862 - ADIÇÃO DE FLUORETO NO TRATAMENTO DE ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA NA SAÚDE BUCAL

Roberto Tadeu Pereira Moraes
UniBF Faculdade – Licenciatura em Química; Embasa, Técnico em Química

Endereço : Av. Afrânio Peixoto, 10. Paripe, Salvador- Ba. Tel.: (71) 999694995.
roberto.moraes@embasa.ba.gov.br

RESUMO: A bioquímica estuda os fenômenos químicos que ocorrem nos seres vivos. A fluoretação de água para consumo humano é estudada pela química e odontologia. A saliva é um sistema de tampões de pH próximo ao neutro. O esmalte dos dentes interage quimicamente com a saliva trocando íons, em sucessivas desmineralizações e remineralizações. Bactérias do meio bucal produzem ácido lático, que reduzem o pH para <5,5 e dissolvem o fosfato de cálcio que compõem o esmalte dos dentes, na forma de hidroxiapatita, formando as cavidades da cárie. O fluoreto da saliva reage com a hidroxiapatita do esmalte do dente, formando a flurapatita, que resiste até o pH=4,5. É possível adicionar fluoreto ao meio bucal por aplicações tópicas de substâncias fluoretadas. A ingestão de água fluoretada pode adicionar fluoreto ao meio bucal, favorecendo a formação de flurapatita, mais resistente e evitando a doença cárie. O ácido fluossilícico é a fonte de fluoreto mais usada para fluoretação de água para consumo humano. A química da fluoretação de água é ampla e alvo de muitos estudos. Empresas de tratamento de água mantêm controle rígido sobre a dosagem de flúor na água tratada. Alimentos naturais, industrializados e remédios possuem consideráveis teores de flúor. As doenças fluorose dentária e óssea são causadas por ingestão de doses excessivas de flúor. É possível retirar quimicamente o flúor de águas naturais para que se tornem próprias ao consumo humano. A universalização da educação para a saúde bucal pode tornar dispensável o uso de flúor na água tratada.
PALAVRAS-CHAVE: Água potável; Cárie; Fluoretação da água; Fluoreto; Tratamento de água.

INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - MECANISMOS DE PROTEÇÃO DO DENTE PELO FLUORETO

A bioquímica, como ciência que estuda as reações químicas que ocorrem nos organismos vivos, une, em diversos campos, a química e a biologia dos seres humanos (FERRI, 2018). Sua obrigatoriedade como disciplina basal nos cursos universitários da área de saúde decorre da sua importância e mostra a interdisciplinaridade entre a química e a biologia. Na saúde bucal, a química é estudada, sem contar as reações intracelulares, na manutenção dos tampões de pH, na osmolaridade dos fluidos, no metabolismo da flora residente e outros (HENZ et al., 2021) De grande importância para a saúde bucal é o equilíbrio químico que se dá entre os eletrólitos dos fluidos orais e os cristais do esmalte dentário, equilíbrio indispensável para a não ocorrência da doença cárie (ANJOS; FERNANDES, 2015).

Na interação entre os fluidos bucais e o esmalte dos dentes se dá intensa troca de íons em equilíbrio dinâmico, troca que é causada pela diferença de concentração desses íons nos fluidos e no esmalte dentário, em mecanismo de desmineralização e remineralização simultâneas, mediado quimicamente ainda pelo pH do meio (PINTO, 2019).

Segundo Buzalaf (2017), um desses mecanismos de desmineralização e remineralização envolve o íon fluoreto, que, depositado sobre o esmalte dentário de forma eficiente, torna essa estrutura dentária inerte a ácidos em pH acima de 4,5 unidades. Na presença de fluidos pobres em fluoreto, o esmalte começa a ser atacado por ácidos em pH acima de 5,5 unidades.

O fenômeno bioquímico de absorção do fluoreto pelo esmalte dentário teria como principal vetor a maior concentração desse íon nos fluidos bucais, e por reação química com substâncias presentes no esmalte, e com equilíbrio deslocado a favor da menor concentração, se daria a incorporação do fluoreto ao dente (REBELO, 2021). Esse aumento da concentração de fluoreto combinado no esmalte proporcionaria o aumento da resistência dessa estrutura ao ataque de ácidos presentes na cavidade bucal, formados bioquimicamente pela atividade metabólica de micro-organismos residentes ou então adquiridos pela dieta (BUZALAF, 2017).

O esmalte dentário é o tecido de maior dureza no corpo humano. É avascularizado (PINTO, 2019) e composto por 97% de cristais de fosfato de cálcio (Ca3(PO4)2) na forma de hidroxiapatita (Ca5(PO4)3OH). Como os fluidos bucais também contém íons de cálcio e fosfato, existe um equilíbrio dinâmico entre essas duas fases, e continuamente os fluidos bucais (a saliva) trocam íons como esmalte.

A reação química que rege esse fenômeno é esta (MOTA, 2020), onde a hidroxiapatita está na fase sólida, no esmalte dentário, e os íons cálcio e fosfato estão dissolvidos na saliva:

$$Ca5(PO4)3OH(s) + H^{+} \longleftrightarrow 5\ Ca^{+2}(aq) + 3\ (PO4)^{-3} + H2O$$

Por natureza, a saliva é uma solução tampão, em um indivíduo saudável, de pH próximo do neutro, entre 6,8 e 7,2. A manutenção dessa faixa de pH se deve à ação de três sistemas tampão: $HCO3^{-1}$ / H2CO3 , HPO4 / H2PO4 , além do MUCINATO/MUCINA, esse último devido a proteínas produzidas por glândulas salivares. A saliva, nessas condições, encontra-se supersaturada devido a sua composição básica, de íons cálcio e fosfato em relação ao esmalte, e fornecerá para este os íons em excesso (HENZ et al., 2021). O equilíbrio continuará dinâmico, com deposição de íons cálcio e fosfato no esmalte, na forma de hidroxiapatita, e saída de íons cálcio e fosfato para o meio aquoso bucal, recompondo a saliva (FERRI, 2013).

Esse equilíbrio ocorre até o pH 5,5. Abaixo desse valor, a dissolução da hidroxiapatita do esmalte dentário se acelera, com perda de fosfato e cálcio para a saliva. As consequências imediatas são a perda de espessura do esmalte, trazendo fragilidade, o aumento da rugosidade da sua superfície facilitando a aderência de filme biológico, e a formação de cavidades, proporcionando o início da doença cárie (FERRI, 2013; HENZ et al., 2021).

As causas dessa redução do pH seriam a dieta ácida inadequada (refrigerantes, cafeína,

alimentos processados etc.) e o ácido lático produzido pela fermentação de carboidratos, principalmente açúcar, por micro-organismos residentes da cavidade bucal, notadamente o *Streptococus mutans*. A imunidade do indivíduo e o tempo entre escovações sucessivas influenciariam também no processo (PINTO, 2019).

Observando a equação, vemos que a presença de ácidos no meio desloca o equilíbrio para a direita, decompondo o fosfato de cálcio e liberando íons solúveis. Esse fenômeno, em odontologia, é chamado de desmineralização (PINTO, 2019). Quando o pH volta aos níveis naturais, pela ação dos tampões salivares, a equação se desloca para a esquerda, depositando cálcio e fosfato no esmalte sob a forma de cristais de fosfato de cálcio, num fenômeno denominado remineralização (PINTO, 2019).

A presença de íons fluoreto no fluido bucal permite a reação química entre esse radical altamente reativo com a hidroxiapatita, formando a fluorapatita. A origem desses íons fluoreto pode ser natural (DiBERNARDO, 2021), obtida pela alimentação ou ingestão de água fluoretada e sua incorporação à corrente sanguínea e consequentemente também à saliva, ou então artificialmente, levado à boca pelos dentifrícios fluoretados ou aplicações tópicas em consultórios odontológicos, e também pela água fluoretada, sendo que a água fluoretada atuaria topicamente na boca e também seria absorvida pelo trato digestivo como alimento (REBELO, 2020).

Nessas condições, a equação de formação da fluorapatita seria:

$Ca5(PO4)3\ OH\ (s) + F^{-1}(aq) \longleftrightarrow Ca5\ (PO4)3\ F + OH^{-1}$

Observando-se a equação, percebe-se que a presença de ácidos na cavidade bucal não desloca o equilíbrio para a esquerda, dissolvendo a fluorapatita e formando a hidroxiapatita (que sequencialmente também seria dissolvida, levando à cárie), porque esse fenômeno só ocorre em pH abaixo de 4,5, fato que daria maior resistência ao esmalte a ataque de ácidos (PINTO, 2019).

A vantagem biológica da fluorapatita sobre a hidroxiapatita consiste na maior insolubilidade ($Ksp = 6.8x\ 10^{-37}$ para a hidroxiapatita e $Ksp = 1,0\ x\ 10^{-60}$ para a fluorapatita), mas também pela sua resistência ao ataque dos ácidos bucais. Os cristais de fluorapatita só começam a se dissolver com pH abaixo de 4,5, contra pH=5,5 da hidroxiapatita. Assim, a fluorapatita é mais resistente a ácidos e muito mais insolúvel que a hidroxiapatita. A substituição da hidroxiapatita pela fluorapatita confere ao esmalte maior resistência física, química e biológica (SILVA, 2020).

Existe ainda a formação de fluoreto de cálcio, que forma uma película insolúvel sobre o esmalte dentário ($Kps = 4,0x10^{-11}$), altamente isolante e protetora, segundo a reação:

$Ca10(PO4)6(OH)2(s) + 20F^{-1}(aq) \longleftrightarrow 10CaF2(s) + 6(PO4)3^{-1}(aq)$

A presença do íon fluoreto nos fluidos bucais age ainda sobre a atividade biológica das bactérias, desnaturando proteínas de parede, reduzindo sua aderência ao esmalte, inibindo proteínas relacionadas à produção de ácido lático, acionando proteínas bacterianas autolíticas, induzindo-as à apoptose e, devido a sua eletronegatividade, semelhante à da membrana das bactérias, criaria uma repulsa eletrostática entre o esmalte e a membrana celular das bactérias (FERRI, 2013; BUZALAF, 2017), reduzindo sua aderência.

1.2 - MODOS DE ACESSO AO FLÚOR

Em 1945, as águas de abastecimento público da comunidade de Grand Rapids, em Michigan, EUA, passaram a receber dosagens regulares e controladas de fluoreto, tornando essa cidade a primeira no mundo a reduzir a prevalência da doença cárie por meio de fluoreto, redução essa que chegou a 50 % (ANDRADE, 2015). No Brasil, a lei 6050, de 1974, regulamenta a adição de fluoreto na água de abastecimento, a cargo do Ministério da Saúde (BRASIL, 1975). Antes, a cidade de Baixo Gandu, ES, passou a receber água com flúor desde 1953.

A adição de fluoreto na água tratada é um método seguro, eficaz e tem baixo custo/benefício, pois acrescenta pouco valor financeiro ao preço final da água potável, estimado em 1,0 R$/ano/hab, e reduz em muito a prevalência da doença cárie (REBELO, 2021). Estima-se que essa redução atinja valores entre 50% e 65% nas populações que ingerem água fluoretada por dez anos da infância/adolescência.

Os odontólogos usam o código CPO-D para indicar a média da quantidade de dentes afetados em uma população, sendo C=cariados, P= perdidos (extraídos), O= obturados e D= dentes. Nos primeiros dez anos de implantação da fluoretação, o CPO-D no Brasil caiu de 8,6 para 3,7 (BLOEMER, 2022). O Brasil atingiu, em 2003, com um atraso de quatro anos, um índice CPO-D de 2,78 para a população de 12 anos de idade, valor sugerido pela Organização Mundial de Saúde, e em 2010 esse índice chegou a 2. Contribuiu para isso, em parte, o aumento do acesso de crianças e adolescentes à água fluoretada (FUNASA, 2012) e a dentifrícios com teor de flúor adequado (>1000 ppm). Presente na água que se bebe, o fluoreto chega universalmente a toda a população com acesso à água tratada. Nos Estados Unidos, para cada dólar gasto com fluoretação da água, são economizados 36 dólares no tratamento da cárie (BATALHA, 1984).

O uso tópico de fluoreto tópico é feito através escovação com dentifrícios ou em consultório odontológico por aplicação de solução enxaguatória, géis, vernizes e mouses ricos em flúor, diretamente sobre os dentes, com concentrações, equipamentos e tempo específicos (PINTO, 2019).

A Portaria 635/Bsb (BRASIL, 1975) recomenda esses produtos como doadores de íons fluoreto no tratamento de água: Fluossilicato de sódio (Na2SiF6), Fluoreto de sódio (NaF), Fluoreto de cálcio (CaF2) e também o Ácido fluossilícico (H2SiF6).

Exceto o ácido fluossilícico, todos esses produtos são apresentados como pós ou cristais, e necessitam ser transformados em solução para adição à água a ser tratada, demandando operações, equipamentos e tempo de preparo (SILVA, 2017). Por essas razões, o ácido fluossilícico é preferido para uso na maioria das estações de tratamento de águas no Brasil (FUNASA, 2012). A dissociação dessa substância, e por conseguinte a sua capacidade de doar íons fluoreto para o meio, é temperatura dependente, existindo tabelas (FUNASA, 2012), que relacionam a temperatura ambiente com sua dosagem ótima (TABELA 1).

TABELA 1

Tabela 1 – Concentração de fluoreto recomendada na água de beber em relação à temperatura média da cidade

Média das temperaturas máximas diárias do ar (°C)	Limites recomendados para as concentrações de íon fluoreto		
	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0 – 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 – 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 – 17,7	0,8	1,3	1
17,8 – 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 – 26,3	0,7	1	0,8
26,4 – 32,5	0,6	0,8	0,6

Fonte: Portaria nº 635/Bsb de 26 de dezembro de 1975

A própria FUNASA oferece a seguinte fórmula para cálculo dessa dosagem:

$$\text{Conc. F} = \frac{22{,}2}{10{,}3+0{,}725xT}$$

sendo T a média das temperaturas máximas diárias do local, no período de pelo menos um ano.

Na portaria 635/1975, que estabeleceu os padrões de flúor na água potável (BRASIL, 1975), não há menção a valor mínimo, sendo isso aparentemente uma brecha na legislação para que se proceda a não adição de flúor na água tratada, mas cita apenas “valores recomendados”, incluindo valores mínimos, máximos e ótimos para cada temperatura média.

No cálculo da dosagem, há que se levar em consideração a presença de fluoreto de origem natural na água bruta a ser tratada, que em algumas regiões do Brasil pode passar de 1,5 ppm (SOUZA, 2017; SILVA, 2020), apesar da média ser a metade desse valor.

1.3 - MÉTODOS DE ANÁLISE EM LABORATÓRIO

A análise dos teores de fluoreto em laboratório é feita por espectrofotometria com SPADNS, ou usando-se um eletrodo de íon específico para fluoreto.

Esses métodos são descritos e recomendados na publicação *Standard Methods* da *American Public Health Association*, APHA, de 2017 (citada por AGUIAR em 2019), sob os códigos 4500c, para a análise com eletrodo específico, para a faixa de 0,1 a 10,0ppm, e 4500d para a análise com SPADNS, para concentrações de até 1,4 ppm, no espectro visível. A maioria das companhias de águas e saneamento, se não todas, adota métodos domésticos (AGUIAR, 2019; BENEDET, 1999) adaptados à sua realidade.

Para os dois métodos, cor e turbidez são interferentes positivos, enquanto sulfato (200 ppm), alumínio (0,1 ppm) e ferro (10 ppm) são interferentes negativos. Cloro livre é interferente positivo e deve ser removido por redução com arsenito ou tiossulfato de sódio (AGUIAR, 2019; BENEDET, 1999).

É possível também obter-se bons resultados na análise de fluoreto pelo método de Scott-Sanchis, que usa o complexo alizarina-zircônio (EPA 340.3) como regente colorimétrico (FUNASA, 2012). Esse é método mais comum em pequenas estações de tratamento de água.

2 - DOENÇAS ASSOCIADAS À INTOXICAÇÃO CRÔNICA POR FLÚOR

2.1 - FLUOROSE DENTÁRIA

Na amelogênese ocorre a de formação do esmalte dentário. Nesse processo se desenvolve uma crescente e intensa mineralização do esmalte que está se formando, com substituição de proteínas, matéria orgânica, por cristais de hidroxiapatita, matéria mineral (CURY, 2001). A presença de altas concentrações de fluoreto inibe a ação de enzimas proteolíticas que agiriam sobre essas proteínas, absorvendo-as e dando espaço à mineralização do esmalte.

Não ocorrendo essa substituição, o esmalte se trona poroso e pouco mineralizado (SARI et al., 2004), advindo daí as manchas e fragilidade dos dentes acometidos por essa patologia, conhecida como fluorose dentária.

O ataque do fluoreto se dá sobre o germe dentário, o embrião do dente, e só ocorre durante a amelogênese, que pode durar dos 15 aos 30 primeiros meses de idade, período em que o esmalte dos dentes permanentes está sendo formado, apesar do ciclo de formação só se completar por volta dos 8 anos. Assim, para que ocorra a fluorose dentária, é preciso que haja exposição a excesso de fluoreto durante a primeira infância.

Segundo Cangussu et al. (2012), seria necessário concentrações maiores que 10 ppm na água potável para que o fluoreto atravessasse a barreira placentária a ponto de provocar fluorose dentária na dentição decídua.

A fluorose dentária se apresenta como leve quando apenas listras horizontais no esmalte, é dita moderada quando o esmalte fica marcado com manchas brancas ou marrons e é considerada severa quando há fraturas e má formação do esmalte (SARI et al., 2004). Uma classe não evolui para a outra, visto que a instalação da fluorose é pontual e permanente (FIGURA 1).

FIGURA 1- Vários graus de fluorose dentária

Fonte: wikimediacommons

A prevalência da fluorose dentária no Brasil está entre 10 e 40%, com citações de vários intervalos entre esses valores, e vem aumentando, mas há a predominância dos estágios leve e moderado da doença (SARI et al., 2004). Por se tratar de uma doença que tem origem no germe dentário, tem caráter permanente e atinge a dentição de crianças mesmo antes da erupção dos dentes decíduos (CANGUSSU et al., 2012).

Para uma comunidade em uso de água potável com níveis aceitáveis de flúor, de no máximo 1,5 ppm, a probabilidade da fluorose causar preocupação estética é de 0,12 % (PAIVA; CAROLINA, 2012).

2.2 - FLUOROSE ÓSSEA, OU ESQUELÉTICA

Essa patologia decorre do acúmulo de fluoreto em ossos devido a exposição crônica a altas doses de fluoreto, geralmente por ingestão de águas naturais. É uma doença endêmica na Índia, na China e em regiões da África, locais onde se usa largamente águas de poços profundos para consumo humano (SANTOS et al., 2017), cujo teor de flúor beira os 20 ppm. É uma doença incapacitante, que cursa com osteoporose, calcificação de tendões e de grandes vasos. Está associada a falhas no metabolismo do cálcio (BUZALAF, 2008; SOUZA, 2011). O mesmo mecanismo de mineralização e desmineralização, com introdução do fluoreto nas estruturas, que ocorre de forma benéfica nos dentes, se processa também nos ossos e tendões. A coluna vertebral é especialmente atacada, com soldadura das vértebras com esmagamento dos nervos que derivam da medula espinhal, e os ossos longos das pernas e braços arqueiam-se em geno varo ou geno vago, e suas articulações endurecem por calcificação dos tendões (FIGURA 2). Apesar de atingir principalmente idosos, crianças também podem ser acometidas.

FIGURA 2– Fluorose esquelética

Fonte: wikimediacommons.

Essa patologia tem os graus leve (assintomática), moderada, grave e muito grave, sendo que há a possibilidade de evolução de um grau para o outro, principalmente se não houver descontinuidade da exposição ao fluoreto (SAMPAIO, 2017). Cessando a exposição, há a possibilidade de remissão da doença.

Estima-se que seria necessário a ingestão diária de 10 a 25 ppm de fluoreto por 10 a 20 ou mais anos para o aparecimento da fluorose esquelética (NETTO et al., 2016).

Dezoito estudos chineses averiguaram a relação entre fluoreto e fratura de quadril em idosos. Dez estudos encontraram associação, enquanto oito descartaram a relação. Um dos estudos positivos só encontrou correlação quando a concentração avaliada subiu de 1 para 8 ppm de fluoreto.

Nos Estados Unidos há relatos de apenas 12 ocorrências até hoje. No Brasil, não há qualquer caso registrado da doença (SANTOS et al., 2017), mesmo em estudos realizados em áreas com águas naturais de alto teor de fluoreto, como a Paraíba (5,12 ppm) e Santa Catarina, com média de 5,6 ppm (PAIVA; CAROLINA, 2012).

3 - DEFLUORETAÇÃO DE ÁGUAS NATURAIS

É comum que águas naturais que poderiam servir de manancial para estações de tratamento já possuam uma concentração de fluoreto maior do que a recomendada para consumo humano. Esses mananciais são evitados quando possível, mas há métodos de eliminação desse fluoreto, considerado aqui como contaminante (SHIZATO et al., 2018).

O método de precipitação química é descrito por muitos autores como o meio ideal para tratamento de água e efluentes ricos em fluoreto (NETTO et al., 2016). Para pequenos volumes, carvão ativado ou resinas de troca iônica parecem resolver o problema, mesmo a altos custos. Para grandes vazões, a defluoretação consiste na adição de íons cálcio na forma de cloreto ou hidróxido, para a formação de fluoreto de cálcio, seguida da coagulação pela adição de íons alumínio e posterior floculação pela adição de polímeros e consequente sedimentação do complexo (ATKINS; JONES, 2011).

4 - OUTRAS FONTES DE FLÚOR

4.1 - FLUORETO EM MEDICAÇÕES INFANTIS

Como a prevalência da fluorose dentária tem aumentado tanto em regiões de consumo de água fluoretada como de não fluoretada (BARDAL, 2010), outras fontes de flúor devem ser

detectadas e mensuradas. Medicações infantis podem fornecer altas doses de fluoreto, sendo que a dose segura seria de 0,05 a 0,07mg de F/Kg de massa corpórea/dia (ANZAI, 2003). Alguns medicamentos comuns (muitos polivitamínicos) como Kalyamon B12 ®, que fornece 0,244 mgF/kg/dia, Epelin ©, com 0,046 mgF/kg/dia, ou Calcigenol ®, que fornece 0,064 mgF/kg/dia, podem ser fontes ocultas de flúor. Na maioria das bulas, a presença de fluoreto nas formulações não tinha finalidade clara (ANZAI, 2003). Os dentifrícios infantis precisam ter mais que 1 000 ppm de flúor para que possa cumprir seu papel no combate à cárie. Como a água no Brasil já é fluoretada, o uso de dentifrício fluoretados é desaconselhado, visto que eles são responsáveis por cerca de 80% da ingestão de flúor por crianças de 2 a 3 anos (LIMA; CURY, 2001).

4.2 - FLUORETO NOS ALIMENTOS

Alimentos naturais, como peixes, frutas e verduras contêm doses consideráveis de flúor. O aumento da prevalência da fluorose dentária, como já foi citado, foi atribuído não só à água fluoretada, mas também a remédios, dentifrícios e alimentos (BARDAL, 2010). Como exemplos temos o chá preto, com 302 microgramas por 100 gramas, o açúcar, com 21 microgramas por 100 gramas, ou o peixe, com 9 microgramas por 100 gramas.

Alguns alimentos industrializados contêm elevado teor de flúor em suas composições, que poderiam contribuir para que se alcance a dose máxima diária de ingestão (MAGALHÂES, 2018). Alguns achocolatados chegam a 119 microgramas por 100 gramas, e biscoitos recheados passam de 700 microgramas por 100 gramas. Ademais, os rótulos desses produtos não informam sobre esse teor.

Achocolatados e leite em pó se tornam especialmente preocupantes quando preparados com água já fluoretada. Também, o leite em pó integral, quando diluído com água não fluoretada, tem 44 microgramas por 100 gramas. Quando o mesmo produto é diluído com água de torneira, o teor de flúor salta para 141 microgramas por 100 gramas. Uma refeição de arroz com feijão proporcionaria 29% da dose limite diária de flúor, contra os quase 45 % dessa dose doados por alguns alimentos industrializados (BARDAL, 2010).

Agrotóxicos contaminam alimentos que são consumidos crus, e possuem quantidades consideráveis de flúor, em especial os da cultura da uva (BARDAL, 2010).

4.3 - REMÉDIOS PSICOTRÓPICOS E FLUORETO

Psicotrópicos são medicações que atuam no sistema nervoso central. São recomendados para se provocar alterações de comportamento e humor, atuando em patologias como ansiedade, depressão e falta de prazer e reduzindo estados eufóricos (LAUREANO et al., 2015). A sua capacidade de induzir calma e conformidade foi relacionada, como boato social, à presença de átomos de flúor nas suas moléculas. A simples observação da estrutura molecular dos principais psicotrópicos leva à conclusão de apenas uma parte deles possui tal condição (MAGALHÃES, 2018).

Entre as substâncias dessa classe é possível encontrar átomos de flúor nas seguintes medicações:

Flunitrazepam (Rohypinol ®), Haloperidol (Haldol ®), Trifluoperazine (Stelazine ®), Fluoxetina (Prozac ®), Flurazepam (Dalmadorm ®) e Midazolam (Midazolam ®).

Outros, também de nomes populares, não contêm flúor, como por exemplo:

Alprazolam (Frontal ®, Apraz ®), Lorazepam (Lorax ®), Sertralina (Zoloft ®), Clonazepam (Rivotril ®), Zolpidem (Stilnox ®), Venlafaxina (Effexor ®), Buspirona (Buspar ®), Diazepam (Valium ®, Ansiliv ®, Somaplus ®), Bromazepam (Lexotan ®) e Clorpromazina (Amplictil ®).

Também é sabido que nos campos de concentração da segunda guerra mundial era usado flúor na água dada aos prisioneiros para se obter conformismo e controle das massas. Mas a concentração de fluoreto nessas águas era da ordem de 1500 ppm, mais de duas mil vezes a concentração na água potável, apesar de não haver nenhum relato confiável a respeito.

OBJETIVOS

Demonstrar os efeitos da adição de fluoreto na água tratada por empresas de saneamento com a saúde bucal da população usuária; Prospectar as fontes comuns de fluoreto que poderiam aumentar a dose diária ingerida por essa mesma população.

METODOLOGIA UTILIZADA

Essa revisão de literatura selecionou artigos científicos em português publicados entre 2000 e 2022 nas bases de dados Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES/MEC e Biblioteca Eletrônica Scielo e livros físicos da biblioteca da Universidade Estácio, usando palavras-chave para busca: Água potável; Cárie; Fluoretação da água; Fluoreto; Tratamento de água. De 96 artigos e livros encontrados, 60 foram desconsiderados por não serem contemporâneos ou fugir objetivamente do tema, e 36 aproveitados.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A fluoretação da água para consumo humano pode trazer benefícios à população que a consome. De baixo custo, segura e eficiente, a adição de compostos fluoretados à água reduz a prevalência da doença cárie (MOTA, 2020). A interação entre química e odontologia fica evidente pela quantidade de reações químicas e conceitos que estão envolvidos nos fenômenos relacionados à formação da cárie e dos princípios que podem evitá-la.

As reações químicas que regem esses fenômenos envolvem a química inorgânica mineral, quando apresenta cristais de fosfato de cálcio na forma hidroxiapatita sendo dissolvidos por ácido lático, ou a formação de fluroapatita a partir do fluoreto presente na saliva e obtido por alimentação ou ingestão de água tratada com fluoreto (BUZALAF, 2017).

Por outro lado, a química orgânica aparece quando bactérias fermentam carboidratos produzindo ácido lático como fruto do seu metabolismo, ou então quando o fluoreto age como tóxico e desnatura suas proteínas. A ação do ácido lático sobre o fosfato de cálcio presente no esmalte é a principal causa da sua corrosão e permite a instalação da doença cárie (FUNASA, 2012).

O custo financeiro da fluoretação da água se apresenta baixo, acrescentando pouco valor ao produto final (RODRIGUES et al., 2021), principalmente se forem considerados os benefícios à saúde da população, que tende a ser beneficiada universalmente, já que o fluoreto é acrescentado a um produto de acesso fácil e comum (NEVES et al., 2022).

Como alimentos naturais, industrializados e remédios podem contribuir com a dose máxima diária de flúor, eles devem ser considerados no cômputo da dose ingerida, apesar dessa contribuição ser mínima.

A água fluoretada é capaz de reduzir, em média, 35% da prevalência da cárie em dentes decíduos e 26% em dentes permanentes (PAIVA; CAROLINA, 2016).

Magalhães (2018) lembra que o Centro de Prevenção e Contole de Doenças dos Estados Unidos, CDC, considerou a fluoretação da água potável como um dos dez principais fatores a favor da saúde coletiva no século 20. A educação para a saúde bucal poderia levar à descontinuidade da adição de flúor na água potável, mas esse é um processo temporal, e seria necessário primeiro a educação, para depois suspender a fluoretação.

Assim, a fluoretação de água para consumo humano contribui com a odontologia como fator importante para a redução da prevalência da doença cárie, e a continuação dos estudos nessa área pode ajudar no desenvolvimento de novas técnicas e materiais (NEVES et al., 2022).

A fluoretação de águas para consumo humano tem trazido benefícios às populações que as usam, por redução da prevalência da doença cárie. Trata-se de um método seguro, eficaz e barato para fornecer essa substância a toda população, igualitariamente.

A educação para a higiene bucal poderia promover a suspensão da fluoretação obrigatória da água potável.

A produção e uso de compostos fluoretados para esse uso tornou-se uma grande indústria,

com métodos químicos e equipamentos especiais, sendo alvo de muitos estudos. Sua interação com a odontologia é também estudada na bioquímica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, ACQ. Validação de metodologia analítica: determinação de fluoretos em água tratada- Método SPADNS. Repositório Institucional da Universidade Rural de Pernambuco. Disponível em www.repository.ufrpe.br. Acesso em 22 de março de 2023.

ANDRADE, SC. 70 anos de fluoretação da água de abastecimento público requer debate. Revista Ciência e Cultura vol 67 no.2. São Paulo, Abr/Jun 2015. Disponível em www.cienciaecultura.bsv.br/Scielo. Acesso em 10 de março de 2023.

ANJOS, GAS; FERNANDES, GF. Fluoretação de água de abastecimento público: um resgate histórico. Revista Odontologia Clínico-Científica (online) vol.14 no.1. Recife. Jan/Mar 2015. Disponível em www.revodonto.bvsalud.org. Acesso em 14 de março de 2023.

ANZAI, A. Concentração de flúor em medicamentos pediátricos e risco de fluorose dentária. USP. Faculdade de odontologia de Bauru: Bauru, 2003. Disponível em www.teses.usp.br. Acesso em 18 de março de 2023.

ATKINS, PW; JONES, L. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5º ed. Ed. Bookman: Porto Alegre, 2011.

BARDAL, PAP. Vigilância sanitária das concentrações de flúor em produtos alimentares. USP. Faculdade de Saúde Pública: São Paulo, 2010. Disponível em www.teses.usp.br. Acesso em 18 de março de 2023.

BATALHA, BL. Aspectos históricos e técnicos de fluoretação das águas. Revista DAE. São Paulo, v.44, n. 136: 1984.

BENEDET, HD; FERREIRA, R. Comparação de Métodos para determinação de flúor. B. CEPPA: São Paulo, 1999; v. 17, n.1. Disponível em www.revistas.ufpr.br. Acesso em 6 de março de 2023.

BLOEMER, DE. Riscos e benefícios da utilização de flúor na primeira infância. Universidade do Sul de Santa Catarina. Disponível em www.repositorio.animaeducacao.com.br: Tubarão, 2022. Acesso em 24 de fevereiro de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 685/Bsb, de 25 de dezembro de 1975. Aprova as normas e padrões sobre a fluoretação de águas dos sistemas públicos de abastecimento destinados ao consumo humano. Diário oficial da união, 1975b. Disponível em www.planalto.gov.br. Acesso em 10 de março de 2023.

BUZALAF, MAR. Bioquímica básica e bucal. 1° ed. Ed Santos: São Paulo, 2017.

CANGUSSU, D et al. Fluorose dentária e seus mecanismos etiopatogenéticos: uma atualização. Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Montes Claros. Disponível em www.efdeportes.com. Acesso em 5 de março de 2023.

CURY, JA. Uso do flúor e controle da cárie como doença. In: Odontologia restauradora- Fundamentos e possibilidades. Ed. Santos: São Paulo, 2001.

CURY, JA. Manipulando o flúor com segurança. USP. Disponível em www.forp.usp.br. Acesso em 10 de março de 2023.

DiBERNARDO, L et al. Tratabilidade da água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. 1º ed. Ed LDiBe: São Carlos, 2021.

FERRI, VC. Bioquímica. Ed UFSM: Pelotas, 2013. Disponível em www.ufsm.br. Acesso em 14 de março de 2023.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual de fluoretação da água para consumo humano/ Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2012.

GARBIN, CAS et al. Fluoretação de águas de abastecimento público e abordagem bioética, legal e política. Revista Bioética. 2017;25(2):328-37. Disponível em www.revistabioetica.cfm.org.br. Acesso em 8 de março de 2023.

HENZ, SL et al. Tópicos em bioquímica e microbiologia bucais. 2º ed. Ed. UFRGS: Porto Alegre, 2021.

LAUREANO, FRC et al. Medicamentos psicotrópicos: uso, prescrição e controle. Rev. Goiana de Medicina: Goiânia, v.47, n.1, 2015. Disponível em www.repositorio.bc.ufg.br. Acesso em 26 de fevereiro de 2023.

LIMA, YBO; CURY, JA. Ingestão de flúor por crianças pela água e dentifrícios. Rev. Saúde Pública: São Paulo, v.35, n.6, p.576-581, 2001.

MAGALHÃES, HIC. Efeitos do flúor na saúde humana. Universidade Fernando Pessoa. Fac. Ciên. Saúde: Porto, 2018. Disponível em www.bdigital.ufp.pt. Acesso em 14 de fevereiro de 2023.

MOTA, MRL et al. Manual de fluoretação. Repositório.ufc.br: Fortaleza, 2020. Disponível em www.ufc.br. Acesso em 12 de março de 2023.

NETTO, JPGM et al. Gênese, ocorrência e tecnologias de tratamento para o excesso de flúor na água subterrânea, com ênfase na região metropolitana de São Paulo. XIX Congress. Bras. De Águas subterrâneas. Disponível em www.abas.org. Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

NEVES, ES et al. Educação como ferramenta contra a doença cárie. Revista Multidisciplinar em Saúde-Anais do ii Congresso brasileiro de Saúde Pública on-line vol. 4, n. 1. São Paulo, 2022. Acesso em 12 de março de 2023.

PAIVA, SM e CAROLINA CM. Água fluoretada: o que e tem de evidências científicas. Faculdade de odontologia da UFMG, 2016. Disponível em www.odonto.ufmg.br. acesso em 12 de março de 2023.

PINTO, ACG. Manual de odontopediatria.12º ed. Ed GEN: São Paulo, 2019.

REBELO, MAB. A fluoretação das águas de abastecimento público: uma análise a partir do princípio da equidade. Revista Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia: Rio de Janeiro, 8 (4), 93-100. Disponível em www.visaemdebate.incqs.fiocruz.br. Acesso em 26 de fevereiro de 2023.

RODRIGUES, ABT et al. O panorama de fluoretação das águas de abastecimento público. Revista Pan-Amazônica de Saúde. Vol. 12. Jul/2021. Ananindeua, 2021. Disponível em www.revista.iec.gov.br. Acesso em 11 de março de 2023.

SAMPAIO, FC et al. Fluorose óssea: conhecimento de uma população acerca da doença. Revistas eletrônicas UFMT. Disponível em www.seer.uftm.edu.br: Montes Claros, v.5, 2017.

SANTOS, CCL; BEZERRA, RM; OLIVEIRA, ABM; FIGUEIREDO, CGG. Fluorose esquelética em idosos: uma revisão sistemática. Congresso Internacional de Envelhecimento Humano. Disponível em www.cieh.com.br, vol 19. São Paulo, 2011. Acesso em 16 de março de 2023.

SARI, GT; TOVO, MF; FELDENS, EG; FARACO Jr, IM. Fluorose dentária no Brasil: quadro epidemiológico atual. Rev. Ibero-am. Odontopeditria odontol. Bebe: São Paulo, v.7(38): 387-394.

SILVA, KMS. Descrição das tecnologias de tratamento de água no Brasil. 1º ed. Ed IFECT/PB: Cajazeiras, 2020.

SHIZATO MC et al. Método de remoção de íons fluoreto em água. Rev. Inst. Geo. de São Paulo: São Paulo, 39(2), 71-89, 2018.

SOUZA, CFM. Metabolismo do flúor e do cálcio em indivíduos residentes em uma área de fluorose endêmica. Repositório Institucional da UFPB. Disponível em www.repositorio.ufpb.br. Acesso em 10 de março de 2023.

SOUZA, WA. Tratamento de água. 1º ed. Ed CEFET/RN: Natal, 2017.