

Fluoretação da água potável: Uma revisão bibliográfica *Drinking water fluoridation: a bibliographic review*

Marise Wilsmann Krützmann¹, Daiane Bolzan Berlese¹, Daniela Montanari Migliavacca Osório¹, Aline Belém Machado¹, Dusan Schreiber¹, Vanusca Dalosto Jahno¹

¹ Universidade Feevale, Rio Grande do Sul, Brasil

Todos autores contribuíram de forma igualitária

Contato: linebmachado@hotmail.com

Palavras-Chave

flúor
água fluoretada
efeito tóxico
neurotóxico

Key-word

fluorine
fluoridated water
toxic effect
neurotoxic

RESUMO

A maioria das pessoas tem uma associação positiva do flúor vinculada à prevenção de cáries. No entanto, muitos cientistas se opõem à fluoretação por haver indícios de ser prejudicial à saúde e ao ambiente. O objetivo foi analisar se a extensão dos efeitos adversos à saúde com a ingestão sistêmica de água fluoretada é uma questão preocupante para a sociedade. O estudo de revisão foi realizado na base de dados no Science Direct, Scielo, Pubmed, Scopus, Portal Capes, e consultas em livros e revistas, a partir de meados do século XX, antes do início da fluoretação, aos dias atuais. Os resultados demonstram que a toxicidade do flúor pode causar inúmeras doenças e, principalmente, ocasiona redução de QI em crianças. Além disso, o declínio mundial da cárie ocorreu em áreas fluoretadas e não fluoretadas. As evidências indicam que a fluoretação da água potável é prejudicial à saúde e necessita ser revista, especialmente no que concerne a sua recomendação no Brasil. A pesquisa científica sobre os efeitos adversos do flúor e sinergismos com outros poluentes, especialmente os emergentes, é muito importante e precisa ser enfatizada.

ABSTRACT

Most people have a positive association of fluoride with caries prevention. However, many scientists oppose fluoridation because there is evidence of being harmful to health and to the environment. The objective was to examine whether the extent of adverse health effects with systemic intake of fluoridated water is a matter of concern for society. The review was carried out in Science Direct, Scielo, Pubmed, Scopus, and Portal Capes database, and consultations in books and magazines, from the mid-twentieth century, before the beginning of fluoridation, to the present day. The result demonstrated that fluoride toxicity can cause numerous diseases and, mainly, cause IQ reduction in children. In addition, the worldwide decline of caries occurred in both fluoridated and non-fluoridated areas. Evidence indicates that fluoridation of drinking water is harmful to health and needs to be reviewed, especially regarding to its recommendation use in Brazil. Scientific research on the adverse effects of fluoride and synergisms with other pollutants, especially emerging ones is very important and needs to be emphasized.

Informações do artigo

Recebido: 12 de outubro, 2019

Aceito: 04 de novembro, 2019

Publicado: 28 de dezembro, 2019

Introdução

A associação positiva do flúor com a prevenção de cáries prevalece na sociedade desde que a fluoretação da água potável foi adotada em 1945 nos Estados Unidos (NRC, 2006).

Essa prática foi seguida por alguns países, como o Brasil, que passou a adotar a fluoretação da água potável em 1953, sendo transformada em lei a partir de 1974 (BRASIL, 1974). As evidências dos efeitos tóxicos do flúor sobre a saúde, além da comprovação do declínio das taxas de cáries em todos os países mais desenvolvidos que foram analisados, mesmo naqueles que não fluoretam suas águas (NRC, 2006; BFS, 2012; WHO, 2012) são parte da polêmica que fomenta essa controvérsia científica.

A origem do flúor adicionado na água potável consiste em um composto fluoretado tóxico, também denominados de Sif's, proveniente da indústria de fertilizantes e que ainda transporta numerosos elementos perigosos tais como arsênio, cromo, mercúrio e chumbo (DENZINGER, KONIG e KRUGER, 1979; LOUREIRO, MONTE e NASCIMENTO, 2008).

A fluoretação da água foi uma decisão que aliou um destino comercial com uma solução ambiental para o problema desses resíduos tóxicos (GLASSER, 1998; CONNETT, BECK e MICKLEM, 2010; EPA, 1980) e as pesquisas toxicológicas que evidenciavam os efeitos adversos na saúde foram negligenciadas à população (WALDBOTT, 1965; BRYSON, 2006).

A toxicidade do flúor ficou evidente a partir de tragédias ambientais ocorridas no início do século XX com o início da industrialização causando muitos danos aos seres vivos e ao ambiente atingindo especialmente determinadas classes de trabalhadores mais expostos à fluoretos (ROHOLM, 1937a, 1937b; CARSON, 1962).

A recomendação de especialistas ao EPA (Agência de Proteção Ambiental - *USA Environmental Protection Agency*) é de reverem a Meta de Nível Máximo de Contaminantes (MCLG) para o fluoreto, sugerindo que o único nível seguro de flúor na água potável é zero, adotado quando há evidências de um produto químico causar câncer, como no caso de chumbo e o arsênio (NRC, 2006; KO e THIESSEN, 2015; SPITTLE, 2014).

A ingestão sistêmica de flúor causa fluorose (manchas nos dentes) e câncer ósseo (osteossarcoma) (quando acima de 1,0 mg/L) (LEWIS e BANTING, 1994; CANGUSSU et al., 2002; BASSIN et al., 2006; NRC, 2006; OZSVATH, 2009; REDDY, 2009; KHARB, SANDHU e KUNDU, 2012; DENBESTEN e LI, 2011; PHE, 2018).

A exposição ao flúor também interfere na função tireoidiana, predispondo ao estresse oxidativo e provocando o envelhecimento precoce (YIAMOUIYANNIS, 1983; 1990; SHIVARAJASHANKARA et al., 2002; NRC, 2006; RAVULA et al., 2012).

Estudos também comprovam que o fluoreto atravessa a barreira hemato-encefálica, é cumulativo na glândula pineal e causa redução do quociente de inteligência (QI) em crianças, que são especialmente vulneráveis à exposição de flúor durante o desenvolvimento do cérebro (GEERAERTS et al., 1986;

SHIVARAJASHANKARA e SHIVASHANKARA, 2012; MULLENIX et al., 1995; ZHAO et al., 1996; LUKE, 2001; COLBORN, DUMANOSKI e MYERS, 1996; THIESSEN, 2011; VALDEZ-JIMÉNEZ et al., 2011; VANDENBERG et al., 2012; GRANDJEAN e LANDRIGAN, 2014; MULLENIX, 2014; PECKHAM, LOWERY e SPENCER, 2015; HIRZY et al., 2016; PAIN, 2017; BASHASH et al., 2017; 2018).

Sendo uma questão importante que envolve a saúde pública, este estudo visa analisar os fatores envolvidos na discussão global sobre a fluoretação da água.

Material e Métodos

Este estudo foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica focada em publicações relacionadas com as implicações da fluoretação da água através dos efeitos tóxicos e adversos do flúor na saúde e no ambiente. Pesquisamos a literatura disponível no *Science Direct*, *Scielo*, *PubMed*, *Scopus*, Portal Capes, e consultas em livros e revistas. Essa revisão de literatura considerou os artigos científicos encontrados em sistemas de banco de dados com as palavras-chave: flúor, água fluoretada, efeito tóxico, neurotóxico. O período abrangido foi uma perspectiva histórica e evolutiva a partir do século XX antes do início da fluoretação até os dias atuais. O critério de inclusão dos temas bibliográficos foi realizado através dos títulos e resumos de artigos e trabalhos científicos, tendo sido selecionados 157 como mais relevantes, dos quais 98 foram considerados para esse estudo, que foram separados em tópicos.

Resultados e Discussões

O contexto da fluoretação da água potável

No início do século XX, descobriu-se que o fato de muitas pessoas de Colorado Springs (EUA) possuírem os dentes com manchas esbranquiçadas ou marrons, conhecida como fluorose, era decorrente da água natural, que nessa região continha níveis elevados de flúor. A constatação de que essas pessoas também tinham uma baixa incidência de cáries, estabeleceu a relação com o flúor (McKAY; BLACK, 1916; McKAY, 1928).

Essa descoberta desencadeou pesquisas odontológicas e toxicológicas que serviram de base para encontrar a melhor relação entre a dose de flúor com capacidade de prevenir as cáries e/ou provocar a fluorose dentária. Essa proporção foi determinada por Henry Trendley Dean, funcionário do United States Public Health Service (PHS) como sendo de uma parte por milhão (1 ppm ou 1 mg.L-1) (DEAN, 1933; DEAN e ELVORE, 1936; DEAN, 1938; 1942; 1943).

O programa da fluoretação da água para prevenção de cáries foi inicialmente proposta por Cox (COX, 1939) e foi iniciada em 1945 em Grand Rapids, Michigan, nos Estados Unidos com a adição de 1 mg.L-1 de flúor, limite tênue entre ser benéfico (cáries) ou prejudicial (fluorose) (DEAN, 1943). No Brasil a fluoretação da água também foi adotada, como por diversos outros países, iniciando em 1953, em Baixo Guandu/ES (NRC, 2006).

O entusiasmo com os resultados dessa prática fez com que o Center for Disease Control and Prevention (CDC) dos Estados Unidos proclamasse a fluoretação da água uma das 10 grandes conquistas de saúde pública do século XX (CDC, 1999a; ADA, 2005).

A legislação da fluoretação da água potável no Brasil

A legislação federal sobre a fluoretação da água pública no Brasil está baseada na Lei 6050 de 1974 que determina no seu Art. 1º:

“Os projetos destinados à construção ou a ampliação de sistemas públicos de abastecimento de água, onde haja estação de tratamento, devem incluir previsões e planos relativos à fluoretação da água, de acordo com os requisitos e para os fins estabelecidos no regulamento desta Lei.” (BRASIL, 1974, Art. 1º).

A regulamentação da Lei 6050/1974 é realizada pela Portaria Federal nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (atualização PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX), que aprova as normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano (BRASIL, 2011). Essa Portaria trata das características físico-químicas da água e, no tocante à concentração do íon fluoreto, os valores recomendados devem observar a Portaria nº 635/GM/MS de 26 de dezembro de 1975, não podendo ultrapassar o Valor Máximo Permitido (VMP) de $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$ (BRASIL, 1975).

No entanto, em virtude da dimensão do país e das diversidades climáticas, cada estado brasileiro estabelece seus limites de flúor na água, em função da variação da temperatura local conforme determina a legislação (BRASIL, 1974). No estado do Rio Grande do Sul a Portaria Estadual nº. 10/1999, da Secretaria de Estado da Saúde, define os teores de concentração do íon fluoreto nas águas para consumo humano fornecido pelo Sistema Público de Abastecimento, sendo que as concentrações de VMP devem seguir um padrão mínimo $0,6 \text{ mg.L}^{-1}$ e o máximo $0,9 \text{ mg.L}^{-1}$ (PORTARIA, 1999).

Flúor: um composto tóxico na água potável

O flúor (F) é um halogênio presente na natureza em forma de fluoreto e altamente reativo, sendo o 13º elemento mais abundante na crosta terrestre (JASINSKI, 2016). A indústria de fosfato é a base para a fabricação de fertilizantes, alumínio e urânio que gera resíduos tóxicos e poluentes, sendo o flúor um subproduto desses processos (EPA, 1979; SCHMIDT, KUPPENS e ROBINSON, 1995; LOUREIRO, MONTE, e NASCIMENTO, 2008; SILVA e GIULIETTI, 2010; JASINSKI, 2016).

A demanda desses produtos requerida pela expansão industrial e nuclear na época da II Guerra Mundial era intensa, exigindo a liberação de milhões de toneladas de flúor no meio ambiente, no ar, no solo e nos recursos hídricos (DENZINGER, KONIG e KRUGER, 1979). A complexidade dos minérios de fosfato é que virtualmente todos os elementos, mesmo em traços, são encontrados nestes minerais, tais como o cádmio, mercúrio, cromo, arsênio, chumbo, selênio e urânio

(LOUREIRO, MONTE, e NASCIMENTO, 2008). Os controles de poluição obrigatórios e alterações em matérias-primas ricas em flúor iriam exigir custos elevadíssimos às empresas e ao governo dos EUA e a decisão da fluoretação da água veio atender aos interesses das empresas e do governo americano (GLASSER, 1998; BRYSON, 2006). Esta medida foi apoiada pela Agência de Proteção Ambiental (EPA, 1979) e considerada como uma adequada solução ambiental (EPA, 1980; PETITION, 2013).

A fluoretação foi iniciada com o composto farmacêutico fluoreto de sódio (NaF) mas desde 1947, por questões econômicas e de disponibilidade, foi introduzido o hexafluossilicato de sódio (Na_2SiF_6) e atualmente é utilizado essencialmente o ácido fluossilícico (H_2SiF_6), ambos designados vulgarmente por silicofluoretos (SiFs) (HIRZY et al., 2013). SiFs acompanham várias impurezas tais como poluentes e elementos de traço de chumbo e arsênio (PETITION, 2013). Efeitos sinérgicos devido à corrosão dos canos de chumbo na água expõem as pessoas aos danos neurotóxicos da combinação de produtos químicos de desinfecção e fluoretação (nos padrões estabelecidos legalmente) (WENG, SMITH e HUNTLY, 2000; COPLAN et al., 2007; HIRZY et al., 2013).

Na cidade de Amesbury (EUA), os moradores optaram, em 2009, por eliminar a fluoretação pela presença de um resíduo desconhecido em seus sistemas de água, causando obstruções nos encanamentos e pelas preocupações com a incapacidade de medir a quantidade de flúor que as autoridades estavam adicionando à água potável. A China, que é o maior produtor de fosfato no mundo, fornecia o fluoreto utilizado para o programa de fluoretação (ROSENBERG, 2011).

Embora a fluoretação da água resulte em uma variedade de exposições de contaminantes potenciais, tem sido dada pouca atenção à relação custo-efetividade e muitos dos possíveis impactos estão sendo menosprezados (HIRZY et al., 2013; KO e THIESSEN, 2015).

Impactos ambientais com flúor

A intoxicação por flúor e seus malefícios causou uma série de tragédias ambientais que foram desencadeadas em decorrência da industrialização do início do século XX

Em 1930, Meuse Valley em Engis, Bélgica, ficou coberta com uma névoa tóxica de fluoreto por três dias e causou milhares de doentes e a morte de 60 pessoas e no estudo dos efeitos em trabalhadores afetados pelo desenvolvimento industrial do início do século XX (ROHOLM, 1937b).

Em 1943, um misterioso herbicida apareceu nas águas dos reservatórios das Montanhas Rochosas de Denver (USA) onde o corpo químico do Exército produziu armamento de guerra e uma fábrica produziu herbicida. Esse fenômeno foi ocasionado pela presença de diferentes agentes poluentes que, reunidos no ambiente, e em determinadas circunstâncias de luz e calor, reagiram e causaram o produto tóxico que provocou diversas patologias nas pessoas, nos animais e danos nas lavouras da redondeza (CARSON, 1962).

Em 1948, outra tragédia com emissões de flúor no processamento de urânio da U.S.Steel Company ocorreu em Donora, Pensilvânia, onde uma névoa amarelada e acre de cinco dias matou 20 pessoas e metade dos 13.500 moradores ficou doente (BRYSON, 2006; HAMILL, 2008).

Na década de 1960 a 1975, a reserva indígena dos Mohawks de St. Regis de Nova Iorque e Canadá foi arruinada pela poluição industrial de flúor causando a desolação do rebanho, matando culturas e árvores, fazendo desaparecer abelhas e aves. Ironicamente, o nome dessa comunidade é Akwesasne que significa "terra onde a perdiz tamborila" (GRIFFITHS, 1992).

Em 2015 a cidade de Flint (EUA) que abriga a sede da General Motors, que despejou seus resíduos por mais de 100 anos no Rio Flint, foi vítima de um escândalo quando decidiram usar a água do rio como fonte de abastecimento na substituição do fornecimento da cidade vizinha, causando a contaminação da população por chumbo devido à corrosão dos canos (RUCKART et al., 2019), fenômeno que é agravado pela ação do flúor adicionado à água pública (MASTER e COPLAN, 1999; MAAS et al., 2007; COPLAN et al., 2007; HIRZY et al., 2013).

Produtos baseados em flúor (Sifs) foram usados como inseticidas e em venenos para ratos, com doses letais orais agudas em animais de laboratório comparáveis ao arsênio e ao chumbo (WENG, SMITH e HUNTLY, 2000; BRYSON, 2006; CONNETT, BECK e MICKLEM, 2010; HIRZY et al., 2013; MERCK, 2014).

Um importante marco para a conscientização ambiental sobre as consequências das emissões tóxicas de resíduos industriais foi a obra "Silent Spring" de Rachel Carson publicado em 1962 (CARSON, 1962). Na Inglaterra em 1956 foi aprovada a Lei do Ar Puro e a partir da década de 1960-70 na América do Norte e em diversos países da Europa Ocidental, novas leis foram aprovadas com a regulamentação de medidas de contenção de resíduos baseados em flúor pelos efeitos adversos para a saúde (WALDBOTT, BURGSTHALER e MCKINNEY, 1978).

A toxicidade do flúor

A toxicidade do flúor foi desvendada por Kaj Roholm a partir de desastres ambientais causados pelo desenvolvimento industrial (ROHOLM, 1937a, 1937b).

Em 1986, a EPA estabeleceu uma meta máxima de nível de contaminantes (MCLG) de 4 mg/L e um nível de contaminante máximo secundário (SMCL) de 2 mg/L para fluoreto na água potável. Estes valores de exposição são orientações para áreas que estão contaminadas ou têm altas concentrações de fluoreto natural.

O padrão regulatório para a água potável é o nível máximo de contaminantes (MLC), que é fixado o mais próximo possível do MCLG, com a utilização da melhor tecnologia disponível. Para o fluoreto, o MCL é o mesmo que o MCLG de 4 mg/L. Se houver evidência de que um produto químico pode causar câncer e não há dose abaixo da qual o produto químico é considerado seguro, o MCLG é ajustado em zero.

O MCLG para o arsênio e para o chumbo é zero. Em 1993, o comitê do National Research Council (NRC) revisou os efeitos sobre a saúde do fluoreto constatando que mais pesquisas seriam necessárias para preencher lacunas de dados sobre a exposição total ao fluoreto e sua toxicidade. Para tanto, foi convocado o Comitê de Fluoreto em Água Potável, que foi encarregado de revisar os dados toxicológicos, epidemiológicos e clínicos sobre o flúor e os dados de exposição sobre o fluoreto oralmente ingerido de diversas fontes, como: água potável, alimentos, produtos de higiene dental, resultando no relatório de 2006 que faz recomendações para o EPA rever o MCLG e MCL para fluoreto (NRC, 2006).

Essa revisão científica do comitê para fluoreto e sua adequação para proteger as crianças e outros de efeitos adversos à saúde, indicou que esse padrão de fluoreto não protege a saúde humana contra a fluorose dentária grave, fluorose esquelética e risco aumentado de fraturas ósseas solicitando mais estudos (NRC, 2006; THIESSEN, 2013). De acordo com outros pareceres técnicos, o MCLG do EPA para o flúor na água potável que é 4 mg.L⁻¹, deveria ser 0,1 mg.L⁻¹, embora a evidência sugira que o nível seguro de flúor na água potável é zero (SPITTLE, 2014). Isto é consistente com a classificação da toxicidade do flúor entre chumbo e arsênio, ambos com MCLG na água potável de zero (WHO, 2014; PAIN, 2017).

O Departamento de Saúde Pública dos EUA, Health and Human Services (HHS) estabelece a quantidade de flúor no abastecimento de água potável. Os níveis haviam sido estabelecidos entre 0,7-1,2 mg.L⁻¹, dependendo da temperatura local, mas em janeiro de 2011, o HHS propôs reduzir a concentração ótima recomendada para 0,7 mg.L⁻¹ (HHS, 2011). Quando bebemos água com 1 mg.L⁻¹ (1 ppm) de fluoreto estamos consumindo 1 mg de fluoreto com cada litro de água. No Brasil o padrão de potabilidade da água é regulado pela Portaria nº 2914/2011 e o Valor Máximo Permitido (VMP) é de 1,5 mg.L⁻¹ para o flúor (BRASIL, 2011). No entanto, cada estado pode estabelecer o seu padrão.

A ação do flúor na saúde bucal

O combate às cáries está relacionado ao poder de atração dos íons flúor ao esmalte, a camada dura e branca que recobre os dentes. De acordo com Fagin (2008), a ação do flúor sobre o esmalte dos dentes é diferenciada quando não há a presença de flúor e com fluoreto. O mineral primário do esmalte é a hidroxiapatita, cristal composto de cálcio, fósforo, hidrogênio e oxigênio.

Quando restos alimentares se depositam entre os dentes, as bactérias consomem o açúcar e excretam ácido láctico, que pode abaixar o pH da boca o suficiente para dissolver a hidroxiapatita. Se a taxa de dissolução é mais rápida do que a taxa de remineralização (a deposição de íons cálcio e fosfato no esmalte, a partir da saliva), então as cáries se formarão nos dentes. A aplicação local de fluoreto nos dentes tem dois efeitos. Primeiro, os íons flúor substituem alguns dos grupos hidroxila das moléculas de hidroxiapatita, criando cristais de fluorapatita, que são um pouco mais resistentes ao ácido excretado pelas bactérias.

Segundo, o fluoreto na superfície dos dentes serve como catalisador que intensifica a deposição de cálcio e fosfato, remineralizando o esmalte danificado e combatendo a cárie (FAGIN, 2008).

O fato de o flúor ser incorporado e afetar a mineralização de ossos e dentes não demonstra que é um elemento indispensável para o corpo, pois embora o chumbo, o mercúrio e cádmio partilharem esta propriedade, este fato não os torna nutrientes essenciais (WALDBOTT, BURGSTÄHLER e MCKINNEY, 1978). Na década de 1980 ficou estabelecido que a ação do flúor sobre a cárie é principalmente por seu efeito tóxico, pela ação direta sobre o esmalte do dente predominantemente após a erupção e placa dental, e não sistêmico (CDC, 1999b; WARREN e LEVY, 2003; BUZALAF et al., 2011). A desnutrição pode tornar os indivíduos mais vulneráveis à cárie dentária, uma vez que o efeito anticárie do fluoreto é dependente do teor de cálcio e magnésio do esmalte dos dentes (WASZKIEL et al., 2004; SADASHIVAMURTHY; DESHMUKH, 2012). Traços de flúor são benéficos na prevenção da cárie dentária, ocorrendo localmente na boca e osteoporose, mas a ingestão prolongada, especialmente através da água potável, causa efeitos prejudiciais (SHIVARAJASHANKARA e SHIVASHANKARA, 2012; PECKHAM e AWOFESO, 2014).

A fluoretação no mundo e no Brasil

Os efeitos nocivos na saúde possuem um papel relevante para a não adoção da fluoretação da água potável na maioria dos países. Os dados mundiais de 2012 da pesquisa realizada pela British Fluoridation Society (BFS, 2012) retratados na Tabela 1, mostram que aproximadamente 378 milhões de pessoas bebem água artificialmente fluoretada, sendo que juntos, EUA (~51%) e Brasil (~20%), contribuem com mais de 70% (BFS, 2012).

As nações mais desenvolvidas, incluindo Alemanha, França, Dinamarca, Finlândia, Bélgica, Japão, Itália, Islândia e Áustria, não adicionam flúor à água, na Europa Ocidental 97% da população bebem água não-fluoretada e aproximadamente 90% do Reino Unido e Espanha também não fluoretam a água (EIDELWEIN, 2010; BFS, 2012).

No Brasil os mais de 73 milhões de pessoas que consomem água fluoretada estão concentrados principalmente no Sul e Sudeste do país e nas demais capitais brasileiras (EIDELWEIN, 2010) e alcançam aproximadamente 41% da população (BFS, 2012).

Algumas cidades brasileiras estão revendo a prática da fluoretação ou nem chegaram a implementá-la. No estado de Pernambuco a água pública não está sendo fluoretada na grande maioria das cidades. O argumento para essa decisão do poder público não está muito clara, mas haveria um pensamento que seria desperdício de recursos financeiros. A Assembleia Legislativa do estado de Pernambuco, no entanto, está cobrando das autoridades uma posição a esse respeito e pede o cumprimento da legislação federal e estadual, conforme publicação no Diário Oficial em 25 de setembro de 2019 (PERNAMBUCO, 2019).

A cidade de Itabira, no estado de Minas Gerais, interrompeu a fluoretação da água distribuída a população em 2017 devido às evidências científicas que liga o fluoreto a riscos para a saúde pública (ITABIRA, 2017). Por seus efeitos colaterais na saúde, a necessidade e a continuidade dessa prática estão no cerne de questões polêmicas.

Tabela 1 - Países que fluoretam a água

País	Nº de pessoas tomando água fluoretada artificialmente	% da população
Argentina	3.100.000	19%
Austrália	17.600.000	80%
Brasil	73.200.000	41%
Brunei	375.000	95%
Canadá	14.260.000	44%
Chile	11.800.000	70%
Coréia do Sul	2.820.000	6%
Espanha	4.250.000	11%
Estados Unidos	194.600.00	64%
Fiji	300.000	36%
Guatemala	1.800.000	13%
Guiana	45.000	62%
Hong Kong	6.968.000	100%
Irlanda	3.250.000	73%
Israel	5.270.000	70%
Líbia	400.000	22%
Malásia	20.700.000	75,5%
Nova Zelândia	2.330.000	61%
Panamá	520.000	15%
Papua Nova Guiné	102.000	2%
Peru	500.000	2%
Reino Unido	5.797.000	11%
Sérvia	300.000	3%
Singapura	5.080.000	100%
Vietnã	3.500.000	4%
TOTAL:	369.656.000	5%

Fonte: BFS (2012)

Efeitos na saúde com a ingestão sistêmica de flúor

O impacto do flúor na saúde humana mostrou-se evidente pela exposição dos trabalhadores de criolita ao flúor (por contato e inalação) onde a maioria (84%) desenvolvia fluorose esquelética e 22% deles tinham sintomas neurológicos como cansaço excessivo, sonolência, indisposição, dor de cabeça e vertigem (ROHOLM, 1937a). George Waldbott, um médico alergista de Michigan, relatou a propriedade do flúor no desenvolvimento de uma síndrome crônica com a capacidade de causar distúrbios em vários órgãos e tecidos do corpo humano, tais como articulações, ossos, gastrintestinais, endócrinas e tecido reprodutivo (WALDBOTT, 1956).

Estudos sobre os efeitos do flúor no sistema nervoso central com a adição de flúor na água pública foram solicitados e conduzidos pelo toxicologista Harold Hodge, que trabalhava no Projeto Manhattan, e foi realizado em crianças da cidade de Newburgh (1945 a 1955), mas os registros de seus resultados desapareceram, e os eventuais efeitos nocivos para as pessoas não foram considerados e/ou suficientemente divulgados para a sociedade (WALDBOTT, BURGSTAHLER e MCKINNEY, 1978; GLASSER, 1998).

A fluorose dentária é um distúrbio caracterizado por manchas brancas e/ou marrons no esmalte dos dentes, sendo o aspecto mais visível e evidente da exposição sistêmica ao fluoreto em excesso durante a formação dos dentes, afetando a estética (NARVAI, 2000). Observa-se um aumento da prevalência da fluorose em vários países (DENBESTEN e LI, 2011) inclusive no Brasil, onde a incidência da fluorose foi indicada como um problema de saúde pública (CANGUSSU et al., 2002). Nos EUA foi identificada uma elevação tanto da gravidade como na prevalência de fluorose (33% a mais em regiões com água fluoretada e cerca de 9% sem água fluoretada) (LEWIS e BANTING, 1994). Em diversas localidades brasileiras foram encontrados níveis elevados de fluorose dentária como na cidade de Amparo/SP (KOMATI e FIGUEIREDO, 2013) e em Passo Fundo/RS, onde a prevalência de fluorose dentária no grupo estudado foi de 32,8% (RIGO et al., 2010). No Hospital de Aeronáutica de Canoas /RS um estudo confirmou que a fluorose dentária pode servir como um indicador dos distúrbios de saúde com a ingestão sistêmica de flúor (DOMINGOS, 2009).

Existe uma relação dos índices de flúor ingeridos com a incidência de fluorose óssea que torna os ossos mais frágeis, aumentando a incidência de rupturas e a prevalência de câncer nos ossos (osteossarcoma) (NRC, 2006; OZSVATH, 2009; PHE, 2018). O estudo de Kharb, Sandhu e Kundu (2012) mostrou que o fluoreto no soro foi significativamente mais elevado em pacientes com osteossarcoma em comparação ao grupo controle. Bassin et al. (2006) reportaram que níveis elevados de flúor foram associados a um risco aumentado de câncer ósseo, demonstrando um pico na faixa etária de 6 a 8 anos, durante a fase de crescimento na infância. Na Índia sessenta milhões de pessoas vivem em cerca de 200 distritos que são endêmicos para fluorose esquelética, sendo que cerca de seis milhões de indianos estão incapacitados devido a ossos mais frágeis e um décimo deles pode desenvolver sequelas neurológicas (REDDY, 2009). Pessoas com disfunção renal acumulam mais flúor nos ossos e são mais vulneráveis aos seus efeitos (WIMALAWANSA, 2016).

Flúor é classificado como um desregulador endócrino ligado ao hipotireoidismo, obesidade e diabetes, mesmo em doses baixas (padrão do EPA de 4 mg.L-1) (NRC, 2006; VANDENBERG et al., 2012; PAIN, 2017). De acordo com Vandenberg et al. (2012) o dogma tradicionalmente aceito na toxicologia de que "a dose produz o veneno" não é mais aceitável a partir dos estudos de produtos químicos desreguladores endócrinos (EDCs) que desafiaram esses conceitos, porque os EDCs podem ter efeitos em doses baixas que não são previstos por efeitos em doses mais altas. Milhões de pessoas podem ter a função tireoidiana reduzida e estão mais predispostos ao

estresse oxidativo e ao envelhecimento precoce devido à exposição ao fluoreto (YIAMOUYIANNIS, 1983; 1990; SHIVARAJASHANKARA et al., 2002; RAVULA et al., 2012).

Na tireoide, para a produção dos hormônios T3 e T4, o iodo é fundamental (WALDBOTT, BURGSTAHLER e MCKINNEY, 1978).

O fluoreto tem a capacidade de competir com os átomos de iodo nos hormônios T3/T4, interferindo com a função tireoidiana e ter efeitos ainda mais devastadores quando associada com deficiência de iodo (TENNANT, 2008). Com ingestão inadequada de iodo durante a infância, o cérebro da criança pode ser permanentemente danificado, incluindo retardo mental, e sendo a deficiência de iodo uma epidemia em todo o mundo, torna-se uma preocupação de saúde pública (BROWNSTEIN, 2014).

Flúor é um veneno sistêmico (PAIN, 2017). Traços de fluoreto são benéficos na prevenção da cárie dentária e osteoporose, mas em longo prazo via ingestão sistêmica, especialmente através da água potável, causa efeitos nocivos (SHIVARAJASHANKARA e SHIVASHANKARA, 2012). Viver em comunidades com água tratada com SiFs é associado à prevalência de crianças com elevação de chumbo no sangue (MASTERS e COPLAN, 1999, MASTERS et al., 2000).

Embora a fluoretação da água resulte em uma variedade de exposições de contaminantes potenciais, tem sido dada pouca atenção à relação custo-efetividade e muitos dos possíveis impactos estão sendo menosprezados (HIRZY et al., 2013; KO e THIESSEN, 2015).

Em torno de 1980 foi descoberto que o flúor atravessa a barreira hemato-encefálica (GEERAERTS et al., 1986) e pode causar efeitos adversos sobre as células do cérebro, nos neurotransmissores, metabolismo, enzimas, status oxidante e antioxidante e efeitos adversos gerais em funções mentais, prejudica a geração de energia e inibe a síntese de proteínas (COLBORN, DUMANOSKI e MYERS, 1996; SHIVARAJASHANKARA e SHIVASHANKARA, 2012).

Desde 2006 os estudos epidemiológicos sobre a lesão do flúor no desenvolvimento mental ganharam impulso com o relatório sobre a toxicidade do flúor do National Research Council (NRC) dos Estados Unidos sugerindo ao EPA o estabelecimento de novos parâmetros de fluoreto na água pública para a proteção da saúde (NRC, 2006), aumentando a controvérsia sobre a fluoretação da água.

Os efeitos neurotóxicos do flúor durante o desenvolvimento do cérebro incluem o efeito cumulativo sobre a glândula pineal e na redução do QI, tornando as crianças mais vulneráveis à exposição (MULLENIX et al., 1995; ZHAO et al., 1996; LUKE, 2001; THIESSEN, 2011; VALDEZ-JIMÉNEZ et al., 2011; VANDENBERG et al., 2012; MULLENIX, 2014; PECKHAM, LOWERY e SPENCER, 2015; PAIN, 2017; BASHASH et al., 2017). Deficiências do desenvolvimento neurológico, incluindo autismo, transtorno de déficit de atenção e hiperatividade, dislexia e outras deficiências cognitivas, afetam milhões de crianças em todo o mundo e produtos químicos industriais, incluindo flúor, estão causando um aumento da frequência dessas anomalias (GRANDJEAN e LANDRIGAN, 2014; PAIN, 2017; BASHASH et al., 2018).

A controvérsia sobre a fluoretação

A maioria dos estudos que mostra uma correlação entre um QI inferior com a ingestão de flúor elevado vem da China e da Índia que possuem muitas regiões com alta concentração de flúor e áreas endêmicas de fluorose com um risco para anomalias do desenvolvimento da inteligência (NRC, 2006; TANG et al., 2008; SAXENA, SAHAY e GOEL, 2012). Choi et al. (2012) relataram que crianças expostas a elevados teores de flúor na água (0,88 a 11,0 ppm) têm escores de QI mais baixos do que aqueles que vivem em áreas de baixa exposição (0,20 a 1,0 ppm). Outro relevante estudo realizado na China por Wang et al. (2012) mostrou uma clara relação dose-resposta entre a dose diária de flúor e QI reduzido. Usando as técnicas padrão por Hirzy et al. (2016) com estes dados foi demonstrado que uma dose de 1,4 mg/dia reduziu o QI em 5 pontos.

O desenvolvimento neurocognitivo da prole também é prejudicado em exposição pré-natal ao flúor, como mostrado em um estudo de Bashash et al. (2017), financiado por três agências de governo dos EUA (EPA, NIS e NIEHS), onde as mulheres grávidas do México com a exposição a níveis mais elevados de flúor foi associado com menor pontuação nos testes de função cognitiva na prole na idade de 4 e 6-12 anos, com uma redução de QI em aproximadamente 6 pontos.

O alumínio é conhecido como uma toxina que tem sido implicado em vários distúrbios neuropatológicos e associado com a doença de Alzheimer (PERL, 2006; WALTON, 2009; TOMLJENOVIC, 2011), e esse efeito é explicado numa relação com o flúor, como demonstrado por diversos estudos. O flúor produz alterações bioquímicas e funcionais prejudiciais no cérebro humano em desenvolvimento (LU et al., 2000) e sugere-se que o mecanismo de ação seja através de uma ligação entre o fluoreto e o alumínio que podem mimetizar as ações das proteínas G que desempenham um papel relevante no funcionamento do cérebro em muitos neurotransmissores, hormônios e fatores de crescimento e produzir efeitos farmacológicos e toxicológicos nas células humanas (STRUNECKÁ e PATOCKA, 1999; STRUNECKÁ, BLAYLOCK e PATOCKA, 2012).

Além disso, a literatura existente informa as consequências neurológicas e diminuição da inteligência em crianças, associados à exposição a flúor e arsênio na água potável (ROCHA-AMADOR et al., 2007) e também com outros metais pesados como chumbo (MASTERS e COPLAN, 1999; MASTERS et al., 2000; MULLENIX, 2014). Grandjean e Landrigan (2014) adicionaram o flúor à lista de neurotóxicos com base na quantidade de consistentes estudos dos efeitos adversos conhecidos e sobre as funções cerebrais.

Apesar de relevantes estudos como de Bashash et al. (2017) evidenciarem os efeitos do flúor nas funções neurológicas, o relatório de monitoramento da saúde para a Inglaterra, emitido em 22 de março de 2018 publicou que “o QI não foi considerado um resultado prioritário de saúde para a inclusão” (PHE, 2018, p. 23). Essa omissão foi observada por parte da comunidade científica que está preocupada com os efeitos danosos do flúor na saúde e na redução de QI em crianças (FAN, 2018).

Uma das questões polêmicas sobre a fluoretação da água potável está baseada na complexidade de determinar a ingestão diária de uma pessoa, considerando diversas fontes como água, comida e creme dental com flúor (YIAMOUYIANNIS, 1990; LEVY e GUHA-CHOWDHURY, 1999).

Uma dose de 0,07 mg de fluoreto/dia/kg de peso corpóreo tem sido aceita clinicamente como limite superior a ser respeitado para risco de fluorose dental (BURT, 1992). O fluoreto está amplamente difundido na natureza, dificultando identificar sua origem, dentro da dieta, e sua presença e quantidade dependem de aspectos regionais, havendo alimentos que reconhecidamente são ricos em fluoreto, como bebidas à base de chá preto (HAYACIBARA et al., 2004). Um estudo foi realizado na cidade de Piracicaba/SP por Casarin et al. (2007) que avaliou a concentração de fluoreto encontrada no prato típico brasileiro, composto de arroz e feijão. O resultado mostrou que, embora nos grãos utilizados a concentração tenha sido baixa, a concentração aumentou 100-200 vezes após cozimento em água fluoretada (CASARIN et al., 2007), evidenciando uma das facetas da complexidade em determinar a quantidade de flúor que uma pessoa consome diariamente. Estudos no Canadá e Nova Iorque indicam que a ingestão de flúor total é uma média de 1-2 mg/dia em áreas não-fluoretadas e 3-5 mg/dia em áreas fluoretadas (ROSE e MARIER, 1977; FEATHERSTONE e SHIELDS, 1988). Com a determinação das concentrações de flúor de milhares de produtos realizados por Levy, Warren e Broffitt (2003), foi possível fazer estimativas da quantidade de flúor ingerido por crianças e adultos, e com base nesses resultados, os autores sugerem a necessidade de rever parâmetros de fluoretação. A disseminação do uso de pasta dental e fontes de alimentos com suas variadas concentrações de flúor que são o segundo maior contribuinte para exposição (NRC, 2006), refletem uma tendência mundial onde as taxas de cáries diminuíram tanto em países com água fluoretada e países não-fluoretados (COLQUHOUN, 1993; 1997; CONNETT, BECK e MICKLEM, 2010; WHO, 2012).

A oposição à adição de flúor na água potável inclui inúmeros cientistas e também profissionais de Odontologia, como Hardy Limeback de Toronto, Canadá e John Colquhoun de Auckland, Nova Zelândia. Limeback promoveu a fluoretação em seu país antes de descobrir que Toronto, uma cidade que tinha sido fluoretada durante 36 anos, teve uma maior incidência de cáries do que Vancouver, que nunca fluoretou suas águas, fazendo-o mudar de ideia e pedir desculpas publicamente para os 15 anos em que o povo do Canadá não foi informado adequadamente sobre os danos causados pela fluoretação (LIMEBACK, 2000). O sindicato de cientistas e engenheiros do EPA opôs-se à fluoretação da água em 1999, em posição contrária à sua Agência (EPA) em virtude de sua toxicidade, exigindo o fim imediato a utilização de reservatórios de água potável do país como a eliminação de resíduos tóxicos provenientes da indústria de fertilizantes de fosfato (NTEU, 1999).

Os custos elevados com tratamentos para câncer causados por água fluoretada com SiFs foram investigados e analisados por Hirzy et al. (2013) mostrando que é

significativo estabelecer uma discussão sobre o custo-benefício da fluoretação. No Brasil, o custo da fluoretação é estimado em 1 dólar por habitante/ano (NARVAI, 2000). De acordo com Hirzy et al. (2013) as estimativas do governo norte americano de que para cada dólar gasto em fluoretação da água salvaria 38 dólares em custos de tratamento dentário são incorretas e superestimam os benefícios e foram revistos reduzindo a poupança na melhor das hipóteses a 3 dólares por pessoa/ano, mas esta poupança é eliminada pelo custo estimado do tratamento de fluorose dentária. Novas pesquisas científicas mostram que o efeito negativo crítico da adição de flúor na água potável, sobre a sociedade está relacionado com a diminuição da inteligência das crianças (HIRZY et al., 2016; BASHASH et al., 2017).

A ingestão sistêmica de flúor apresenta riscos de saúde a tal ponto que tem sido sugerido para reduzir o padrão de flúor na água estabelecido pela EPA e a substituição do Sif pelo menos agressivo, fluoreto de sódio, tais como a suspensão da fluoretação da água (MARCUS, 1986; MERCOLA e MERMER, 2001; NRC, 2006, PECKHAM e AWOFOESO, 2014). Devido a crescente evidência sobre efeitos adversos as autoridades dos EUA recomendam que a fluoretação da água da comunidade não deve exceder 0,7 ppm (GRANDJEAN e LANDRIGAN, 2014) e outros sugerem que níveis de fluoretação não devem ultrapassar 0,4 ppm (um décimo do MCL do flúor) a fim de proporcionar uma margem de segurança para interação com outros contaminantes (MULLENIX, 2014).

A extensa pesquisa do toxicologista William Marcus resultou na conclusão de que o flúor é uma substância cancerígena em qualquer padrão utilizado indicando que não há nenhum nível seguro de ingestão pela sua mutagenicidade e outros efeitos patogênicos (MARCUS, 1986). A adição intencional de flúor à água está em conflito com a prioridade global do fornecimento de água potável segura à população, considerado um poluente emergente tal como o chumbo, arsênio e produtos farmacêuticos, sendo intensificados pela ação humana (UNESCO, 2009; ONU, 2016).

A Food and Drug Administration classifica o fluoreto como um medicamento quando usado para prevenir ou mitigar a doença (FDA, 2000) e o flúor é a única substância química adicionada à água para fins medicinais, sem prescrição médica adequada e sem controle de dosagem diária, implicando em uma questão ética violando o princípio da precaução (CONNETT, BECK e MICKLEM, 2010). A revisão realizada por Peckham e Awofeso (2014) sobre a fluoretação da água como uma intervenção de saúde pública mostrou evidências que o flúor possui um potencial para causar problemas adversos na saúde humana e tem apenas um modesto efeito preventivo de cárie, evidenciando que a periculosidade dos fluoretos exige a reconsideração global da prática da fluoretação da água.

Conclusão

Pelas evidências apresentadas concluímos que a fluoretação da água potável pode estar expondo a população a riscos na saúde, especialmente as crianças que são mais vulneráveis na fase do seu desenvolvimento

mental. Entendemos que as práticas de saúde bucal podem ser alcançadas sem envolver a ingestão sistêmica de flúor, estratégia alinhada com o objetivo mundial da redução e não propagação de poluentes tóxicos, sendo recomendável a revisão da prática da fluoretação da água por parte das autoridades públicas. Enfatiza-se a importância do prosseguimento das pesquisas sobre os efeitos tóxicos e neurotóxicos do flúor, especialmente na compreensão das possíveis reações sinérgicas do flúor com outros poluentes nos seres vivos e no ambiente.

Referências

ADA - AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. **Fluoridation Facts**. 60th Anniversary of Community Water Fluoridation, Illinois, Chicago, 2005.

BASHASH, B.; THOMAS, D.; HU, H.; MARTINEZ-MIER, E.A.; SANCHEZ, B.N.; BASU, N.; PETERSON, K.E.; ETTINGER, A.S.; WRIGHT, R.; ZHANG, Z.; LIU, Y.; SCHNAAS, L.; MERCADO-GARCÍA, A.; TÉLLEZ-ROJO, M.M.; HERNÁNDEZ-AVILA, M. Prenatal Fluoride Exposure and Cognitive Outcomes in Children at 4 and 6–12 Years of Age in Mexico. **Environmental Health Perspectives**, v. 125, n. 9, p. 097017, 2017.

BASHASH, B.; MARCHAND, M.; HU, H.; TILL, C.; MARTINEZ-MIER, E.A.; SANCHEZ, B.N.; BASU, N.; PETERSON, K.E.; GREEN, R.; SCHNAAS, L.; MERCADO-GARCÍA, A.; HERNÁNDEZ-AVILA, M.; TÉLLEZ-ROJO, M.M. Prenatal fluoride exposure and attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) symptoms in children at 6–12 years of age in Mexico City. **Environment International**, v. 10, n. 121, p. 658-666, 2018.

BASSIN, E.B.; WYPIJ, D.; DAVIS, R.B.; MITTLEMAN, M.A. Age-specific fluoride exposure in drinking water and osteosarcoma (United States). **Cancer Causes & Control**, v. 17, n. 4, p. 421-428, 2006.

BFS (British Fluoridation Society). **The extent of water fluoridation. One in a Million: The facts about water fluoridation**, 3rd ed., 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Lei Federal nº 6050 de 24 de maio de 1974**. Lei que torna obrigatória a fluoretação da água no Brasil. Diário Oficial da União, 1974.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 635/Bsb de 26 de dezembro de 1975**. Aprova as normas e padrões sobre a fluoretação da água dos sistemas públicos de abastecimento, destinada ao consumo humano. Diário Oficial da União, 1975.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914/2011**. VMP, Valores Máximos Permitidos da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, 2011.

BROWNSTEIN, D. **Iodine: Why you need it, why you can't live without it**. Orchard Lake, MI: Medical Alternatives Press, 5th ed., 2014, 259 p.

BRYSON, C. **The Fluoride Deception**. New York: Seven Stories Press, 1st ed., 2006, 400 p.

BURT, B.A. The changing patterns of systemic fluoride intake. **Journal of Dental Research**, v. 71, n. 5, p.1228-37, 1992.

BUZALAF, M.A.; PESSAN, J.P.; HONÓRIO, H.M.; ten CATE, J.M. Mechanisms of action of fluoride for caries control. In: **Fluoride and the Oral Environment**. Karger Publishers, v. 22, p. 97–114, 2011.

CANGUSSU, M.C.T.; NARVAI, P.C.; FERNANDEZ, R.C.; DJEHIZIAN, V. A Fluorose Dentária no Brasil: Uma Revisão Crítica. Rio de Janeiro: **Caderno de Saúde Pública**, v. 18, n. 1, p. 7-15, 2002. CARSON, R. **Silent Spring**. New York: Houghton Mifflin Company, 1st ed., 1962, 368 p.

CASARIN, R.C.; FERNANDES, D.R.; LIMA-ARSATI, Y.B.; CURY, J.A. Fluoride concentrations in typical Brazilian foods and in infant foods. **Revista de Saúde Pública** v. 41, n. 4, p. 549-56, 2007.

- CDC - CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Ten great public health achievements United States, 1900-1999. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 48, n. 12, p. 241-243, 1999a.
- CDC - CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Achievements in public health, 1900-1999: fluoridation of drinking water to prevent dental caries. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 48, n. 41, p. 933-940, 1999b.
- CHOI, A.L.; SUN, G.; ZHANG, Y.; GRANDJEAN, P. Developmental Fluoride Neurotoxicity: A Systematic Review and Meta-Analysis. Harvard: **Environmental Health Perspective**, v. 120, n. 10, 2012.
- COLBORN, T.; DUMANOSKI, D.; MYERS, J. P. **Our stolen future: Are we threatening our fertility, intelligence, and survival? A scientific detective story**. New York, Plume Books, Reprint ed. (1996), 2016, 336 p.
- COLQUHOUN, J. Why I Changed My Mind About Water Fluoridation. Baltimore: Johns Hopkins University Press, **Perspectives in Biology and Medicine**, v. 41, p. 29-44, 1997.
- COLQUHOUN, J. Fluorides and the decline in tooth decay in New Zealand. **Fluoride**, New Zealand, v. 26, p. 125-134, 1993.
- CONNETT, P.; BECK, J.; MICKLEM, H.S. **The case against fluoride: how toxic waste ended up in our drinking water and the bad science and politics that keep it there**. Vermont: Chelsea Green Publishing, 1st ed., 2010, 392 p.
- COPLAN, M.J.; PATCH, S. C.; MASTERS, R. D.; BACHMAN, M. S. Confirmation of and explanations for elevated blood lead and other disorders in children exposed to water disinfection and fluoridation chemicals. **Neurotoxicology**, v. 28, p. 1032-1042, 2007.
- COX, G.J. New knowledge of fluorine in relation to the development of dental caries. **Journal American Water Works Association**, n. 32, p. 1926-1930, 1939.
- DEAN, H.T. Distribution of mottled enamel in the United States. **Public Health Reports**, v. 48, n. 25, p. 703-734, 1933.
- DEAN, H.T.; ELVORE, E. Some epidemiological aspects of chronic endemic dental fluorosis. **American Journal of Public Health**, v. 26, p. 567-575, 1936.
- DEAN, H.T. Endemic dental fluorosis or mottled enamel. Chicago: **Journal American Dental Association**, v. 30, p. 1278-1283, 1943.
- DEAN, H.T. Endemic fluorosis and its relation to dental caries. **Public Health Reports**, v. 53, p. 1443-1452, 1938.
- DEAN, H.T. The investigation of physiological effects by the epidemiological method. **American Association for the Advancement of Science**, v. 19, p. 23-31, 1942.
- DENBESTEN, P.; LI, W. Chronic fluoride toxicity: Dental fluorosis. In: **Fluoride and the Oral Environment**. Karger Publishers, v. 22, p. 81-96, 2011.
- DENZINGER, H.F.J.; KONIG, H.J.; KRUGER, G.E.W. Fluorine recovery in the fertilizer industry - A Review. **Phosphorous & Potassium**, v. 103, p. 33-39, 1979.
- DOMINGOS, J.F.F. **Efeitos do flúor no organismo humano: uma avaliação, baseada em indicadores, nos usuários de 6 a 14 anos do Hospital de Aeronáutica de Canoas**. 2009. Dissertação de Mestrado (Ciências Aeroespaciais) - Universidade da Força Aérea de Canoas. Rio de Janeiro.
- EIDELWEIN, C. **Panorama, benefícios e controvérsias da fluoretação da água de abastecimento público no Brasil e no mundo: uma revisão de literatura**. 2010. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização (Saúde Pública) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. UFRGS.
- EPA - ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. **Primary Aluminum Draft Guidelines for Control of Fluoride Emissions from Existing Primary Aluminum Plants**. Emission Standards and Engineering Division. EPA 450/2-78-049^a, 1979.
- EPA - ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. **Letter from Rebecca Hamner, Deputy Assistant Administrator for Water to Leslie A. Russell**. March 30, 1980.
- FAGIN, D. Controvérsias sobre o Flúor: pesquisas recentes sugerem que o tratamento da cárie com fluoreto em excesso pode ser perigoso. **Scientific American Brasil**, v. 6, n. 67, p. 54-61, 2008.
- FAN - FLUORIDE ALERT NETWORK. **Fluoride Alert Network Bulletin On-line**. 2018. Disponível em: <http://fluoridealert.org/content/content-bulletin_3-16-18/>. Acesso em: 18 mar. 2018.
- FDA (Food and Drug Administration). **Letter of May 8, 2000, from Ken Calvert Chairman Subcommittee on Energy and Environment Committee on Science to Dr. Jane E. Henney, Commissioner of Food and Drugs, regarding the use of fluoride in drinking water and drug products**. 2000. Disponível em: <<http://www.fluoridealert.org/wp-content/uploads/fda-2000a.pdf>>. Acesso em 26 jun. 2018.
- FEATHERSTONE, J.D.B.; SHIELDS, C.P. A Study of Fluoride Intake in New York State Residents. **Eastman Dental Center**, Rochester, NY, 0114Uc1288-1, 1988.
- GEERAERTS, F.; GIJIS, G.; FINNE, E.; CROKAERT, R. The Kinetics of Fluoride Penetration in The Liver and the Brain. **Fluoride**, New Zealand, v. 19, p. 108-112, 1986.
- GLASSER, G.C. Fluoride and the phosphate connection. **Earth Island Journal**, Berkeley, v. 13, n. 3, p. 14-15, 1998.
- GRANDJEAN, P.; LANDRIGAN, P.J. Neurobehavioural Effects of Developmental Neurotoxicity. **Lancet Neurology**, v. 13, n. 3, p. 330-338, 2014.
- GRIFFITHS, J. Fluoride: Commie Plot or Capitalist Ploy. **Covert Action**, Washington DC, v. 42, p. 27-30, 1992.
- HAYACIBARA, M.F.; QUEIROZ, C.S.; TABCHOURY, C.P.M.; CURY, J.A. Fluoride and aluminum in teas and tea-based beverages. **Revista de Saúde Pública**, v. 38, n. 1, p. 100-105, 2004.
- HAMILL, S.D. **Unveiling a Museum, a Pennsylvania Town Remembers the Smog That Killed 20**. The New York Times, New York, 2008.
- HHS - HEALTH AND HUMAN SERVICES. **Proposed HHS Recommendation for Fluoride Concentration in Drinking Water for Prevention of Dental Caries**. A Notice by the Health and Human Services Department on 01/13/2011, Register 76 FR 2383: 2383-2388, 011. Disponível em: <<https://www.federalregister.gov/documents/2011/01/13/2011-637/proposed-hhs-recommendation-for-fluoride-concentration-in-drinking-water-for-prevention-of-dental>>. Acesso em: 24 mai 2017.
- HIRZY, J.W.; CARTON, R. J.; BONANNI, C. D.; MONTANERO, C. M.; NAGLE, M. F. Comparison of hydrofluorosilicic acid and pharmaceutical sodium fluoride as fluoridating agents-A costbenefit analysis. **Journal of Environmental Science and Policy**, v. 29, p. 81-6, 2013.
- HIRZY, J.W.; CONNETT, P.; XIANG, Q.; SPITTLE, B. J.; KENNEDY D.C. Developmental Neurotoxicity of Fluoride: A Quantitative Risk Analysis Towards Establishing a Safe Daily Dose of Fluoride for Children. **Fluoride**, v. 49, n. 4, p. 379-400, 2016.
- ITABIRA. Informação recebida por e-mail em 28 de junho de 2017 do Sr. Jorge Martins Borges, SAAE ambiental e Engenharia sanitária, Itabira, MG, 2017.
- JASINSKI, S.M. Phosphate Rock. U.S. Geological Survey. **Mineral Commodity Summaries**, USA Government, 2016, p. 124-125.
- KHARB, S.; SANDHU, R.; KUNDU, Z.S. Fluoride levels and osteosarcoma. **South Asian Journal of Cancer**, v. 1, n. 2, 2012, p. 76-77.
- KO, L.; THIESSEN, K.M. A critique of recent economic evaluations of community water fluoridation. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, v. 21, n. 2, p. 91-120, 2015.

- KOMATI, S.H.; FIGUEIREDO, B.R. Flúor em Água e Prevalência de Fluorose em Amparo (SP). São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 32, n. 3, p. 547-559, 2013.
- LEVY, S.M.; GUHA-CHOWDHURY, N. Total Fluoride Intake and Implication for Dietary Fluoride Supplementation. **Journal of Public Health Dentistry**, v. 59, n. 4, p. 211-223, 1999.
- LEVY, S.M.; WARREN, J.J.; BROFFITT, B. Patterns of fluoride intake from 36 to 72 months of age. **Journal of Public Health Dentistry**, v. 63, n. 4, p. 211-220, 2003.
- LEWIS, D.W.; BANTING, D.W. Water fluoridation: Current Effectiveness and Dental Fluorosis. **Community Dentistry and Oral Epidemiology**, v. 22, p. 153-158, 1994.
- LIMEBACK, H. **Why I Am Now Officially Opposed To Adding Fluoride To Drinking Water**. Former President, Canadian Association for Dental Research, 2000. Disponível em: <<http://fluoridealert.org/articles/limeback/>>. Acesso em: 20 jun. 2019.
- LOUREIRO, F.E.L.; MONTE, M.B. D.M.; NASCIMENTO, M. **Agrominerais - Fosfato**. In: Da Luz, A.B.; Lins, F.A.F. Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações. CETEM/MCT, Rio de Janeiro, 2ª ed., 2008, p. 141-180.
- LU, Y.; SUN, Z.R.; WU, L.N.; WANG, X.; LU, W.; LIU, S.S. Effect of high-fluoride water on intelligence in children, China, **Fluoride**, v. 33, n. 2, p. 74-78, 2000.
- LUKE, J. Fluoride Deposition in the Aged Human Pineal Gland. **Caries Research**, v. 35, n. 2, p. 125-128, 2001.
- MARCUS, W.L. Lead health effects in drinking water. **Toxicology and Industrial Health**, v. 2, p. 363-407, 1986.
- MAAS, R.P.; PATCH, S.C.; CHRISTIAN, A.-M.; COPLAN, M.J. Effects of fluoridation and disinfection agent combinations on lead leaching from leaded-brass part. **Neurotoxicology**, v. 28, p. 1023-1031, 2007.
- MASTERS, R.D.; COPLAN, M.J. Water treatment with silicofluorides and lead toxicity. **International Journal of Environmental Studies**, v. 56, p. 435-449, 1999.
- MASTERS, R.D.; COPLAN, M.J.; HONE, B.T.; DYKES, J.E. Association of silicofluoride treated water with elevated blood lead. **Neurotoxicology**, v. 21, p. 1091-1099, 2000.
- McKAY, F.S., BLACK, G.V. An investigation of mottled teeth: an epidemic developmental imperfection of the enamel of the teeth heretofore unknown in the literature of dentistry. **Dental Cosmos**, v. 58, p. 627-644, 1916.
- McKAY, F.S. The Relation of Mottled Enamel to Caries. **The Journal of the American Dental Association**, v. 15, n. 8, p. 1429-1437, 1928.
- MERCK. **The Merck Index online**. Royal Society of Chemistry, Whitehouse Station, N.J.: Merck & Co. Inc. London, 2014.
- MERCOLA, J.; MERMER, C.A. Fluoride and apoptosis: Trading dental caries for cellular death? Education and debate. **BMJ**, v. 322, p. 1536, 2001.
- MULLENIX, P.J. A new perspective on metals and other contaminants in fluoridation chemicals. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, v. 20, n. 2, p. 157-166, 2014.
- MULLENIX, P.J.; DENBESTEN, P.K.; SCHUNIOR, A.; KERNAN, W.J. Neurotoxicity of sodium fluoride in rats. **Neurotoxicity and Teratology**, v. 17, n. 2, p. 169-177, 1995.
- NARVAI, P.C. Dental caries and fluorine: a twentieth century relation. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 5, n. 2, 2000.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Fluoride in Drinking Water: A Scientific Review of EPA's Standards Committee on Fluoride in Drinking Water**. Board on Environmental Studies and Toxicology Division on Earth and Life Studies, National Research Council Press, Washington, 2006.
- NTEU - THE NATIONAL TREASURY EMPLOYEES UNION. **EPA Scientists Oppose Fluoridation**. Washington - DC, 1999. Disponível em: <<http://cof-cof.ca/wp-content/uploads/2012/08/Why-U.S.-Environmental-Protection-Agency-Headquarters-Union-Of-Scientists-Oppose-Fluoridation-NTEU-01-May-1999.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2018.
- ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Especialistas da ONU pedem que EUA resolva o problema de contaminação da água por chumbo em Flint**. 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/especialistas-da-onu-pedem-que-eua-resolva-problema-de-contaminacao-da-agua-por-chumbo-em-flint/>>. Acesso em: 5 mar. 2018).
- OZSVATH, D. Fluoride and Environmental Health: A Review. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 8, n. 1, p. 59-79, 2009.
- PAIN, G.N. **A Quick Guide to Fluoride Harms**. Technical Report. 2017. Doi: 10.13140/RG.2.2.18410.00967.
- PECKHAM, S.; AWOFESO, I. Water fluoridation: A critical review of the physiological effects of ingested fluoride as a public health intervention. **The Scientific World Journal**, v. 2014, 10, 2014.
- PECKHAM, S.; LOWERY, D.; SPENCER, S. Are Fluoride Levels in Drinking Water Associated with Hypothyroidism Prevalence in England? A Large Observational Study of GP Practice Data and Fluoride Levels in Drinking Water. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 69, n. 7, p. 619-624, 2015.
- PERL, D.P. Exposure to aluminium and the subsequent development of a disorder with features of Alzheimer's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry**, v. 77, n. 7, p. 811, 2006.
- PERNAMBUCO. Publicação. Diário Oficial da **Assembléia Legislativa do Estado de Pernambuco**, em 25 Set 2019, sobre a não Fluoretação da água no estado. P. 10, 2019.
- PETITION. **Citizens Petition in Re: Use of Hydrofluosilicic Acid in Drinking Water Systems of the United States to EPA**. TSCA section 21 Petition. April 22, 2013. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/hfsa_section21_petition.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- PHE - PUBLIC HEALTH ENGLAND. **Water Fluoridation - Health Monitoring Report for England 2018**. London, PHE Publications, 2018.
- PORTARIA. Portaria no. 10/1999 do estado do Rio Grande do Sul que define o valor máximo permitido (VMP) para a concentração do íon fluoreto na água para o consumidor final no estado RS/Brasil, 1999.
- RAVULA, S.; HARINARAYAN, C.V.; PRASAD, U.V.; RAMALAKSHMI, T.; RUPUNGUDI, A.; MADROLA, V. Effect of Fluoride on Reactive Oxygen Species and Bone Metabolism in Postmenopausal Women. **Fluoride**, v. 45, n. 2, p. 108-115, 2012.
- REDDY, D.R. Neurology of Endemic Skeletal Fluorosis. **Neurology India**, v. 9, n. 57, p. 7-12, 2009.
- RIGO, L.; CALDAS JUNIOR, A.F.; SOUZA, E.A.; ABEGG, C.; LODI, L. Estudo sobre a fluorose dentária num município do sul do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, p. 1439-48, 2010.
- ROCHA-AMADOR, D.; NAVARRO, M.E.; CARRIZALES, L.; MORALES, R.; CALDERON, J. Decreased Intelligence in Children and Exposure to Fluoride and Arsenic in Drinking Water. **Cadernos de Saúde Pública**, v.23, p. S579-87, 2007.
- ROHOLM, K. **Fluorine Intoxication: A Clinical-Hygienic Study with a Review of the Literature and some Experimental Investigations**. HK Lewis, London, 1937a, 364 p.
- ROHOLM, K. The Fog Disaster in the Meuse Valley, 1930: A Fluorine Intoxication. **The Journal of Industrial Hygiene and Toxicology**, v. 19, n. 3, p. 126-137, 1937b.

- ROSE, D.; MARIER, J.R. **Environmental Fluoride**. NRCC No. 16081. National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, 1977, p. 75-83.
- ROSENBERG, S.A. **Amesbury: Voters Reject Fluoridation of City Water**. The Boston Globe. 2011. Disponível em: <http://archive.boston.com/news/local/articles/2011/11/20/clogging_problems_prompted_amesbury_voters_to_reject_fluoride_in_drinking_water/>. Acesso em: 25 fev. 2018.
- RUCKART, P.Z.; ETTINGER, A.S.; HANNA-ATTISHA, M.; JONES, N.; DAVIS, S.I.; BREYSSE, P.N. The Flint water crisis: A coordinated public health emergency response and recovery initiative. **Journal of Public Health Management and Practice**, v. 25, Suppl 1, LEAD POISONING PREVENTION, p. S84-S90, 2019.
- SADASHIVAMURTHY P.; DESHMUKH, S. Missing links of molar incisor hypomineralization: A review. **Journal of International Oral Health**, v. 4, p. 1-11, 2012.
- SAXENA, S.; SAHAY, A.; GOEL, P. Effect of Fluoride Exposure on the Intelligence of School Children in Madhya Pradesh, India. **Journal of Neuroscience in Rural Practice**, v. 3, n. 2, p. 144-149, 2012.
- SCHMIDT, G.; KUPPENS, C.; ROBINSON, P. Handling of radium and uranium contaminated waste piles and other wastes from phosphate ore processing. **Nuclear Science and Technology**, CEC Report 15448EN, European Commission, Luxemburgo, 1995.
- SHIVARAJASHANKARA, Y.M.; SHIVASHANKARA, A.R. Neurotoxic effects of fluoride in endemic skeletal fluorosis and in experimental chronic fluoride toxicity. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 6, n. 4, p. 740-744, 2012.
- SHIVARAJASHANKARA, Y.M.; SHIVASHANKARA, A.R.; BHAT, P.G.; RAO, S.H. Brain lipid peroxidation and antioxidant systems of young rats in chronic fluoride intoxication. **Fluoride**, v. 35, n. 3, p. 197-203, 2002.
- SILVA, R.M.; GIULIETTI, M. **Fosfogesso: Geração, Destino e Desafios**. In: Agraminerais para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010, p. 125-145.
- SPITTLE, B. Fluoride, IQ, and Advice on Type I and II Errors. **Fluoride**, v. 47, n. 3, p. 188-190, 2014.
- STRUNECKÁ, A.; BLAYLOCK, R.L.; PATOCKA, J. Aluminofluoride complexes: Phosphate analogues and a hidden hazard for living organisms. **Current Inorganic Chemistry**, v. 2, p. 8-18, 2012
- STRUNECKÁ, A.; PATOCKA J. Pharmacological and toxicological effects of aluminofluoride complexes. **Fluoride**, v. 32, p. 230-242, 1999.
- TANG, Q.Q.; DU, J.; MA, H.H.; JIANG, S.J.; ZHOU, X.J. Fluoride and children's intelligence: A meta-analysis. **Biological Trace Element Research**, v. 126, p. 115-20, 2008.
- TENNANT, J. Hypothyroidism - The Epidemic. **Tennant Institute Integrative Medicine Newsletter**, v. 1, 2008.
- THIESSEN, K.M. **Comments on Proposed HHS Recommendation for Fluoride Concentration in Drinking Water for Prevention of Dental Caries**. 2011. Disponível em: <<http://www.fluoridefreefairbanks.org/localweb/IAOMT-0.7ppm-comments.hhs.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2018.
- THIESSEN, K.M. **Comments on the Fluoridation of Drinking Water for Prevention of Dental Caries**. Center for Risk Analysis, Oak Ridge Center For Risk Analysis/SENES, 2013.
- TOMLJENOVIC, L. Aluminum and Alzheimer's disease: after a century of controversy, is there a plausible link? **Journal of Alzheimer's Disease**, v. 23, n. 4, p. 567-598, 2011.
- UNESCO - UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World**. Paris: Unesco; London: Earthscan, 2009.
- VALDEZ-JIMÉNEZ, L.; FREGOZO, C.S.; BELTRÁN, M.L.M.; CORONADO, O.G.; VEGA, M.I.P. Effects of the fluoride on the central nervous system. **Neurologia**, v. 26, n. 5, 2011, p. 297-300.
- VANDENBERG, L.N.; COLBORN, T.; HAYES, T.B.; HEINDEL, J.J.; JACOBS, D.R. JR.; LEE, D.H.; SHIODA, T.; SOTO, A.M.; VOM SAAL, F.S.; WELSHONS, W.V.; ZOELLER, R.T.; MYERS, J.P. Hormones and endocrine-disrupting chemicals: Low-dose effects and nonmonotonic dose responses. **Endocrine Reviews**, v. 33, n. 3, p. 378-455, 2012.
- WALDBOTT, G.L. **A Struggle with Titans**. New York: Carlton Press, 1965, 383 p.
- WALDBOTT, G.L. Incipient Fluorine Intoxication from Drinking Water. **Journal of Internal Medicine**, v. 156, n. 3, p. 157-168, 1956.
- WALDBOTT, G.L.; BURGSTALLER, A.W.; MCKINNEY, H.L. **Fluoridation: The Great Dilemma**. Lawrence, Kansas: Coronado Press Inc., 1978, 423 p.
- WALTON, J.R. Functional impairment in aged rats chronically exposed to human range dietary aluminum equivalents. **Neurotoxicology**, v. 30, p. 182-193, 2009.
- WANG, C.; GAO, Y.; WANG, W.; ZHAO, L.; ZHANG, W.; HAN, H.; SHI, Y.; YU, G.; SUN, D. A national cross-sectional study on effects of fluoride-safe water supply on the prevalence of fluorosis in China. **BMJ Open**, v. 2, n. 5, p. e001564, 2012
- WARREN, J.J.; LEVY, S.M. Current and future role of fluoride in nutrition. **Dental Clinics of North America**, v. 47, n. 2, p. 225-243, 2003.
- WASZKIEL, D.; OPALKO, K.; ŁAGOCKA, R.; CHLUBEK, D. Fluoride and magnesium content in superficial enamel layers of teeth with erosions. **Fluoride**, v. 37, n. 4, p. 271-277, 2004.
- WENG, C-N.; SMITH, D.B.; HUNTLY, G.M. Treatment Chemicals contribute to arsenic levels. **American Water Works Association: Opflow**, v. 26, n. 10, p. 6-7, 2000.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Oral Health Country/Area Profile Programme. Department of Noncommunicable Diseases Surveillance/Oral Health**. WHO Collaborating Centre, Malmö University, Sweden, 2012.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Chemicals of public health concern in the African Region and their management**. Regional Assessment Report, 2014.
- WIMALAWANSA, S.J. The role of ions, heavy metals, fluoride, and agrochemicals: critical evaluation of potential aetiological factors of chronic kidney disease of multifactorial origin (CKDmfo/CKDu) and recommendations for its eradication. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 38, n. 3, p. 639-678, 2016.
- YIAMOUIANNIS, J. **Fluoride: The Aging Factor**. Health Action Press, Ohio, USA, 1st ed., 1983, 210 p.
- YIAMOUIANNIS, J. Water Fluoridation & Tooth Decay: Results from the 1986-1987 National Survey of US Schoolchildren. **Fluoride**, v. 23, n. 2, p. 55-67, 1990.
- ZHAO, L.B.; LIANG, G.H.; ZHANG, D.N.; WU, X.R. Effect of high-fluoride water supply on children's intelligence. **Fluoride**, v. 29, n. 4, p. 190-192, 1996.