 2006.

BELL F.G. **Environmental geology: principles and practice**. Oxford: Blackwell Science. 1998. 594p.

BUENDIA O.C. **Fluoretação de águas: manual de orientação prática**. São Paulo: American Méd Editora. 1996. 74p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes da Política Nacional de Saúde Bucal** [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2004. Acesso em 20 fevereiro de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 1.469, de 29 de dez. 2000**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. Diário Oficial da União, 19 de jan 2001; Seção 1, p.18-22.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 209, de 23 de abril de 2010**. Estabelece o protocolo clínico e diretrizes terapêuticas – raquitismo e osteomalácia. [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/sas/2010/prt0209\\_23\\_04\\_2010.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/sas/2010/prt0209_23_04_2010.html).

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso 28 de agosto 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia de recomendações para o uso de fluoretos no Brasil** / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2009. 56 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Atenção à Saúde**. Secretaria de Vigilância em Saúde. SB Brasil 2010. Pesquisa Nacional de Saúde Bucal: resultados principais. Brasília: Ministério da Saúde; 2011. Acesso: 20 de fevereiro de 2023.

PERCKINS, C.E. Lee Foundation for Nutritional Research. Out 1954. Milwaukee Wisconsin. *In: The Use of Fluoridation in Mass Mind Control. Our advertises Representant Some of The Most Unique Products & Services on Earth*. **Rense.com**. Disponível em: <https://rense.com/general79/hd3.htm> Acesso em: 08 de fevereiro de 2023.

CHOUBISA, S.L.; CHOUBISA, L.; CHOUBISA, D.K. Endemic fluorosis in Rajasthan. **Indian J Environ Health**. v. 43, n. 4, p. 177-89, 2001.

EAGER, J.M. Denti, di chiaie teeth (Chiaie teeth). *In: MCCLURE, F.J. (Editor). Fluoride drinking Waters*. Maryland: USPHS; 1962. p.2.

FEJERSKOV, O.; MANJI, F.; BAEUM, V.; MOLLER, I.J. **Fluorose dentária: um manual para profissionais da saúde**. São Paulo: Livraria Editora Santos; 1994. 122p.



FERJANI, H.L.M.D.; ZOUAOUI, K.M.D.; MAATALLAH, KMD. Osteomalacia and Skeletal fluorosis: consequential or fortuitous association. **Journal of Clinical Rheumatology** 27(8S):p S873-S874, December 2021.

GREENWOOD, N. N.; EARNSHAW, A.; **Chemistry of the Elements** 2<sup>nd</sup> ed., Butterworth Heinemann: Oxford, 1997. p. 789-887. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-30414-6>

GUPTA, S.K.; DESHPANDE, R.D. **Depleting groundwater levels and increasing fluoride concentration in Villages of Mehsana District, Gujarat**. India: Cost to Economy and Health; 1998. 34p.

HU, Y.; YOU, M.; LIU, G.; DONG, Z. Distribuição espacial e risco potencial de flúor saúde de fluoreto em fontes de água potável subterrâneas de Huaibei, província de Anhui. **Sci Rep**, v. 1, p. 8371, 2021.

JELASH, R. Nazi's used Sodium Fluoride. April, 2008. Disponível em: <https://www.infonews.co.nz/news.cfm?id=17791> Acesso em 08 de fevereiro de 2023.

KEMPF, G.A.; McKAY, F.S. Mottled enamel in a segregated population. In: McCLURE, F.J. (Editor). **Fluoride drinking Waters**. 1930. USPHS; 1962. p. 2-10.

KIRSCH, P. **Modern Fluoroorganic Chemistry**, Wiley-VCH: Weinheim, 2013. 384p. <https://doi.org/10.1002/9783527651351>.

KUMAR, F; SING, R; VENKATESH, A.S.; UDAYABHANU, G.; SAHOO, P.R. Medical Geological assessment of fluoride contaminated groundwater in parts of Indo-Gangetic Alluvial plains. **Scientific Reports**, v.9, p.16243, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52812-3> Acesso em 07 de fevereiro de 2023.

LI, D.; GAO, X.; WANG, Y.; LUO, W. Diverse mechanisms drive fluoride enrichment in groundwater in two neighboring sites in northern China. **Environmental Pollution**. v. 237, p. 430–441, 2018.

LIU, Y.; JIN, M.; MA, B.; WANG, J. Distribution and migration mechanism of fluoride in groundwater in the Manas River Basin, Northwest China. **Hydrogeology Journal**, v. 26, p.1527–1546, 2018.

LOPES, S. O. **Análise do teor de flúor da água consumida pela população do município de Bom Jesus do Itabapoana-RJ**. Dissertação (Mestrado em Odontologia). 2005. 72 fls. Centro de Pós-Graduação/CPO São Leopoldo Mandic. Campinas – SP. 2005.

LOPES, S. O. **Prevalência de fluorose na população da zona rural do Município de Bom Jesus do Itabapoana – RJ**. Tese (Doutorado em Odontologia). 2012. 78 fls. Universidade Cruzeiro do Sul. São Paulo – SP. 2012.

LOYOLA RODRIGUEZ, J.P.; POZOS-GUILEN, A.J.; HERNANDEZ-GUERRERO, J.C. Fluorosis in primary dentition in a region with endemic water fluoride. **Salud Publica Mex**. v. 42, n. 3, p. 194-200, 2000.

McKAY, F.S.; BLACK, G.V. Mottled teeth an endemic developmental imperfection on the enamel of the teeth heretofore unknown in the literature of dentistry. **Dental Cosmos**. v.58, n. 2, p. 129-156. 1916.

MENEASSE, L.N.; FANTINEL, L.M.; KNAUER, L.G.; HORN, A.H.; DUPONT, H.S.J.B.; CASTRO, R.E.L. Flúor na água subterrânea e fluorose dental no município de São Francisco, Minas Gerais. *In*: **ANAIS...** Congresso Brasileiro de Geologia, 2002. 41, João Pessoa. p. 554.

MOHAMMADI, A.K; YOUSEF, M.; YASERI, M.; JALILZADEH, M.; MAVI, A.H. Skeletal fluorosis in relation to drinking water in rural areas of West Azerbaijan, Iran. **Scientific Reports**, v.7, n.17300, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-17328-8> Acesso em 01 de janeiro de 2022.

NARSINHA, A. Assessment and Mechanism of Fluoride Enrichment in Groundwater from the Hard Rock Terrain: A Multivariate Statistical Approach. **Geochemistry International**. v. 58, n.4, p. 456–471, 2020.

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

ONIFE, T; EDOKPAYI, J.N.; ODYIO, J.O. A review on the potential sources and health implications of fluoride in groundwater of Sub-Saharan Africa. **Journal of Environmental Science and Health, Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering**. V55(9), p.1078-93. 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10934529.2020.1770516> Acesso em: 02 de janeiro de 2023.

OPINYA, N.G.; VALDERHAUG, J.; BIRKELAND, J.M.; LOKKEN, P. Fluorosis of deciduous teeth and first permanent molars in a rural Kenyan community. **Acta Odontol Scand**. v.49, p. 197-202, 1991.

OZSVATH, D. Fluoride and environmental health: A review. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v.8, n.1, p.59-79. March 2008.

PECKHAM, S.; AWOFOESO, N.. Water Fluoridation: A critical review of the physiological effects of ingested fluoride as a public health intervention. **The Scientific World Journal**. Feb. 26. n. 2014. 293019. doi: 10.1155/2014/293019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3956646/> Acesso em: 20 de fevereiro de 2023.

SUDHIR, K.M.; PRASHANT, G.M.; SUBBA REDDY, V.V.; MOHANDAS, U.; CHANDU, G.N. Prevalence and severity of dental fluorosis among 13-to15-year-old school children of an area known for endemic fluorosis: Nagonda district of Andhra Pradesh. **J. Indian Soc Pedod Prev Dent**. v. 27, n. 4, p.190-196, 2009.

SURENDRA, A.; PAUWELS, H.; AHMED, S. Geogenic fluoride contamination in granitic hard rock aquifer, India. **International Geological Congress**. [citado 10 maio 2012]. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/33IGC/1257074.html>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.

TEOTIA, M.; TEOTIA, S.P.; SINGH, K.P. Endemic chronic fluoride toxicity and dietary calcium deficiency interaction syndromes of metabolic bone disease and deformities In India: year 2000. **Indian Journal of Pediatrics**, v.65, p.371-381,1998..

TOBILOBA O; JOSHUA N.E.; JOHN O. OdiyoGeochemical characterization and assessment of fluoride sources in groundwater of Siloam area, Limpopo Province, South Africa. **Scientific Reports**, v. 11, n. 14000, p.1-18, 2021. Disponível em: [www.nature.com/scientificreports](http://www.nature.com/scientificreports). Acesso em 25 de agosto de 2022.

UNICEF 2003. **UNICEF's position on water fluoridation**. Disponível em: [http://www.no-fluoride.com/Unicef\\_fluor.html](http://www.no-fluoride.com/Unicef_fluor.html). Acesso 28 de agosto de 2021.

VILLENA, R.S.; BORGES, D.G.; CURY, J.A. Avaliação da concentração de flúor em águas minerais comercializadas no Brasil. **Rev Saúde Pública**. v. 30, n. 6, p. 512-518, 1996.

WAUGH, D.T. Fluoride Exposure Induces Inhibition of Sodium/Iodide Symporter (NIS) Contributing to Impaired Iodine Absorption and Iodine Deficiency: Molecular Mechanisms of Inhibition and Implications for Public Health. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, v.16, n.6, p.1086, 2019,.

WARREN, J.J.; LEVY, S.M. Systemic fluoride: sources, amounts and effects of ingestion. *Dent Clin North Am.* v. 43, n. 4, p. 695-711, 1999.

WEDEPHOL, K.H. **Handbook of geochemistry**. Berlin: Springer-Verlage; New York: Heidelberg. v. 2, n. 4, p. 9K-1, 1974.

ZIMBRES, E. **Química da água subterrânea**. ABAS-RJ. 2003. Acesso 21 nov 2022 Disponível em: <http://www.meioambiente.pro.br/água/guia/química.html>.