

# RISCOS DE INGESTÃO DE FLÚOR: ESTUDO DE CASO PARA ÁGUA MINERAL DO INTERIOR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

RISKS OF FLUORIDE INTAKE: CASE REPORT FROM MINERAL  
WATER OF AN INTERIOR CITY OF RIO DE JANEIRO STATE

**Ingrid Fernandes  
Dias da Cruz Alves**

Gestora Ambiental pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Mestre em Geociências pelo Programa de Pós-graduação em Geoquímica da Universidade Federal Fluminense (PPGEO/UFF) – Niterói (RJ), Brasil.

**Emmanuel Vieira  
da Silva Filho**

Professor Titular no PPGEO/UFF – Niterói (RJ), Brasil.

**Eduardo Duarte Marques**

Pesquisador do Serviço Geológico do Brasil. Doutor em Geociências pelo PPGEO/UFF – Niterói (RJ), Brasil.

**Vinícius Tavares Kütter**

Biólogo pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Doutor em Geociências pelo PPGEO/UFF – Niterói (RJ), Brasil.

**David Neves de Oliveira**

Gestor Ambiental pela UFRRJ. Mestre em Geociências pelo PPGEO/UFF – Niterói (RJ), Brasil.

**Camila Rodrigues Silva**

Graduada em Química Industrial pela UFF. Mestranda em Geociências no PPGEO/UFF – Niterói (RJ), Brasil.

**Olga Venimar  
de Oliveira Gomes**

Professora Adjunta do Departamento de Ciências do Meio Ambiente (DCMA/UFRRJ). Colaboradora do PPGEO/UFF – Niterói (RJ), Brasil.

**Endereço para correspondência:**

Ingrid Fernandes Dias da Cruz Alves – Rua Imuta, 140/210 – Pechincha-Jacarepaguá – 22770-600 – Rio de Janeiro (RJ), Brasil –  
E-mail: ingridcruz@id.uff.br

**Recebido:** 17/01/2017

**Aceito:** 31/10/2017

## RESUMO

O consumo de flúor presente em águas superficiais e subterrâneas é uma prática comum em diversos países. Além de abordar a temática controversa quanto ao consumo do flúor, este artigo apresenta um estudo de caso de avaliação de risco à saúde humana pelo consumo de águas fluoretadas, provenientes do Parque de Águas Minerais, localizado na região Centro-Sul do Estado do Rio de Janeiro. As concentrações de flúor foram medidas entre outubro de 2014 e agosto de 2015 em três poços de água mineral e em seus respectivos fontanários, sendo as fontes denominadas popularmente de Fonte Alcalina Terrosa Cálcica, Alcalina Terrosa Ferruginosa e Alcalina Terrosa Magnesiana. Foi avaliada a possibilidade de haver riscos para o desenvolvimento de fluoroses e aumento de fraturas ósseas nas populações consumidoras. Esta pesquisa modelou a ingestão diária dessas águas com flúor por receptores residenciais dos tipos: bebês, infantes, crianças, adolescentes e adultos. Foi constatado que os grupos de bebês e infantes podem estar mais sujeitos a riscos crônicos para o desenvolvimento de fluorose dentária na fonte de água mineral Alcalina Terrosa Magnesiana. Recomenda-se que a água mineral dessa fonte não seja consumida pelos grupos de crianças.

**Palavras-chave:** qualidade da água; água subterrânea; fluorose; avaliação de risco.

## ABSTRACT

The consumption of fluoride present in surface water and groundwater is a common practice in many countries. Besides discussing the controversial theme of the fluoride consumption, this work presents a study case of risk assessment to human health by the consumption of fluoridated water from Mineral Waters Park, located in the south central region of Rio de Janeiro state. Fluoride concentrations were measured between October 2014 and August 2015 from three mineral water wells and their respectively recreational sources, popularly named of Alcalina Terrosa Cálcica, Alcalina Terrosa Ferruginosa e Alcalina Terrosa Magnesiana, in order to assess the risk of the development of fluorosis and bones fractures by the population that consumes that mineral water. This work considered the daily water consumption of five main groups: babies, infants, children, teenagers and adults. It was modeled that babies and infants groups are more exposed to chronic risks of fluorosis in Alcalina Terrosa Magnesiana source. It is recommended the mineral water of Alcalina Terrosa Magnesiana source does not be consumed by children's group.

**Keywords:** water quality; groundwater; fluorosis; risk assessment.

## INTRODUÇÃO

Normalmente, no Brasil, o flúor é acrescido em grande parte à água superficial potável disponível para a população, principalmente na maioria dos municípios de São Paulo, com o intuito de prevenir cáries. Em função do Programa Nacional de Prevenção da Cárie Dentária, já em 2003 mais de 70 milhões de pessoas eram abastecidas com água tratada contendo flúor (RAMIRES; BUZALAF, 2007).

Além da prática de adição de flúor nas águas tratadas oferecidas à população brasileira, muitas águas naturais, principalmente subterrâneas, podem conter concentrações naturais de flúor dissolvido. De acordo com Amini *et al.* (2008), cerca de 260 milhões de pessoas no mundo consomem essa substância na água subterrânea em concentrações superiores ao preconizado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (1,5 mg/L). Esse consumo é comum especialmente na China, Índia, Oriente Médio, África, região sul da América do Sul e sudeste asiático (MOGHADDAM; FIJANI, 2008; RAFIQUE *et al.*, 2009; CHANDRAJITH *et al.*, 2012; CRAIG *et al.*, 2015; DEY; GIRI, 2016), estando a sua demanda relacionada a ambientes como rochas e solos por onde o fluído percola (DIBAL *et al.*, 2012; NSW HEALTH, 2015; RAJ; SHAJI, 2017).

Efeitos adversos são reportados em relação ao consumo excessivo de flúor, como: desenvolvimento de fluorose dentária e óssea, aumento na incidência de fraturas de ossos e de urolitíase (LI *et al.*, 2001; KUT *et al.*, 2016; GUISSOUMA *et al.*, 2017). A principal via de ingestão de flúor é o consumo de água e alimentos, sendo de água subterrânea com elevadas concentrações de flúor um dos principais fatores causadores de fluorose (VITHANAGE; BHATTACHARYA, 2015; OZSVATH, 2009). A ocorrência de fluoreto nas águas subterrâneas suscita atenção mundial tendo em vista sua abrangência global e seu considerável impacto à saúde humana (AYENEW, 2008; SU *et al.*, 2013).

No Brasil, estudos de revisão da literatura têm apontado que a maioria dos casos de fluorose dentária ocorre no grau leve, portanto, não é um problema grave de saúde pública (BARROS; TOMITA, 2010). Contudo, alguns casos endêmicos de fluorose dental severa foram relatados em populações consumidoras de água subterrânea (UCHÔA; SALIBA, 1970; CAPELLA *et al.*, 1989; CASTILHO; FERREIRA; PERINI, 2009; MANDINIC *et al.*,

2009; ADELÁRIO *et al.*, 2010; FERREIRA *et al.*, 2010; RANGO *et al.*, 2012).

Além disso, Villena, Borges e Cury (1996), após avaliarem mais de 100 marcas de águas minerais produzidas e comercializadas em diversos estados do Brasil, atentaram sobre a subdosagem que pode não trazer benefícios anticáries e referendaram que a sobredosagem pode causar fluorose dental. Os autores ainda alertaram que os teores de flúor podem chegar a até 4,4 mg/L nas águas minerais comercializadas no Brasil.

Além do consumo do íon fluoreto solubilizado em água, há que considerar que muitos alimentos concentram flúor que são absorvidos pelo organismo humano quando ingeridos, como verduras, carnes, peixes, arroz, chás, feijão, entre outros (DABEKA; MCKENZIE, 1995; WHO, 2002).

No Estado do Rio de Janeiro, a água consumida provém praticamente em sua totalidade de águas superficiais tratadas. O Decreto Estadual nº 40.156/2006 determinou que nos locais onde existam redes públicas de abastecimento com água tratada, fontes alternativas, como poços, usos de nascentes, carros-pipa, não podem ser utilizadas para as finalidades de consumo e higiene humana (RIO DE JANEIRO, 2006). Entretanto, consiste em hábito cultural de populações rurais consumirem águas subterrâneas provenientes de nascentes, de poços tubulares ou cacimbas normalmente sem tratamento prévio.

Algumas análises químicas realizadas por Lima *et al.* (2013) no mês de agosto de 2012 para águas do Parque de Águas Minerais, localizado na região Centro-Sul do Estado do Rio de Janeiro, identificaram concentrações de até 1,5 mg/L de flúor dissolvido. A partir dessa constatação, associada ao fato de muitas pessoas consumirem água do parque *in natura*, levantou-se o questionamento se essas concentrações de flúor livremente poderiam causar danos à saúde humana.

Apesar de as concentrações de flúor dissolvido descritas por Lima *et al.* (2013) para as águas do Parque estarem dentro do padrão de potabilidade ditado pelo Ministério da Saúde pela Portaria MS nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011) e do limite estabelecido pela OMS (WHO, 2011), que é de 1,5 mg/L, normalmente os valores recomendados para consumo vão até 1,2 mg/L (USPHS, 2015).

Demos *et al.* (2001), após revisarem dezenas de estudos envolvendo a temática de níveis de fluoretação adequada para água de consumo, considerando a saúde óssea, concluíram que o valor mais indicado seria de 1,0 mg/L. Outros autores também apontam a necessidade do emprego de limites menores em países tropicais, visto que a toxicidade do flúor aumenta de acordo com a quantidade de água ingerida (VITHANAGE; BHATTACHARYA, 2015).

Vale ressaltar que, no estudo de Demos *et al.* (2001), o consumo de água assumido por dia para cada indivíduo é de 1 litro, em pessoas com peso corpóreo de 60 kg. Essas características variam de população para população, podendo resultar em restrições para consumo com valores maiores ou menores de concentrações dissolvidas. Como exemplo, sabe-se que em países tropicais o consumo de líquidos é maior e a quantidade ingerida compreende 2 litros de água para população adulta.

Dessa forma, deve-se considerar que a definição de um valor de ingestão para o flúor dissolvido em água,

bem como de qualquer substância, deve estar condicionada aos parâmetros de exposição para cada grupo de indivíduo (receptor), como: taxa de ingestão de água, peso corpóreo, tempo de exposição etc. Esse cenário de exposição por grupo de indivíduo pode ser definido por meio da metodologia de avaliação de risco à saúde humana.

De acordo com a ABNT (2013), esse tipo de estudo consiste em uma fase do processo de gerenciamento de áreas contaminadas que visam estimar o risco à saúde humana, causado pela exposição a uma substância ou grupo de substâncias presentes no solo, sedimento, águas naturais e ar, como princípio para estipulação de medidas mitigatórias nessas áreas.

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma análise do risco à saúde humana por faixas etárias, considerando ingestão diária de fluoreto dissolvido naturalmente na água subterrânea do Parque de Águas Minerais, na região Centro-Sul do Estado do Rio de Janeiro.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho se baseou em dados de 10 campanhas de amostragens que foram realizadas durante um ano hidrológico, considerando águas originárias de três poços de produção de águas subterrânea distintas. Como rotina de abastecimento do parque, uma vez bombeada de cada poço, essas águas são armazenadas em reservatórios individuais nos quais passam por um sistema de decantação simples, para posteriormente estarem disponíveis para consumo em três fontanários, também amostrados. Cada poço possui a sua fonte de distribuição como explicitado a seguir. Dessa forma, os pontos de amostragens compreenderam:

- três poços tubulares profundos denominados como pontos P-10, P-11 e P-13;
- três fontes, que distribuem as águas que foram bombeadas de cada poço e armazenadas em caixas

### Metodologia analítica para o íon fluoreto

Após coletadas, as amostras dos poços e das fontes destinadas às análises do íon fluoreto foram armazenadas em frascos de polipropileno e preservadas com gelo sob temperatura de 4°C, até serem conduzidas ao laboratório.

d'água individuais, caracterizadas popularmente no local como:

- Fonte Alcalina Terrosa Magnesiana (P-10F), que distribui a água armazenada a partir do bombeamento do poço P-10;
- Fonte Alcalina Terrosa Cálcica (P-11F), que distribui a água armazenada a partir do bombeamento do poço P-11;
- Fonte Alcalina Terrosa Ferruginosa (P-13F), que distribui a água armazenada a partir do bombeamento do poço P-13.

O período das campanhas de amostragem foi de outubro de 2014 a setembro de 2015, com exceção de coleta apenas nos meses de maio de 2014 e agosto de 2015.

Nesse local, as amostras foram filtradas utilizando bomba de vácuo a partir de filtros de acetato de celulose de 0,45 µm (porosidade) e 47 mm de diâmetro. Posteriormente, essas amostras foram mantidas refrigeradas (4°C), sem adição de preservantes.

As análises do íon fluoreto foram realizadas por meio de íon cromatógrafo (Modelo Metrohm 858 Professional Sample Processor) considerando uma coluna de separação aniônica, a partir de um detector de condutividade.

### Metodologia de avaliação de risco utilizada

Um modelo para o cálculo dos riscos pela ingestão do flúor nas águas subterrâneas do Parque de Águas Minerais foi proposto nesta pesquisa, com base na metodologia de avaliação de risco para a saúde humana internacionalmente conhecida como RBCA (*Risk-Based Corrective Action*). Tal metodologia parte do princípio que o efeito adverso sobre a saúde humana provém de uma cadeia de eventos em que determinada substância em concentrações nocivas nasce de uma fonte, seguindo por uma rota e atingindo receptores (GOMES, 2004). Para a realização dessa análise torna-se necessária, portanto, a definição de um modelo conceitual de exposição (MCE) que envolva caracterização de uma fonte, meio de exposição e receptor (ABNT, 2013).

#### Identificação do perigo

A identificação é realizada a partir de dados no local que apontem substâncias químicas de interesse (SQIs) e constatem possível exposição de receptores humanos.

#### Avaliação da exposição

A exposição diária a um SQI, neste caso para o flúor nas águas do Parque de Águas Minerais, acontece a partir da verificação das suas concentrações associadas ao peso corpóreo do indivíduo ao longo de um tempo de exposição previamente caracterizado. Conforme equação 1 da NBR 16.209 (ABNT, 2013) a seguir:

$$In = Ca \times \frac{IRw \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (1)$$

Em que:

In = ingresso do SQI por ingestão de água, em litros por quilograma por dia (L/kg.dia);

Ca = concentração da SQI na água (mg/L);

IRw = taxa de ingestão diária de água (L/dia);

As pesquisas nesse equipamento seguiram o método padrão do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater/Method9056a* (USEPA, 2007b). O limite de detecção do método foi de 0,02 mg/L.

A evolução do risco envolve a identificação da(s) substância(s) química(s) de interesse(s) (SQIs), a descoberta da origem dessa(s) substância(s), o percurso e a estimativa da concentração absorvida pelo(s) organismo(s) do(s) receptor(es), tudo isso fundamentado na caracterização detalhada da população. Para estipular tais elementos, a USEPA, em 1989, utilizou os seguintes elementos técnicos:

- identificação do perigo;
- avaliação da exposição;
- avaliação da toxicidade;
- caracterização do risco.

Essa etapa engloba atividades como coleta, avaliação de validação de dados e informações que permitam o desenvolvimento do modelo conceitual de exposição.

EF = frequência da exposição, em anos (dia/ano);

ED = duração da exposição (anos);

BW = massa corpórea, em quilogramas (kg);

AT = tempo médio para episódio de efeitos adversos (dia).

Sabe-se que o flúor pode influenciar sobremaneira os tecidos mineralizados do corpo humano (ossos e dentes) e, considerando que esses tecidos passam por um processo intenso de formação e crescimento nas primeiras fases da vida de um indivíduo, a avaliação de risco foi gerada para cinco grupos da população na forma de receptores distintos, sendo eles: bebês após fase de amamentação, infantes, crianças, adolescentes e adultos.

A idade, o peso, a taxa de consumo diária de água e a duração da exposição considerada para cada grupo

de indivíduos que foram utilizados nessa pesquisa encontram-se na Tabela 1. Esses valores foram baseados em padrões apontados por algumas literaturas e pelas características dos brasileiros. A duração da exposição foi calculada tomando como base a expectativa atual de vida do brasileiro, que é de cerca de 75 anos.

### *Avaliação da toxicidade*

O valor de referência de cada SQI para cada grupo de indivíduos deve estar subordinado ao tempo que o receptor está exposto à substância, se de forma aguda ou crônica, e também a via de exposição (se dermal, oral e/ou inalação). Valores e doses de referência para o flúor pesquisados em alguns países são comentados a seguir, bem como pontos de vista referentes aos benefícios e malefícios divulgados para o consumo humano desse mineral.

O Ministério da Saúde brasileiro (BRASIL, 2011) está em consenso com a União Europeia (Directive Européenne) e a OMS (WHO) quanto ao limite de referência para a ingestão do flúor, sendo o padrão de 1,5 mg/L. Já a Agência Ambiental Americana (USEPA) possui um limite menos conservador, considerando como limiar de efeitos adversos por ingestão do flúor o valor de 4,0 mg/L em água de consumo.

O consumo de flúor como ação preventiva é amplamente discutido na comunidade científica e política. Por um lado, pesa a defesa de que a ingestão desse elemento em níveis acima de 0,5 mg/L consiste em uma medida preventiva de cáries, principalmente em crianças (WHO, 2003). Os Estados Unidos da América, por meio de pesquisas desenvolvidas por seu serviço de saúde pública – U.S. Public Health Service (USPHS, 2015) – recomenda um intervalo de concentração ideal para o flúor na água 0,7 e 1,2 mg/L. O processo de

A frequência da exposição foi estimada considerando o número médio de dias úteis e feriados do calendário. Logo, EF = 350 (dias/ano), que consiste na frequência para exposição residencial. Ou seja, para este estudo, correspondem a quantos dias por ano os receptores em suas residências ingerem a água mineral do Parque.

fluoretação da água nesse país iniciou-se na década de 1950 como principal fonte de flúor para a maioria dos residentes (CDC, 2001).

Por outro lado, atualmente, muitos países não utilizam e muitos, inclusive, desaconselham a fluoretação nas águas consumidas, estando majoritariamente os países da Europa Ocidental nesse grupo, como: Bélgica, Dinamarca, Suécia, Holanda, Luxemburgo, entre outros (FLUORIDE ALERT, 2015). Uma das principais justificativas sobre a não fluoretação das águas servidas nessas nações é que, apesar de diminuir a incidência de cárie na população infantojuvenil, os governos não devem obrigar o consumo desse íon para toda a população. Como destaque, essas nações consideram que, para a população adulta na fase senil, existem estudos relevantes sobre as implicações do flúor no organismo humano, associado a malefícios nos tecidos ósseos.

Além da possibilidade de o consumo do flúor causar adversidades à saúde, como a fluorose e fraturas nos ossos, estudos recentes têm colocado em voga a relação entre a ingestão desse elemento e o desenvolvimento de males como osteossarcomas em crianças, redução do quociente de inteligência (QI) e problemas endócrinos, o que salienta cada vez mais a necessidade de aprofundamento científico sobre os benefícios e malefícios da ingestão de flúor pelos seres humanos.

**Tabela 1 – Fatores de exposição para cada receptor.**

Receptor	Idade (anos)	Peso (kg)	Consumo diário de água (L/dia)	Duração da exposição (anos)
Bebê	1	6	0,5 <sup>1</sup>	0,5
Infante	3	15 <sup>2</sup>	0,75 <sup>4</sup>	2,5
Criança	12	35 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	9
Adolescente	18	50	2	6
Adulto	75 <sup>3</sup>	60 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	57

<sup>1</sup>USEPA, 1989; <sup>2</sup>CETESB, 2001; <sup>3</sup>IBGE, 2014; <sup>4</sup>WHO (2003).

Na década de 1970, o Brasil difundiu a prática da fluoretação na água para consumo a partir de programas nacionais e estaduais, como no Estado de São Paulo, em que é adotado um valor padrão para a fluoretação na água de 0,7 mg/L, com a premissa que essa atividade reduz em até 65% a incidência de cáries e obturações na população (SABESP, 2015).

A toxicidade aguda do flúor está relacionada com uma grande quantidade ingerida momentaneamente, cujas consequências podem ser desde irritação gástrica, diarreia, vômitos, excesso de salivação até a morte do indivíduo. Já a crônica envolve a ingestão de pequenas quantidades diárias, podendo afetar o esmalte dos dentes e outros tecidos mineralizados (DHAR; BHATNAGAR, 2009).

A fluorose dentária pode ocorrer em função do consumo de concentrações superiores a 1,0 mg/L, em média, de flúor, de forma crônica durante a formação dos dentes, normalmente na faixa etária entre 0 e 5 anos de idade (DINIZ, 2006; CARVALHO *et al.*, 2011). Diniz (2006) ainda enfatiza que a fluorose óssea também pode ocorrer a partir da ingestão crônica do flúor, só que em concentrações superiores a 5 mg/L para indivíduos idosos, devido à fragilização desses tecidos com a idade. A fratura do quadril em idosos é um caso

### Caracterização do risco

A quantificação numérica do risco deve ser realizada individualmente para cada SQI, considerando seus efeitos para todo caminho de exposição identificado no modelo conceitual da área de estudo. No caso de haver mais de um SQI, deve-se realizar o somatório dos riscos associados à exposição simultânea de todas as substâncias de interesse e todos os caminhos de exposição. No caso de haver substâncias carcinogênicas classificadas como SQI, a caracterização de risco deve apresentar a probabilidade adicional do desenvolvimento de câncer no decorrer do tempo de vida.

Mesmo havendo estudos relacionando à concentração de flúor no organismo humano com o desenvolvimento de osteossarcomas – câncer nos ossos (BASSIN *et al.*, 2006) –, o flúor não é considerado um contaminante carcinogênico. Assim, o risco quantificado para o referido contaminante foi para fins não carcinogênicos denominados de efeitos tóxicos. A quantificação do risco não carcinogênico para um determinado SQI em um

em destaque que, segundo a autora, pode ser facilitada pela patologia da fluorose óssea. A justificativa se daria ao considerar que o flúor pode aumentar a resistência à compressão dos ossos, entretanto, pode torná-los mais passíveis a fraturas (DHHS, 1991).

É comum restringir a ingestão de substâncias pelo ser humano considerando concentrações a serem assimiladas por meio de, por exemplo, água, solo, vegetais etc. Entretanto, tendo em vista a diversidade de receptores humanos e suas particularidades, o ideal é que se estabeleça a toxicidade para a ingestão das substâncias por meio de doses de referências, já que a população humana é formada por grupos de indivíduos distintos como crianças, adolescentes e adultos com características fisiológicas e temporais diferenciadas.

Como exemplo para a relação de doses, o consumo de 200 µg/kg.dia de flúor pode ser uma das causas do desenvolvimento de fluorose óssea em adultos (HEALTH CANADA, 1997). A ATSDR (1993) estima que uma dose ingerida de 60 µg/kg.dia por mulheres pós-menopausa pode contribuir para o aumento de fraturas vertebrais.

A USEPA (2007a) estabelece como dose de referência (RfDn) para avaliação de risco à saúde humana a ingestão de 60 µg/kg.dia de flúor. Este padrão foi utilizado para modelagem deste estudo no Parque de Águas Minerais.

o dado cenário de exposição é calculada pela seguinte equação 2 da NBR 16.209 (ABNT, 2013):

$$QRin = \frac{In}{RfDn} \quad (2)$$

em que:

QRin = quociente de risco para a SQI n para o cenário 1;

In = ingresso para a SQI n (mg/kg.dia);

RfDn = dose de referência da SQI n (mg/kg.dia).

O nível de aceitação do quociente de risco (efeito tóxico) para avaliação de risco à saúde humana é igual a 1,0. Quocientes de risco acima de um tipicamente necessitam de avaliações detalhadas ou maiores ações na área de estudos.

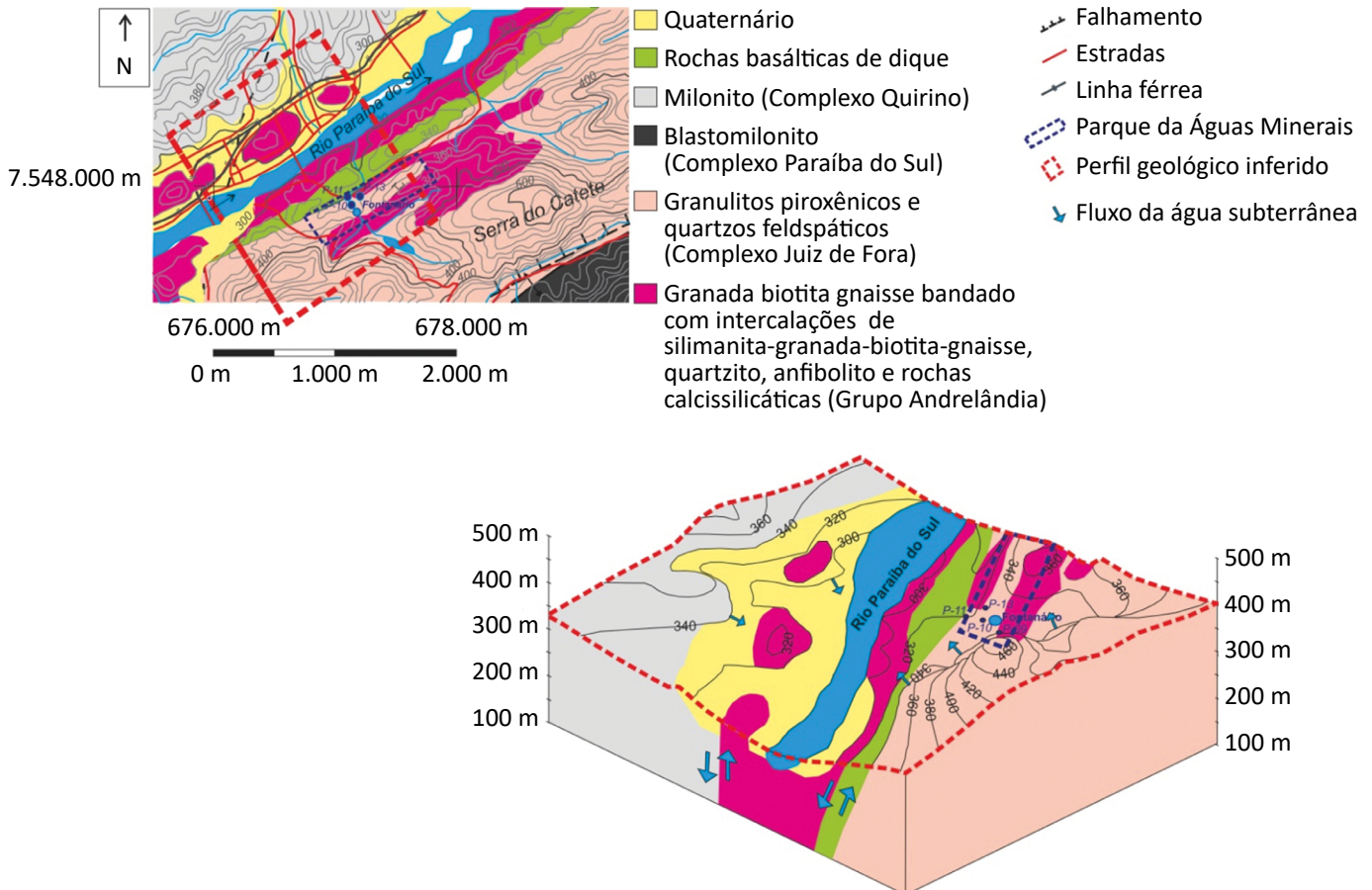
## ÁREA DE ESTUDOS

### Aspectos físicos da área

Além da localização, a Figura 1 apresenta as litologias da área de estudos. Quanto aos aspectos hidrogeológicos, a água subterrânea é captada de aquíferos fraturados, sendo que o fluxo vai de sudeste a noroeste. No local são encontradas rochas do Complexo Juiz de Fora, que foram caracterizadas por uma intensa intercalação entre unidades de embasamento, constituídas por hornblenda-ortognaisses e ortogranulitos, além de unidades metassedimentares essencialmente compostas de granada-biotita gnaisses, correlacionáveis ao Grupo Andrelândia (CORVAL; MIRANDA; TAPAJÓS, no prelo). O granulito é a litologia predominante na área de estudos e para as redondezas são verificados sedimentos do quaternário, um dique

de basalto paralelo ao parque, milonitos a noroeste, blastomilonitos a sudeste.

Gomes *et al.* (2013) observaram *in situ* além da litologia granulito, onde se localiza o P-10, gnaisses com bandamentos félsicos, com predominância de quartzo, plagioclásios, k-feldspatos e bandamentos máficos com piroxênio e micas. Um dique de basalto também foi identificado e sua composição compreende piroxênio, biotita, anfibólio, sulfetos, vidro vulcânico e apatita. O basalto localiza-se na porção limítrofe do parque, distante cerca de 80 metros do poço P-11, que capta água para a fonte Alcalina Terrosa Cálca.



Fonte: adaptado de CPRM (2009); DRM (1981); IBGE (1965).

**Figura 1 – Área de estudos e pontos de amostragens.**

O clima da região é classificado como tropical de altitude do tipo Cwa de acordo com Köppen (1948). O clima zonal é quente, com temperatura máxima de 30°C no verão e de 24°C no inverno. Durante o ano hidrológico de amostragem, o período considerado chuvoso foi de

novembro a março e aquele considerado como seco foi de abril a outubro, estando o total de precipitação de setembro de 2014 a agosto de 2015 em torno de 860 mm, quando a média histórica anual de chuva é de 1.100 mm.

### Concentrações de flúor dissolvido

As concentrações do íon fluoreto monitoradas estão apresentadas na Tabela 2. A água mineral captada a partir do P-10 apresentou os maiores valores de fluoreto dissolvido, sendo o intervalo de variação de 0,58 a 1,43 mg/L. Essa água subterrânea percola pelo granulito. As concentrações do referido íon para água mineral captada a partir do P-11 variaram entre 0,10 e 0,47 mg/L, estando a captação nesse sistema subordinada às influências do contato litológico entre o dique de basalto e o gnaisse. As concentrações de fluoreto

para a água mineral captada a partir do P-13, que se encontra próximo do contato litológico entre o gnaisse e o granulito, variaram entre 0,16 e 1,31 mg/L.

A origem principal do flúor dissolvido na área em questão vem da reação de hidrólise das micas existentes no gnaisse (biotita) e no granulito (muscovita). O referido trabalho assinala ainda que períodos de seca determinam maiores concentrações para o íon fluoreto, em função de um maior tempo de residência das águas subterrâneas nas rochas.

**Tabela 2 – Concentrações de fluoreto dissolvido nas águas minerais do Parque de Águas Minerais entre 2014 e 2015.**

ID		Concentrações de fluoreto dissolvido (mg/L)											
		out. 2014	nov. 2014	dez. 2014	jan. 2015	fev. 2015	mar. 2015	abr. 2015	jun. 2015	jul. 2015	ago. 2015	média	mediana
Cenário 1	P-10F- Alcalina Terrosa Magnesiana	1,150	0,679	1,333	1,168	1,335	1,213	1,420	1,008	1,429	1,386	1,212	1,273
	P-11F – Alcalina Terrosa Cálcica	0,390	0,122	0,459	0,637	0,205	0,463	0,466	0,125	0,212	0,471	0,355	0,425
	P-13F- Alcalina Terrosa Ferruginosa	-	-	0,446	0,318	0,434	0,262	0,476	0,158	0,470	0,479	0,380	0,440
Cenário 2	P-10	1,160	0,581	1,328	0,869	1,258	0,999	1,274	0,819	1,039	1,284	1,061	1,100
	P-11	0,370	0,114	0,439	0,394	0,439	0,444	0,488	0,105	0,128	0,443	0,336	0,417
	P-13	-	0,436	1,012	1,130	1,036	0,643	1,083	1,001	0,527	1,312	0,909	1,012



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o consumo global de flúor dissolvido em águas naturais, estudos sobre riscos à saúde humana são comumente realizados na Europa Central (FORDYCE *et al.*, 2007; INDERMITTE; SAAVA; KARRO, 2009), Estados Unidos da América (ERDAL; BUCHANAN, 2005; USEPA, 2003), Canadá (HEALTH CANADA, 1997), China (BO *et al.*, 2003); África (GUISOUMA; TARHOUNI, 2015) e utilizados como ferramentas para gestão do meio ambiente e para tomadas de decisões em questões de saúde pública.

### Cálculo do risco

Baseando-se no cálculo do risco apresentado na metodologia são discutidos os níveis de exposição ao flúor na água subterrânea do parque, para diferentes pontos de coleta e grupos de indivíduos.

Nenhuma amostra apresentou um nível de exposição para o flúor acima da dose aguda definida pela WHO (2011), que é de 1.000 µg/kg.dia. Assim, é possível considerar que a população consumidora das águas minerais do parque não está exposta à toxicidade aguda por ingestão de flúor. Entretanto, grupos de indivíduos dessa população estariam subordinados à toxicidade crônica, que é causada pela ingestão da água com flúor a longo prazo, fato discutido a seguir.

Para apresentação das interpretações por toxicidade crônica de flúor dissolvido nas referidas águas, a modelagem foi realizada baseando-se no consumo das águas das fontes (Cenário 1 – real), conforme Figura 2, e consumo das águas diretamente dos poços (Cenário 2 – possível), apresentado na Figura 3. Quanto ao Cenário 2, mesmo não havendo consumo direto das águas dos poços no parque de águas minerais, essa modelagem foi realizada por considerar a possibilidade de exploração de poços e/ou nascentes nos arredores da área de estudos, a partir de águas subterrâneas que integrem os sistemas aquíferos fissurais em questão.

Os cenários foram calculados baseando-se na dose de referência para risco crônico estabelecida pela USEPA e a partir de parâmetros de exposição conservadores dos indivíduos (Tabela 1).

Com base nos resultados obtidos pela modelagem de avaliação de risco, foi possível observar nas Figuras 2 e 3 que os grupos de indivíduos mais sensíveis

O modelo do cenário de exposição (MCE) traçado para o Parque identifica que a fonte do flúor consiste nos aquíferos fissurais; o caminho percorrido pelo flúor ocorre com o movimento da água subterrânea e define como receptores as famílias que se alimentam da água do parque, coletadas a partir das fontes. A seguir são discutidos os cálculos de risco para ingestão da água nesse local, tendo em vista diferentes grupos de indivíduos consumidores.

ao consumo do flúor são os bebês, seguidos pelos infantes. O crescimento do esqueleto e o desenvolvimento dos dentes são cruciais para a formação dos indivíduos, e o excesso do flúor nesses tecidos pode gerar fluoroses. Estudos consideram que a maior deposição nos tecidos calcificados (ossos, dentes) é observada nas fases da infância (CSHPF, 1995; AFSSET, 2010; GUISOUMA; TARHOUNI, 2015), ou seja, a maior fixação de elementos com afinidade em tecidos mineralizados, como o flúor, é observado nos primeiros anos de vida.

Merece destaque a água consumida da fonte Alcalina Terrosa Magnesiana, que possui as maiores concentrações do íon fluoreto para o cenário 1 – real (Tabela 2), com doses acima de 60 µg/kg.dia (dose de referência) para bebês, indicando risco crônico em todos os meses de coleta (Figura 2).

Após o cálculo da exposição ao fluoreto nas águas minerais em questão, o valor mais alto de exposição foi observado para a fonte Alcalina Terrosa Magnesiana no mês de julho de 2015, época de seca, para o grupo de indivíduos formado por bebês, e compreendeu 136,7 µg/kg.dia. A média e a mediana do risco para essa fonte, considerando o grupo bebê, foram 1,93 e 2,03, respectivamente.

Com base no cálculo da mediana como a dose representativa de flúor para os grupos de indivíduos, a porção ingerida a partir dessa fonte é o dobro da recomendada para bebês, sendo de 122 µg/kg.dia. Pesquisas realizadas no Canadá e nos Estados Unidos estimam que a ingestão diária dessa quantidade de flúor ocasiona fluorose dentária em indivíduos de até 26 meses (HEALTH CANADA, 1997; USEPA, 2003).

Ainda para a fonte Alcalina Terrosa Magnesiana, a modelagem verificou risco para o grupo de indivíduos infantis (1 a 3 anos de idade) para 5 dos 10 meses amostrados, com média e mediana respectivas para o quociente de risco com valores de 0,97 e 1,02, limítrofes ao risco aceitável, merecendo também atenção e cuidados quanto à ingestão dessa água para indivíduos na fase pueril, especialmente até 36 meses de idade.

A concentração mediana nessa fonte, que consiste em 1,27 mg/L, determinou, por meio da modelagem dessa

pesquisa, uma dose de ingestão diária que apresenta risco crônico de desenvolvimento de fluorose dentária para bebês e infantis. Algumas pesquisas realizadas na Europa sobre concentrações de consumo de flúor dissolvido reforçam a restrição identificada neste estudo.

Segundo Indermitte, Saava e Karro (2009), que realizaram estudos na Estônia, foi constatado que 12% de indivíduos com até 12 anos de idade que consumiram entre 1 e 1,5 mg/L de flúor dissolvido desenvolveram fluorose dentária. Ainda na Europa Central, estudos como os de Povoroznuk *et al.* (2009) e Fordyce *et al.*

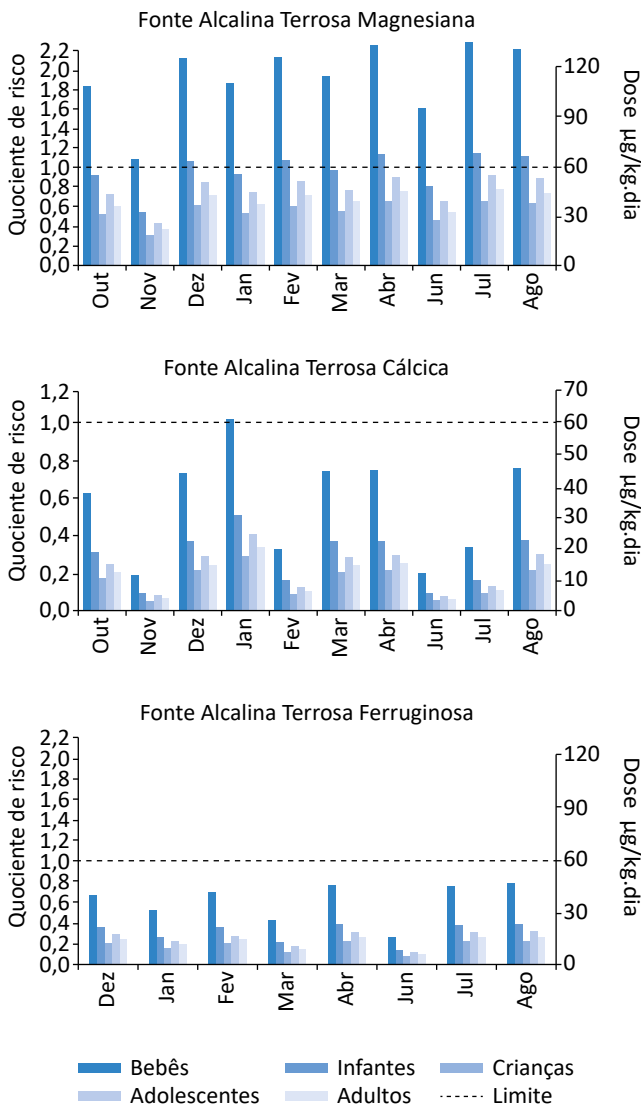


Figura 2 – Avaliação de risco para consumo de água das fontes do parque considerando como SQI flúor (Cenário 1).

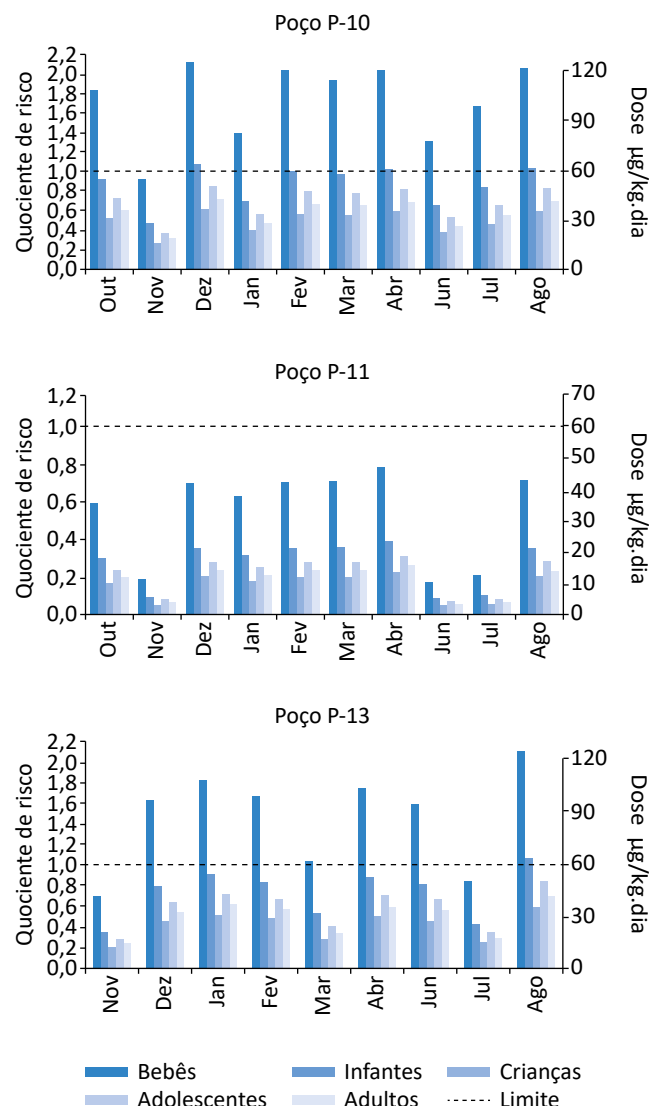


Figura 3 – Quociente de risco para consumo de água dos poços do parque considerando como SQI flúor (Cenário 2).

(2007) determinaram que, para regiões mais quentes, a concentração padrão para flúor dissolvido deve ser reduzida, já que as condições climáticas induzem a população a ingerir mais água e, assim, concentrações acima de 1,2 mg/L de flúor em água já acarretariam riscos de fluoroses. Bo *et al.* (2003) definiram que, para a preservação da saúde da população do nordeste da China, o limite do consumo de água fluoretada deve ser de 1,0 mg/L.

Conforme trabalhos verificados no Canadá e na Tunísia (HEALTH CANADA, 1997; GUISSOUMA; TARHOUNI, 2015), nenhum dos cenários da área de estudos apresentou quocientes de risco com doses superiores a 200 µg/kg.dia, que representaria perigo de desenvolvimento de fluorose óssea.

Baseando-se na modelagem para os grupos de indivíduos consumidores do tipo adolescentes e adultos, os quocientes de riscos apresentaram-se abaixo do limite, ou seja, inferiores a 1,00, indicando que as doses ingeridas por esses grupos de pessoas são menores do que o padrão utilizado neste estudo e não acarretaria risco tóxico individual à saúde desses receptores. Vale ressaltar que a ingestão nesses casos pode contribuir para o aumento da densidade óssea desses indivíduos (DEMOS *et al.*, 2001; LEMOS JÚNIOR; LEMOS, 2009), já que a dentição se encontra formada, fato que torna irrelevante o desenvolvimento de fluorose dentária.

Quanto ao Cenário 2, para consumo direto das águas dos poços, a ingestão de águas do P-10 e P-13 para o

grupo de indivíduos formados por bebês apresentou quocientes de risco acima de 1 (Figura 3).

Considerando as medianas das concentrações dos poços P-10 e P13 como as doses representativas de ingestão de flúor para bebês, as doses ingeridas, a partir dessas fontes, são 105,5 µg/kg.dia e 97 µg/kg.dia, respectivamente. No P-10, a dose de ingestão ultrapassou a dose de referência para infantes em 4 das 10 campanhas realizadas, sendo que a porção representativa calculada para esses indivíduos foi de 52,9 µg/kg.dia. Baseando-se na modelagem e nas referências de consumo de flúor dissolvido em água, recomenda-se que as águas dos poços P-10 e P-13 também não sejam consumidas *in natura* por grupos de crianças. Para grupos de indivíduos adolescentes e adultos, os riscos individuais de exposição ao flúor apresentaram-se abaixo do quociente de perigo e não são relevantes considerando a possibilidade de desenvolvimento de fluorose dentária.

Deve-se ponderar que existem outras vias de exposição que contribuem para o risco humano de desenvolvimento de fluorose. De acordo com Erdal e Buchanan (2005), além do consumo do flúor por meio de água fluoretada, a ingestão de bebidas, leite de vaca, vegetais, fórmulas para lactentes e suplementos com flúor consistem em vias de risco relevantes, principalmente para indivíduos com até 5 anos de idade. Esse fato nos leva a compreender que o risco para consumo de flúor ocorre em função da diversidade de alimentos ingeridos associado a grupo de indivíduos.

## CONCLUSÕES

O Parque de Águas Minerais possui concentrações naturais de flúor dissolvido, provenientes das rochas por onde percolam as águas subterrâneas, que são livremente consumidas por indivíduos de todas as idades.

Foram modelados cinco grupos de indivíduos para risco à saúde humana, como bebê, infante, criança, adolescente e adulto, sendo o grupo infante o mais suscetível ao risco de desenvolvimento de fluorose dentária.

O grupo infante é o mais fragilizado, tendo em vista o tempo de exposição desses indivíduos ao flúor e à sua capacidade de incorporação nos ossos e dentes nessa etapa da vida.

Considerando o cenário real de consumo direto das águas provenientes dos fontanários do parque, e baseando-se na modelagem e estudos de casos em diversos países, recomenda-se que a água mineral da fonte Alcalina Terrosa Magnésiana não seja consumida por grupos de pessoas nas primeiras etapas de vida (bebês, infantes e crianças).

O estudo no parque, apesar de ter apresentado concentrações de flúor em água inferiores a 1,4 mg/L, abaixo do limite preconizado pela OMS, demonstrou que para a via ingestão deve-se considerar não limites, mas doses de referência para diversos grupos de indivíduos consumidores.

## REFERÊNCIAS

- ADELÁRIO, A. C.; VILAS-NOVAS, L. S.; CASTILHO, L. S.; VARGAS, A. M. D.; FERREIRA, E. F.; ABREU, M. H. N. G. Accuracy of the simplified Thylstrup & Fejerskov index in rural communities with endemic fluorosis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 7, p. 927-937, 2010.
- AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL (AFSSET). *Valeurs toxicologiques de référence (VTR) rapport: guide d'élaboration de VTR*. 2010. Disponível em: <<https://www.anses.fr/fr>>. Acesso em: dez. 2015.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). *Toxicological profile for fluorides, hydrogen fluoride, and fluorine (F)*. ATSDR/TP-91/17. Atlanta: Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, 1993.
- AMINI, M.; MUELLER, K.; ABBASPOUR, K. C.; ROSENBERG, T.; AFYUNI, M.; MOLLER, K. N.; SARR, M.; JOHNSON, C. A. Statistical modelling of global geogenic fluoride contamination in groundwaters. *Environmental Science and Technology*, v. 42, p. 3662-3668, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *Norma NBR 16209, de 2 de setembro de 2013. Avaliação de risco à saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 40 p.
- AYENEW, T. The distribution and hydrogeological controls of fluoride in the groundwater of central Ethiopiann rift and adjacent highlands. *Environmental Geology*, v. 54, p. 1313-1324, 2008.
- BARROS, B.S.; TOMITA, N.E. Epidemiologic aspects of dental fluorosis in Brazil: research in the period 1993-2006. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 15, n. 1, p. 289-300, 2010.
- BASSIN, E. B.; WYPIJ, D.; DAVIS, R. B.; MITTLEMAN MA. Age-specific fluoride exposure in drinking water and osteosarcoma. *Mittleman. Cancer Causes and Control*, v. 17, p. 421-428, 2006.
- BO, Z.; MEI, H.; YONGSHENG, Z.; XUEYU, L.; XUELIN, Z.; JUN, D. Distribution and Risk Assessment of Fluoride in Drinking Water in the West Plain Region of Jilin Province, China. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 25, n. 4, p. 421-431, 2003.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. 11 p.
- CAPELLA, L. F.; CARCERERI, D. L.; PAIVA, S. M.; ROSSO, R. A.; PAIXÃO, R. F.; SALTORI, E. K. Ocorrência de fluorose dentária endêmica. *Revista Gaúcha de Odontologia*, v. 36, n. 5, p. 371-375, 1989.
- CARVALHO, R.; MEDEIROS, U.; SANTOS, K.; PACHECO FILHO, A. Influência de diferentes concentrações de flúor na água em indicadores epidemiológicos de saúde/doença bucal. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 16, n. 8, p. 3509-3518, 2011.
- CASTILHO, L. S.; FERREIRA, E. F.; PERINI, E. Perceptions of adolescents and young people regarding endemic dental fluorosis: psychosocial suffering. *Health Society Care Community*, v. 17, p. 557-563, 2009.
- CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). *Recommendations for Using Fluoride to Prevent and Control Dental Caries in the United States*. 2001. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/rr5014a1.htm>>. Acesso em: fev. 2016.
- CHANDRAJITH, R.; PADMASIRI, J. P.; DISSANAYAKE, C. B.; PREMATILAKA, K. M. Spatial distribution of fluoride in groundwater of Sri Lanka. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, v. 40, n. 4, p. 303-309, 2012.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Água Subterrânea no Estado de São Paulo*. São Paulo: CETESB, 2001. 247 p.

- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Serviço Geológico do Brasil. *Carta Geológica Três Rios (SF23-Z-B-I)*. 1:100.000. 2009.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). *Fluoretação em Água de Consumo*. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=33>>. Acesso em: fev. 2015.
- CONSEIL SUPÉRIEUR D'HYGIÈNE PUBLIQUE DE FRANCE (CSHPF). *Avis sur les limites de sécurité dans les consommations alimentaires des vitamines et de certains minéraux*. CSHPF, 1995.
- CORVAL, A.; MIRANDA, A. W. A.; TAPAJÓS, T. *Modelos geodinâmicos para o segmento central da Faixa Ribeira e de reativação da porção meridional da Plataforma Sul-Americana no Cretáceo Inferior*. (no prelo).
- CRAIG, L.; STILLINGS, L. L.; DECKER, D. L.; THOMAS, J. M. Comparing activated alumina with indigenous laterite and bauxite as potential sorbents for removing fluoride from drinking water in Ghana. *Applied Geochemistry*, v. 56, p. 50-66, 2015.
- DABEKA, R. W.; MCKENZIE, A. D. Survey of lead, cadmium, fluoride, nickel, and cobalt in food composites and estimation on dietary intakes of these elements by Canadians in 1986-1988. *Journal of AOAC International*, v. 78, n. 4, p. 897-909, 1995.
- DEY, S.; GIRI, B. Fluoride fact on human health and health problems: a review. *Medical & Clinical Reviews*, v. 2, p. 1, p. 1-6, 2016.
- DEMOS, L. L.; KAZDA, H.; CICUTTINI, F. M.; SINCLAIR, M. I.; FAIRLEY, C. K. Water fluoridation, osteoporosis, fractures – recent developments. *Australian Dental Journal*, v. 46, n. 2, p. 80-87, 2001.
- DHAR, V.; BHATNAGAR, M. Physiology and toxicity of fluoride. *Indian Journal of Dental Research*, v. 20, n. 3, p. 350-355, 2009.
- DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (DHHS). *Review of fluoride – Benefits and risks*. Report of The Ad Hoc Subcommittee on Fluoride of the Committee to Coordinate Environmental Health and Related Programs Public Health Service. DHHS, 1991. 233 p.
- DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS (DRM). *Mapa Geológico da Folha Paraíba do Sul*. 1:50.000, 1981.
- DIBAL, H. U.; SCHOENEICH, K.; GARBA, I.; LAR, U. A.; BALA, E. A. Occurrence of fluoride in the drinking waters of Langtang area, north central Nigeria. *Health*, v. 4, p. 1116-1126, 2012.
- DINIZ, L. *Flúor nas águas subterrâneas de Minas Gerais*. 213f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- ERDAL, S.; BUCHANAN, S. N. A quantitative look at fluorosis, fluoride exposure, and intake in children using a health risk assessment approach. *Environ Health Perspectives*, v. 113, n. 1, p. 111-117, 2005.
- FERREIRA, E. F. E.; VARGAS, A. M. D.; CASTILHO, L. S.; VELÁSQUEZ, L. N. M.; FANTINEL, L. M.; ABREU, M. H. N. G. Factors associated to endemic dental fluorosis in Brazilian rural communities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 7, p. 3115-3128, 2010.
- FLUORIDE ALERT. *Statements from European Health, Water, & Environment Authorities on Water Fluoridation*. 2015. Disponível em: <<http://fluoridealert.org/content/europe-statements/>>. Acesso em: fev. 2016.
- FORDYCE, F. M.; VRANA, K.; ZHOVINSKY, E.; POVOROZNUK, V.; TOTH, G.; HOPE, B. C.; ILJINSKY, U.; BAKER, J. A health risk assessment for fluoride in Central Europe. *Environmental Geochemistry Health*, v. 29, p. 83-102, 2007.
- GOMES, O. V. O. *Análise crítica de metodologia de avaliação de risco ambiental em área de produção de petróleo no Brasil*. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

GOMES, O. V. O.; CRUZ, I. F. D.; MARQUES, E. D.; TAPAJÓS, T.; CORVAL, A.; VALENTE, S. C.; GARCIA, J. M. P.; MIRANDA, A. W. A.; SILVA-FILHO, E. V. Caracterização hidrogeoquímica preliminar das águas do Parque Salutaris, Paraíba do Sul – RJ. In: CONGRESSO DE GEOQUÍMICA. *Anais...* Diamantina, 2013.

GUISSOUMA, W.; HAKAMI, O.; AL-RAJAB, A. J.; TARHOUNI, J. Risk assessment of fluoride exposure in drinking water of Tunisia. *Chemosphere*, v. 177, p. 102-108, 2017.

\_\_\_\_\_; TARHOUNI, J. Fluoride in Tunisian Drinking Tap Water. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 7, p. 860-870, 2015.

HEALTH CANADA. *Documentation pour la qualité de l'eau potable au Canada-Documentation à l'appui-Le fluorure*. 1997.

INDERMITTE, E.; SAAVA, A.; KARRO, E. Exposure to high fluoride drinking water and risk of dental fluorosis in Estonia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 6, n. 2, p. 710-721, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Carta Topográfica Folha Paraíba do Sul*. 1:50.000 - (SF23-Q-II-1). IBGE, 1965.

\_\_\_\_\_. *Tábuas completas de mortalidade para o Brasil*. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Tabuas\\_Completas\\_de\\_Mortalidade/Tabuas\\_Completas\\_de\\_Mortalidade\\_2013/notastecnicas.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Tabuas_Completas_de_Mortalidade/Tabuas_Completas_de_Mortalidade_2013/notastecnicas.pdf)>. Acesso em: fev. 2016.

Köppen, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Econômica. 1948. 479 p.

KUT, K. M. K.; SARSWATA, A.; SRIVASTAVAB, A.; PITTMAN JR.; C. U.; MOHAN, D. A review of fluoride in African groundwater and local remediation methods. *Groundwater for Sustainable Development*, v. 2-3, p. 190-212, 2016.

LEMOS JÚNIOR, H. P.; LEMOS, A. L. A. Flúor: cáries, densidade mineral óssea e fraturas. *Diagnóstico e Tratamento*, v. 14, n. 2, p. 74-75, 2009.

LI, Y.; LIANG, C.; SLEMENDA, C. W.; JI, R.; SUN, S.; CAO, J.; EMSLEY, C. L.; MA, F.; WU, Y.; YING, P.; ZHANG, Y.; GAO, S.; ZHANG, W.; KATZ, B. P.; NIU, S.; CAO, S.; JOHNSTON JR., C. C. Effect of long-term exposure to fluoride in drinking water on risks of bone fractures. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 16, p. 932-939, 2001.

LIMA, P. A.; CRUZ, I. F. D.; MARQUES, E. D.; SILVA-FILHO, E. V.; GOMES, O. V. O. Análise comparativa das concentrações de elementos-traço dissolvidos nas águas minerais do Parque Salutaris (RJ) com o Padrão de Potabilidade MS 2.914/2011. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO AMBIENTAL E BIODIVERSIDADE. *Anais...* Três Rios, 2013.

MANDINIC, Z.; CURCIC, M.; ANTONIJEVIC, B.; LEKIC, C. P.; CAREVIC, M. Relationship between fluoride intake in Serbian children living in two areas with different natural levels of fluorides and occurrence of dental fluorosis. *Food and Chemical Toxicology*, v. 47, p. 1080-1084, 2009.

MOGHADDAM, A. A.; FIJANI, E. Distribution of fluoride in groundwater of Maku area, northwest of Iran. *Environmental Geology*, v. 56, n. 2, p. 281-287, 2008.

NSW HEALTH. *Water fluoridation: questions and answers*. 2015. 21p. Disponível em: <<http://www.health.nsw.gov.au/environment/water/Documents/fluoridation-questions-and-answers-nsw.pdf>>. Acesso em: fev. 2016.

OZSVATH, D. L. Fluoride and environmental health: a review. *Review in Environmental Science and Biotechnology*, v. 8, p. 59-79, 2009. DOI: 10.1007/s11157-008-9136-9

POVOROZNUK, V.; ZHOVINSKY, E.; BARHANEL, I.; VO LOH, O. Impact of increased fluoride concentrations in water on bone tissue functional state and teeth. *Ukrainian Medicine Almanac*, 2009.

RAFIQUE, T.; NASEEM, S.; USMANI, T. H.; BASHIR, E.; KHAN, F. A.; BHANGER, M. I. Geochemical factors controlling the occurrence of high fluoride groundwater in the Nagar Parkar area, Sindh, Pakistan. *Journal of Hazardous Materials*, v. 171, n. 1, p. 424-430, 2009.

RAJ, D.; SHAJI, E. Fluoride contamination in groundwater resources of Alleppey, southern India. *Geoscience Frontiers*, v. 8, p. 117-124, 2017.

RAMIRES, I.; BUZALAF, M. A. R. A fluoretação da água de abastecimento público e seus benefícios no controle da cárie dentária – cinquenta anos no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 12, 2007.

RANGO, T.; KRAVCHENKO, J.; AT LAW, B.; MCCORNICK, P. G.; JEULAND, M.; MEROLA, B.; VENGOSH, A. Groundwater quality and its health impact: an assessment of dental fluorosis in rural inhabitants of the Main Ethiopian Rift. *Environmental International*, v. 43, p. 37-47, 2012.

RIO DE JANEIRO. *Decreto nº 40.156*. Estabelece os procedimentos técnicos e administrativos para a regularização dos usos de água superficial e subterrânea, bem como, para ação integrada de fiscalização com os prestadores de serviço de saneamento básico, e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2006.

SU, C.; WANG, Y.; XIE, X.; LI, J. Aqueous geochemistry of high-fluoride groundwater in Datong Basin, Northern China. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 135, p. 79-92, 2013.

UCHÔA H. W.; SALIBA, N. A. Prevalência de fluorose dental na cidade de Pereira Barreto. *Boletim do Serviço Odontologia Sanitária da Secretaria da Saúde*, v. 6, n. 3, p. 11-16, 1970.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Integrated Risk Information System (IRIS)*. USEPA, 2007a.

\_\_\_\_\_. *Method 9056A*. Determination of Inorganic anions by Ion Chromatography / United States Environmental Protection Agency. 2007b. 28 p.

\_\_\_\_\_. *Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS)*. Human Health Evaluation Manual. Office of Emergency and Remedial Response, OSWER Directive 9285-01a. USEPA, 1989. v. 1.

\_\_\_\_\_. *United States Environmental Protection Agency EPA: supplemental guidance for assessing cancer susceptibility from early-life exposure to carcinogens*, EPA/630/R-03/003. USEPA, 2003.

U. S. PUBLIC HEALTH SERVICE (USPHS). Recommendation for fluoride concentration in drinking water for the prevention of dental caries. Reports and Recommendations. *Public Health Reports*, v. 130, p. 1-14, 2015.

VITHANAGE, M.; BHATTACHARYA, P. Fluoride in the environment: sources, distribution and defluoridation. *Environmental Chemistry Letters*, v. 13, p. 131-147, 2015.

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

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Environmental Health Criteria 227 – Fluorides*. Genebra: WHO, 2002. 268 p.

\_\_\_\_\_. *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 4. ed. Genebra: WHO, 2011.

\_\_\_\_\_. *Rapport sur la santé dans le monde — Façonner l'avenir*. Genebra: WHO, 2003.