



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

V Congresso Online Nacional de Química, 1ª edição, de 27/03/2023 a 30/03/2023
ISBN dos Anais: 978-65-5465-023-6 DOI: 10.54265/BDCS6568

Elaine Souza das Neves¹, Roberto Tadeu Pereira Moraes², Luciana Cerqueira Batista dos Santos³

¹Universidade Estácio – Bacharelado em Odontologia

²UniBF Faculdade - Licenciatura em Química

³UNEX Feira de Santana – Bacharelado em Odontologia

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 láctico, que reduzem o pH para <5,5 e dissolvem o fosfato de cálcio que compõem o esmalte dos dentes, na forma de hidroxiapatita. 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.

PALAVRAS-CHAVE: Água potável; Cárie; Fluoretação da água; Fluoreto; Tratamento de água.

1 INTRODUÇÃO

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).

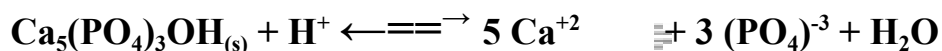
Segundo BUZALAF (2017), um desses mecanismos de desmineralização e remineralização envolve o íon fluoreto, que, depositado sobre o esmalte dentário de forma eficiente, torna essa estrutura dentária inerte a ácidos em pH acima de 4,5 unidades. Na presença de fluidos pobres em fluoreto, o esmalte começa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

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.

O esmalte dentário é o tecido de maior dureza no corpo humano. É avascularizado e composto por 97% de cristais de fosfato de cálcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) na forma de hidroxiapatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$). 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, onde a hidroxiapatita está na fase sólida, no esmalte dentário, e os íons cálcio e fosfato estão dissolvidos na saliva:



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: $\text{HCO}_3^- / \text{H}_2\text{CO}_3$, $\text{HPO}_4 / \text{H}_2\text{PO}_4$, 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. 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.

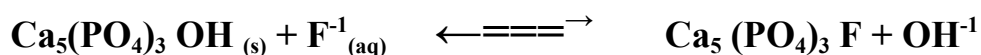
Esse equilíbrio ocorre até o pH 5,5. Abaixo desse valor, a dissolução da hidroxiapatita do esmalte dentário se acelera, com perda de fosfato e cálcio para a saliva. As consequências imediatas são a perda de espessura do esmalte, trazendo fragilidade, o aumento da rugosidade da sua superfície, facilitando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

As causas dessa redução do pH seriam a dieta ácida inadequada (refrigerantes, cafeína, alimentos processados etc.) e o ácido láctico produzido pela fermentação de carboidratos, principalmente açúcar, por micro-organismos residentes da cavidade bucal. A imunidade do indivíduo e o tempo entre escovações sucessivas influenciariam também no processo.

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. 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.

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, obtida pela alimentação ou ingestão de água fluoretada e sua incorporação à corrente sanguínea e conseqüentemente também à saliva, ou então artificialmente, levado à boca pelos dentifrícios fluoretados e 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.

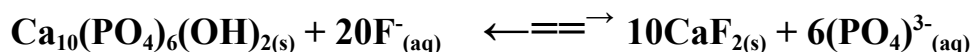
Nessas condições, a equação de formação da fluorapatita seria:



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

A vantagem biológica da fluorapatita sobre a hidroxiapatita consiste na maior insolubilidade ($K_{sp} = 6,8 \times 10^{-37}$ para a hidroxiapatita e $K_{sp} = 1,0 \times 10^{-60}$ para a fluorapatita), mas principalmente 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.

Existe ainda a formação de fluoreto de cálcio, que forma uma película insolúvel sobre o esmalte, segundo a reação:



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

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 e reduz em muito a prevalência da doença cárie. Estima-se que essa redução atinja valores entre 50% e 65% nas populações que ingerem água fluoretada por dez anos da infância/adolescência.

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, sugerido pela Organização Mundial de Saúde. 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.

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

A Portaria 635/Bsb (BRASIL, 1975) recomenda esses produtos como doadores de íons fluoreto no tratamento de água: Fluossilicato de sódio (Na_2SiF_6), Fluoreto de sódio (NaF), Fluoreto de cálcio (CaF_2) e também o Ácido fluossilícico (H_2SiF_6).

Exceto o ácido fluossilícico, todos são apresentados como pó ou cristais, e necessitam ser transformados em solução para adição à água a ser tratada, demandando operações e equipamentos e tempo de preparo. Por essas razões, o ácido fluossilícico é preferido para uso na maioria das estações de tratamento de águas no Brasil. 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, e temperaturas mais baixa exigem maiores teores.

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.

2 OBJETIVOS

Realizar uma revisão bibliográfica sobre os reflexos, na saúde bucal, causados pela adição de fluoreto no tratamento de água para consumo humano.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Essa revisão de literatura selecionou artigos científicos em português publicados entre 2012 e 2022 nas bases de dados Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES/MEC e Biblioteca Eletrônica Scielo, usando palavras-chave para busca: Água potável; Cárie; Fluoretação da água; Fluoreto; Tratamento de água. De 32 artigos e livros encontrados, 16 foram desconsiderados por não serem contemporâneos ou fugir objetivamente do tema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

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. 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 evita-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 láctico, ou a formação de fluoroapatita a partir do fluoreto presente na saliva e obtido por alimentação ou ingestão de água tratada com fluoreto.

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

O custo financeiro da fluoretação de água se apresenta baixo, acrescentando pouco valor ao produto final, principalmente se forem considerado 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.

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.

5 CONCLUSÕES

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, igualmente.

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

ANDRADE, SC. 70 anos de fluoretação da água de abastecimento público requer debate. Cienc. Cult. 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. Odontol. Clín.-Cient. (online) vol.14 no.1. Recife. Jan/Mar 2015. Acesso em 14 de março 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. 1º ed. Ed Santos: São Paulo, 2017.

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. Rev. Bioét. 2017;25(2):328-37. Acesso em 8 de março de 2023.

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

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

NEVES, ES et al. Educação como ferramenta contra a doença cárie. Anais do ii Congresso brasileiro de Saúde Pública on-line, 2022. 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. Vigil. Sanit. Debate. 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. Rev. Pan-Amaz. Saúde. Vol. 12. Jul/2021. Ananindeua, 2021. Acesso em 11 de março de 2023.

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

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