



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E GESTÃO AMBIENTAL

DINALVA BRITO DE QUEIROZ

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE FLÚOR NA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO
NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA: UM ESTUDO GEORREFERENCIADO

FORTALEZA-CEARÁ

2011



DINALVA BRITO DE QUEIROZ

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE FLÚOR NA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO
NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA: UM ESTUDO GEORREFERENCIADO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Botelho

Co-Orientador: Prof. Dr. Ronaldo S. Ruela

FORTALEZA – CEARÁ

AGOSTO de 2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- Q3a Queiroz, Dinalva Brito de.
Avaliação dos níveis de flúor na água de abastecimento público no município de Fortaleza : um estudo georreferenciado / Dinalva Brito de Queiroz. - 2011.
58 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Aperfeiçoamento de Professores para a Educação Inclusiva, Campus Fortaleza, 2011.
Orientação: Prof. Dr. Marco Antônio Botelho.
1. Gestão Ambiental - Dissertação. 2. Água de abastecimento. 3. Georreferenciamento. I. Título.
CDD 371.9
-

DINALVA BRITO DE QUEIROZ

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE FLÚOR NA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO
NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA: UM ESTUDO GEORREFERENCIADO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de pós-graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marco Antônio Botelho (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

Prof. Dr. Ronaldo de Sousa Ruela (Co-Orientador)
Faculdades Unidas do Norte de Minas – FUNORTE

Prof. Dr. Rinaldo dos Santos Araújo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

Prof. Dr. Pierre Basílio Fechine
Universidade Federal do Ceará - UFC

Ao meu Deus por sua fidelidade
Ao meu marido Queiroz Neto.
À Minha filha Élide, amor e compreensão.
Aos meus pais, por tudo.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Marco Botelho, por ter me orientado com toda a paciência, dedicação e amizade na realização deste trabalho.

Ao professor Ronaldo de Sousa Ruela, pelas suas preciosas considerações como co-orientador neste trabalho.

Ao professor Paulo Thiers, pela sua valiosa contribuição na supervisão do estudo de georreferenciamento.

Ao professor Danilo Caldas, por ter me proporcionado a oportunidade de continuar na pesquisa, pela generosa acolhida em seu campo de trabalho.

Ao professor Rinaldo Araújo, por toda sua ajuda no meu mestrado.

A Evidence Soluções Farmacêuticas por tornar possível a realização deste estudo.

A professora Norma Linhares pela sua valiosa contribuição na formatação desta dissertação.

As farmacêuticas Cynara Lima e Milena Queiroz pelas suas incansáveis ajudas e colaborações nas análises químicas deste estudo.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

RESUMO

A fluoretação da água de abastecimento ainda é motivo de controvérsias entre pesquisadores. Diversos efeitos adversos estão diretamente associados à exposição crônica ao flúor. O objetivo deste estudo foi determinar a concentração de flúor na água de abastecimento público no município de Fortaleza/CE, Brasil, através do método espectrofotométrico SPADNS. O município foi dividido em vinte e cinco pontos de coleta usando um programa de georreferenciamento em março de 2010. As amostras foram coletadas diretamente da rede de abastecimento público da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e analisadas em um intervalo máximo de 60 minutos. Os resultados mostraram que o valor médio de fluoreto em 2010 foi de 0,56 ppm F ($\pm 0,24$) e em 2011 foi de 0,69 ppm F ($\pm 0,16$). Das amostras coletadas em 2010 apenas uma (0,63 ppm F) se encontrava dentro nos padrões de potabilidade da Organização Mundial da Saúde (OMS). Dentre os pontos que apresentaram teores inadequados de flúor houve predomínio daqueles com alta quantidade de fluoreto com 56 % dos valores acima do recomendado pela OMS. Em 2011, 27 bairros foram selecionados na capital e região metropolitana predominando amostras com concentração de flúor acima dos padrões recomendados pela OMS (77,7 %). Quando as amostras foram submetidas ao processo de ebulição durante 15 minutos os valores de fluoreto quantificados alcançaram uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) se comparados aos encontrados à temperatura ambiente e a 90 °C. Estes resultados sugerem a necessidade de implementar uma vigilância do íon fluoreto no município de Fortaleza para uma adequada manutenção da concentração do mesmo no tocante a adequada potabilidade da água de abastecimento público.

Palavras-chave: Flúor; Água de abastecimento; Georreferenciamento.

ABSTRACT

Fluoridation of water supplies is still the subject of controversy among researchers. Several adverse effects are directly associated with chronic exposure to fluoride. The aim of this study was to determine the concentration of fluoride in public water supplies in the city of Fortaleza/CE, Brazil, by spectrophotometric SPADNS method. The city was divided into twenty-five sampling points using a Georeferencing program in march 2010. The samples were collected directly from the public supply Water Company and Sewage of Ceará (CAGECE) and submitted for analysis at maximum interval of 60 minutes. The dates showed that the average value in 2010 was 0.56 ppm F (± 0.24) and in 2011 was 0.69 ppm F (± 0.16). The samples collected in 2010 only one (0.63ppmF) was within the standards of potability of the World Health Organization (WHO). Among the points that had inadequate levels of fluoride were predominantly those with high amounts of fluoride 56 % with values above the WHO recommendations. In 2011, 27 districts were selected in the capital and metropolitan region predominantly samples with fluoride concentration above the standard recommended by WHO in 77.7 %. When these samples were subject to the process of boiling for 15 minutes these values reached a statistically significant difference ($p < 0.05$) when compared to room temperature and 90°C. These results suggest the need to implement a monitoring of ion F in Fortaleza for proper maintenance of the concentration of fluoride in regard to adequate drinking water for public supply.

Key words: Fluorine; Water supply; Georeferencing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Fluorose dental em estágio leve e severo.....	17
Figura 2 -	Fluorose Esquelética.....	19
Figura 3 -	Definição do tamanho da amostra de Indivíduos.....	25
Figura 4 -	Definição do tamanho da amostra dos bairros.....	26
Figura 5 -	Ponto de coleta interno.....	27
Figura 6 -	Ponto de coleta externo.....	28
Figura 7-	Representação da reação do método SPADNS.....	30
Figura 8 -	Mapa do município de Fortaleza e suas regionais.....	33
Figura 9 -	Prevalência do tipo de água consumida.....	35
Figura 10 -	Porcentagem de amostras de água dentro dos padrões recomendados pela OMS (março/2010).....	34
Figura 11 -	Porcentagem de amostras coletadas em 27 bairros de Fortaleza/CE e região metropolitana (março/2011).....	40
Figura 12 -	Georreferenciamento dos pontos de coleta em 2010.....	42
Figura 13 -	Efeito da temperatura na concentração de flúor em amostras submetidas ao Ensaio Experimental Culinário (EEC).....	45
Figura 14 -	Porcentagem de amostras coletadas em 27 bairros em Fortaleza/CE e região metropolitana analisadas a 90°C (março/2011).....	46
Figura 15 -	Porcentagem de amostras coletadas em 27 bairros em Fortaleza/CE e região metropolitana analisadas a 100°C (março/2011).....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Distribuição por gênero sobre a forma de consumo de água dos 476 voluntários incluídos no estudo em Fortaleza/CE em 2010.....	38
Tabela 2-	Valores médios da concentração de flúor na água de abastecimento da CAGECE em Fortaleza em março de 2010.....	40
Tabela 3-	Valores médios, da concentração de flúor em 27 amostras coletadas na Região Metropolitana e em bairros do município de Fortaleza em março de 2011.....	43
Tabela 4-	Valores médios, desvio padrão, valores máximos e mínimos da concentração de flúor em 27 amostras coletadas na Região Metropolitana e em bairros do município de Fortaleza em março de 2011.....	46
Tabela 5-	Porcentagem das 27 amostras coletadas em bairros do município de Fortaleza e região metropolitana em março de 2011 que atendem aos parâmetros de potabilidade recomendados pela OMS.....	46
Tabela 6-	Série histórica dos valores expressos pela concentração média do teor de fluoreto nas amostras coletadas nos bairros no Município de Fortaleza (1980; 1992; 2010).....	49

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS.....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 Fluoretação de Águas de Abastecimento.....	14
3.2 Ocorrência Ambiental e Geoquímica.....	15
3.3 Distribuição de Flúor na Água	15
3.4 Exposição ao Flúor no Ar	16
3.5 Flúor x Odontologia	17
3.6 Flúor em Alimentos e Bebidas.....	18
3.7 Toxicologia do Flúor	19
3.8 Flúor na Água.....	21
3.9 Metabolismo do Flúor.....	21
3.10 Legislação	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Considerações Éticas.....	24
4.2 Estudo Populacional.....	24
4.3 Cálculo do Tamanho da Amostra de Bairros.....	25
4.4 Área de Estudo.....	26
4.5 Protocolo Experimental	26
4.5.1 Aparelhos e instrumentos laboratoriais	26
4.5.2 Substâncias e reagentes utilizados	26
4.5.3 Coleta de amostras	26
4.5.4. Estudo analítico.....	28
4.5.5 Análise espectrofotométrica das amostras de água da CAGECE.....	30
4.5.6 Controle de vieses.....	30
4.6 Estudo de georreferenciamento	31
4.7 Análise estatística	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 Percentual do Tipo de Água Consumida pela População	33
5.2 Concentração de Flúor nos Bairros Selecionados para o Estudo em 2010	35

5.3	Concentração de Flúor nos Bairros Seleccionados para o Estudo em 2011	36
5.4	Concentração de Flúor nas Amostras Após Aquecimento a 90 e 100°C....	42
5.5	Concentração de Flúor nas Amostras Após Aquecimento a 100°C	44
5.6	Comparações dos Resultados Atuais com a Série Histórica.....	45
6	CONCLUSÕES.....	46
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
	ANEXOS	56
	ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	57
	ANEXO B - Questionário Estruturado.....	58

1 INTRODUÇÃO

A fluoretação da água potável é motivo de grandes controvérsias entre pesquisadores, tendo em vista o Flúor^{1*} ser considerado medicamento pela Organização Mundial da Saúde (OMS), a qual sabedora de seus efeitos ainda publica relatórios orientando sua adição na água, leite ou sal como método preventivo da cárie dental (McLAREN, 1976; WHO, 2006).

No Brasil, a Lei Federal nº 6.050, regulamentada pelo Decreto nº 76.872, determina os parâmetros para a fluoretação das águas de abastecimento, onde compete ao órgão responsável pelo sistema público de abastecimento o projeto, instalação, operação e manutenção dos sistemas de fluoretação (BRASIL, 1974; BRASIL, 1975).

A exposição aos fluoretos pode se manifestar através de diversas maneiras não apenas em produtos odontológicos, mas, sobretudo através do contato com águas, através do ar, subprodutos da indústria de fertilizantes bem como na produção de cerâmicas, alumínio e aço (WHO, 2006).

Diversas ferramentas já foram introduzidas com o objetivo de monitorar e melhor ilustrar aspectos ligados a fatores ambientais que quando não vigiados de forma constante podem vir a comprometer a saúde pública, destacando-se entre estas o Sistema de Informações Geográficas (SIG) o qual viabiliza diversas análises na área do meio ambiente. Diversos países utilizam esta ferramenta para o monitoramento em de águas fluviais tendo em vista o risco de exposição do fluoreto através de efluentes de indústrias de fertilizantes (AMINI et al., 2008).

Na literatura científica não se tem notificado um estudo de base populacional conduzido no município de Fortaleza com o objetivo de estabelecer a prevalência de indivíduos que bebem a água proveniente da Estação de tratamento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), bem como ainda não se tem o adequado conhecimento da concentração de flúor nos bairros da capital e região metropolitana e o que ocorre durante o processo de fervura da água para o consumo cotidiano.

^{1*} Termo genérico para definir as formas químicas iônicas (íon flúor ou fluoreto) e ionizável (iônica ou covalente) do elemento flúor.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Avaliar os níveis de flúor na água de abastecimento público no município de Fortaleza que atendem aos parâmetros recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a porcentagem de amostras dos anos de 2010 e 2011 dentro da concentração recomendada pela OMS;
- Avaliar os níveis de flúor após o ponto de ebulição nas amostras coletadas;
- Determinar a prevalência de pessoas que bebem a água fornecida pelo sistema de abastecimento público da CAGECE no Município de Fortaleza;
- Avaliar o uso do Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG) para o heterocontrole da fluoretação de águas de abastecimento público.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura aborda aspectos que tratam de ações de fluoretação da água, seus efeitos na saúde e a legislação que a regulamenta em águas de abastecimento público.

3.1 Fluoretação de águas de abastecimento

O flúor é conhecido por ocorrer em concentrações elevadas em várias partes do mundo e, nessas circunstâncias, pode ter, e muitas vezes têm um impacto negativo sobre o Ambiente e a Saúde pública (AMINI et al., 2008).

A primeira edição das orientações da Organização Mundial da Saúde (OMS) para fluoretação da água foi publicada em 1971, trata-se de um desvio significativo das normas publicadas em 1963, partindo da premissa que estas são apenas orientações e não normas, apenas devem ser usadas como base para definir normas nacionais ou regionais, tendo em conta as considerações sócio-econômicas, culturais e ambientais. (WHO, 1963; WHO, 1971).

Em 1989, o trabalho foi revisado em uma segunda edição do Guia da qualidade da água potável (*Guide of Drinking Water Quality - GDWQ*), publicado em três volumes: Volume 1 recomendações (WHO, 1993), Volume 2 Critérios de Saúde e Outros Informações de Apoio (WHO, 1996) e Volume 3 de fiscalização e controle da comunidade (WHO, 1998; WHO, 2002).

Uma edição totalmente revisada foi denominada de Recomendações (WHO, 2004). O principal objetivo das orientações para a água potável de qualidade é a proteção da saúde pública. O guia (GDWQ) fornece uma avaliação do risco para a saúde apresentada por microrganismos e compostos químicos presentes na água. O que pode ser aplicado para o desenvolvimento de padrões de qualidade da água potável.

O flúor é um dos elementos químicos que tem mostrado causar diversos efeitos adversos significativos na saúde humana através do consumo de águas artificialmente fluoretadas (WHO, 2004; WHO, 2006).

Estudos mostram que a exposição excessiva ao fluoreto em água potável, ou em combinação com a exposição de outras fontes, pode ocasionar vários efeitos adversos, que vão desde uma leve fluorose dentária para fluorose esquelética incapacitante, quando o nível e a duração da exposição aumentam. Um contínuo

processo de atualização do GDWQ conclui a não necessidade de adição de flúor na água potável (WHO, 2006).

3.2 Ocorrência ambiental e geoquímica

O flúor é o elemento mais leve do grupo de halogênios sendo um dos elementos químicos mais reativos. Portanto não é encontrado na sua forma isolada no meio ambiente, sendo o mais eletronegativo de todos os elementos, significa possuir forte tendência de adquirir uma carga negativa. No meio ambiente é encontrado como fluoreto (NAYAK *et al.*, 2009).

Os fluoretos são encontrados em concentração significativa em uma grande variedade de minerais, incluindo fluorita, fosfato de rocha, apatita, criolita, mica e outros. Fluorita é um mineral de baixa solubilidade presente em rochas graníticas e sedimentares, geralmente está associado com atividade vulcânica, portanto, águas termais, são ricas em flúor. Os minerais de importância comercial incluem criolita e fosfatos de rocha. A criolita é um sal de fluoreto é usado para a produção de alumínio e como um pesticida (GOUIDER, FEKI e SAYADI, 2010).

3.3 Distribuição de flúor na água

O flúor é encontrado em todas as águas naturais em alguma concentração. A água do mar em geral contém cerca de 1 ppmF, enquanto os rios e lagos, geralmente, apresentam concentrações com menos de 0,5 ppmF. Em águas subterrâneas ocorrem, dependendo da natureza das rochas (WHO, 2006).

A fluorose tem sido descrita como uma doença endêmica de climas tropicais. Águas com altas concentrações de flúor ocorrem em grande e extensa faixas geográficas associada a sedimentos marinhos, rochas vulcânicas e graníticas. Geralmente quando comparamos as águas subterrâneas rasas e profundas as profundas têm a maior concentração. Um levantamento detalhado de flúor em amostras de águas subterrâneas realizado no Quênia, teve como resultado que 61% destas ultrapassaram 1 ppmF, 20% estavam com valores superiores a 5 ppmF e 12% ultrapassaram 8 ppmF (TSUTSUI, YAGI e HOROWITZ, 2000; WHO, 2006).

Altas concentrações de flúor das águas subterrâneas associadas as formações rochosas, foram notificadas na Índia, Paquistão, África Ocidental, Tailândia, China, Sri Lanka e África do sul. Na China, a fluorose endêmica tem sido

relatada em todas as 28 províncias, regiões autônomas e municípios com exceção de Xangai (WHO, 2006).

As altas concentrações de flúor em águas subterrâneas são resultados da contínua dissolução de apatita, fluorita e topázio do leito rochoso local. Estudos recentes mostram haver uma correlação negativa entre as concentrações de flúor e cálcio nas águas subterrâneas (DREISBACH, 1977; WHO, 2006).

A fluorose endêmica continua a ser um desafio extensivamente estudado concentração de 48 ppmF em Rewari (WHO, 2006).

3.4 Exposição ao flúor no ar

Em nível mundial, a Índia, configura um país com um grave problema de saúde ambiental. Um estudo mostrou que em 13 dos 32 Estados relataram concentrações naturalmente elevadas de flúor na água, este número aumentou para 17 em 1999 (WHO, 2006).

As cinzas de carvão devido à produção industrial de fertilizantes fosfatados são amplamente distribuídas na atmosfera, a queima de carvão e a atividade vulcânica também proporcionam uma significativa exposição aos fluoretos.

Em áreas não industrializadas, a concentração do flúor no ar é normalmente muito baixa (0,05 - 1,90 mg/m⁻³ de flúor). No entanto, em áreas onde o carvão é queimado e fertilizantes fosfatados são produzidos e utilizados, a concentração de flúor no ar é elevada, aumentando a exposição por inalação. No entanto, o ar é normalmente responsável por apenas uma pequena fração de exposição ao flúor (WHO, 2006).

Exemplos de áreas com altas concentrações de flúor na atmosfera destacam-se: Marrocos e China (HAIKEL, VOEGEL e FRANK, 1986; LIU e QIAN, 2008). Em algumas províncias da China, as concentrações de flúor no ar variam de 16-46 mg/m⁻³ devido à combustão de carvão em cozinhas industriais e para a secagem e cura de alimentos (WHO, 1996). Aproximadamente, mais de 10 milhões de pessoas na China relataram que sofrem de fluorose, relacionada em parte com a queima de carvão com altas concentrações de fluoreto (GU, JI e CAO, 1990).

3.5 Flúor x Odontologia

Estudos epidemiológicos estabeleceram índices confirmando a hipótese proposta por MCKAY (1928), de que a alta concentração de flúor na água provocava mancha nos dentes. Um estudo epidemiológico realizado por DEAN em 1942 desenvolveu-se o "Estudo das 21 Cidades", que estabelece a concentração de flúor na água que capaz de provocar manchas nos dentes, o que é conhecido como fluorose dental como pode ser visto na Figura 1 (DEAN, 1942; MCKAY, 1928; FEJERSKOV e THYLSTRUP, 1994).

A fluoretação da água de abastecimento público tem seu início em 1945, a partir dos estudos de DEAN e com os primeiros estudos experimentais a respeito da fluoretação da água de abastecimento com concentrações em torno de 1 ppmF (BURT e FEJERSKOV, 1996).



Figura 1 - Fluorose dental em estágio leve e severo. Fonte: www.google.com

A cidade de Grand Rapids, em Michigan, tornou-se o primeiro município a ajustar o teor de flúor da água de abastecimento para 1 ppmF, tendo como controle negativo a cidade de Muskegon (Michigan) onde a concentração era de 0,1 ppmF e controle positivo, Aurora (Illinois), onde a concentração de flúor natural na água era de 1,2 ppmF.

Em maio do mesmo ano, no Estado de Nova York, a cidade de Newburgh teve sua água fluoretada na concentração de 1 ppmF, com Kingston como controle negativo, com concentração de 0,1 ppmF. Em junho, de 1946, Brandford, no Canadá, fluoretou sua água com 1,2 ppmF, tendo Sarnia como controle negativo, com 0,1 ppmF e Stratford, onde a concentração de flúor natural na água era 1,3 ppmF, como controle positivo, ambas no Canadá, desta forma, foi possível concluir

que não havia diferença entre os concentrações de prevenção dental entre cidades com água natural ou artificialmente fluoretada (BURT e FEJERSKOV, 1996).

O Serviço de Saúde Pública dos EUA estabeleceu em 1962, limites para a adição de flúor nas diversas zonas climáticas da América do Norte, que foram consideradas determinantes para graduar as concentrações em função da temperatura média anual ($18^{\circ}\text{C} = 1,2 \text{ ppmF}$; $19-26^{\circ}\text{C} = 0,9 \text{ ppmF}$; 27°C ou mais = $0,7 \text{ ppmF}$). Estes limites também foram adotados na América Central e do Sul como base para determinar as concentrações de flúor na água (BURT e FEJERSKOV, 1996).

Na Organização Mundial da Saúde foi elaborado um programa para promoção da fluoretação de água de abastecimento de comunidades, obtendo aprovação por unanimidade dos 148 países-membros (WHO, 1993).

Outro fato que ainda proporciona amplas discussões entre pesquisadores, diz respeito a uma série de produtos direcionados para uso pediátrico com o objetivo de prevenir ou reduzir cárie dental que contém diversas concentrações de flúor (LIMEBACK, 2001).

3.6 Flúor em alimentos e bebidas

Legumes e frutas, normalmente apresentam baixa concentração de flúor (por exemplo, $0,1-0,4 \text{ mg/kg}$) e, portanto, pouco contribui para a exposição a compostos fluoretados. A concentração de flúor na carne ($0,2-1,0 \text{ mg/kg}$) e peixes ($2-5 \text{ mg/kg}$) é baixa. O leite contém baixa concentração de flúor, por exemplo, $0,02 \text{ ppmF}$ no leite humano e bovino. Alta concentração de flúor foi encontrada na cevada, arroz, inhame e mandioca (MURRAY, 1992), provavelmente pelo processo de ebulição da água, necessário para seu preparo.

Em algumas regiões da China, uma significativa exposição ao flúor na dieta ocorre devido ao consumo de milho cozido contaminado por cinzas geradas pela queima de carvão com alta quantidade de flúor. A exposição ao fluoreto devido à ingestão de chá tem sido relatada variando entre $0,04 \text{ mg}$ in natura e chegando a $2,7 \text{ mg}$ após o seu cozimento (CHEN, 1991).

3.7 Toxicologia do flúor

Em termos técnicos é necessário entender que o flúor é uma substância tóxica, causando efeitos colaterais quando determinadas doses são ingeridas de forma aguda ou através da exposição crônica (LIMEBACK, 2001).

A fluorose dental, configura-se como um dos efeitos adversos mais comuns decorrente da fluoretação da água, o que altera a cor e consistência dos dentes (LIU e QIAN, 2008).

O consumo de flúor em concentração além daqueles utilizados em água fluoretada durante um longo período de tempo causa fluorose óssea (Figura 2). Em algumas áreas, particularmente o subcontinente asiático, a fluorose óssea é endêmica. É conhecida como a causa do intestino irritável e dores articulares. Os estágios iniciais não são clinicamente evidentes, e pode ser diagnosticada como artrite reumatóide ou espondilite anquilosante (GUPTA et al., 2007).



Figura 2 - Fluorose esquelética. Fonte: www.google.com

O excesso de consumo de flúor tem sido estudado como um fator contributivo no enfraquecimento dos ossos, levando a um aumento de fratura no quadril e pulso (JOSHI et al., 2011). A Figura 2 mostra duas radiografias de quadris, a da esquerda mostra um caso típico de fluorose esquelética com perda significativa de cálcio quando comparada com a radiografia da direita.

Estudos epidemiológicos têm observado uma correlação direta entre o aumento de flúor e uma considerável baixa no quociente de inteligência (LIU e QIAN, 2008).

Os efeitos nocivos do flúor estão diretamente relacionados à formação de diversos compostos nocivos a fisiologia hormonal. Este tópico tem sido identificado como motivo de grande preocupação desde o acompanhamento dos primeiros estudos de vigilância e monitoramento de longa duração após introdução do flúor na água potável (McLAREN, 1976).

O mecanismo de ação do flúor na tireóide se faz por competição com o iodo. O efeito supressor do flúor sobre a tireóide é mais grave quando é deficiente o aporte de iodo (ZACHARIASSEN e FLATEN, 2009).

Os efeitos na tireóide em seres humanos foram associados com concentração de flúor de 0,05-0,13 mg/kg/dia quando a ingestão de iodo foi adequada, e 0,01-0,03 mg/kg/dia quando a ingestão de iodo foi inadequada (VORONYCH-SEMCHENKO, 2007).

Não ocorrendo o atrelamento do iodo, por uso prévio deste sítio pelo flúor, acarreta déficit de iodo para metabolização na tireóide, assim, ocorre o que é diagnosticado como hipotireoidismo e que clinicamente se apresenta por: aumento de concentração do colesterol, queda de energia, desânimo, perda na capacidade de memória, ganho de peso e dificuldade em perder peso (VORONYCH-SEMCHENKO, 2007).

Nos anos 50, o flúor, era usado como medicamento contra o hipertireoidismo e neste caso se acumula na tireóide, como faz com ossos, cartilagens, parede das artérias ou em qualquer outro tecido conjuntivo (SAWAN et al., 2010).

A ação inibitória do flúor sobre o iodo estimula o crescimento das glândulas da tireóide, ou seja, o bócio, assim como o hipotireoidismo, cujos sintomas se assemelham aos da intoxicação pelo flúor. Um estudo recente, mostrou que a ingestão de 1,0 mg/dia de flúor reduz os índices de tiroxina, tiroxina livre e triiodotironina (T3) no plasma sanguíneo, levando-os a concluir que o flúor interfere indiretamente na glândula da tireóide. Outro estudo refere o aumento de linfócitos B e imunoglobulina A em pessoas permanentemente expostas ao flúor. Fatos como esses, atestam para a participação danosa e irrefutável do flúor nos tecidos tireidianos, suprimindo a sua ação (BOBEK, KAHL e EWY, 1976; McLAREN, 1976).

No entanto os mecanismos e efeitos do flúor sobre o sistema endócrino permanecem obscuros, carecendo de estudos clínicos do tipo duplo-cego controlados e randomizados.

Os efeitos tóxicos seguem uma escala que vão de distúrbios gástricos, redução temporária da capacidade urinária, fluorose dentária ou esquelética, hipotireoidismo, resistência à insulina e, eventualmente, morte (WHITFORD, 1996).

A DTP é de aproximadamente 5 mg F/kg de peso corporal. A dose certamente letal (DCL) está entre 32 e 64 mg F/kg peso corporal, embora existam relatos de morte com doses menores (BUZALAF et al., 2002).

Estudos relatam morte em crianças, na dosagem de 200mg. Em casos com um consumo único de 500mg, causa parada cardíaca e morte em crianças. Doses a partir de 2g, de fluoreto de sódio, podem matar um adulto. Lavagem gástrica ou leite podem diminuir a absorção da substância (WHITFORD, 1990).

3.8 Flúor na água

A exposição ao flúor através da água potável é determinada pela concentração de flúor e o consumo diário de água. No entanto, dados de consumo de água estão disponíveis para poucos países como o Canadá, EUA e Reino Unido (WHO, 2006).

No Brasil e outros países em desenvolvimento, dados sobre o consumo de água se mostram ineficazes, devido grandes diferenças entre as comunidades urbanas com suprimento de água encanada e o consumo através de poços artesianos em comunidades rurais, sendo assim dados relativos à exposição ao flúor são difíceis de calcular (BUZALAF et al., 2002).

Estima-se que nos EUA, as crianças que consomem água contendo 0,7-1,2 ppmF de flúor são expostas a aproximadamente 0,5 mg de flúor por dia para aqueles que bebem um litro de água por dia a exposição pode ser de até 1,2 mg de flúor por dia. Valores similares aplicam-se a outras regiões climáticas (WHO, 2006).

3.9 Metabolismo do flúor

A absorção no estômago está diretamente relacionada à acidez do mesmo, ao conteúdo e à rapidez do esvaziamento gástrico para o intestino delgado. Portanto, quanto mais baixo for o pH, maior e mais rápida será a absorção. Além do pH, a quantidade e a composição dos alimentos presentes no estômago no momento da ingestão de alguma fonte de flúor, têm grande influência na absorção do flúor. Sendo assim, se no estômago estiverem alimentos ao qual o flúor possa se

complexar, parte do íon será excretado nas fezes (MESSER e OPHAUG, 1993; WHITFORD, 1996).

A presença de cálcio e outros cátions bi e trivalentes podem desencadear uma ligação química, formando compostos insolúveis, pobremente absorvíveis. Uma dieta rica em cálcio e magnésio está relacionada a uma baixa absorção de flúor (FEJERSKOV e THYSLTRUP, 1994).

Não sendo absorvido no estômago, o flúor vai para o intestino delgado. A absorção ocorre com facilidade, uma vez que não depende de pH e se dá predominantemente na forma de íon flúor. Após a ingestão, as concentrações plasmáticas caem rapidamente, o que se deve à excreção renal e a incorporação aos tecidos mineralizados (WHITFORD, 1990).

3.10 Legislação

A legislação que determina a fluoretação das águas de abastecimento no Brasil configura um dos sérios debates no quesito saúde pública (BRASIL, 1975).

Segundo a OMS, a recomendação atual preconiza, mas não torna obrigatória a implantação da fluoretação, faculta às autoridades nacionais de saúde ou aos governos locais o estabelecimento de fluoretação da água de abastecimento público. No Brasil, na Bulgária, na Grécia, na Irlanda e em seis estados dos EUA e em Washington foram promulgadas leis que impõem a fluoretação da água de abastecimento público (MURRAY, 1992).

O Brasil foi um dos primeiros países da América Latina a estabelecer a fluoretação da água. Desde 1974, o Ministério da Saúde estabelece normas e critérios nacionais sobre a fluoretação (MURRAY, 1992).

A partir de 1974, a fluoretação da água de abastecimento público passa a ser obrigatória no Brasil, onde existe Estação de Tratamento de Água (ETA), regulamentada por meio de legislação (BRASIL, 1974).

A Lei Federal nº 6.050, de 24 de maio de 1974, dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas públicos de abastecimento, sendo devidamente regulamentada pelo Decreto Federal nº 76.872, de 22 de dezembro de 1975, que dispõe sobre a obrigatoriedade da fluoretação, estabelecendo que "os projetos destinados à construção ou ampliação de sistemas públicos de abastecimento de

água, onde haja estação de tratamento, devem incluir previsões e planos relativos à fluoretação de água" (BRASIL, 1974; BRASIL, 1975).

A operacionalização da medida tem seus padrões definidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº. 635/BSB, de 26 de dezembro de 1975, que aprova e determina normas e padrões a serem seguidos, a cerca da concentração do íon flúor, de acordo com as médias das temperaturas máximas anuais de cada região (BRASIL, 1975).

No Estado do Ceará, tendo em vista a variação de temperatura anual, a água deve conter entre 0,6 a 0,7 miligramas de flúor por litro (0,6 a 0,7 ppmF) de acordo com a OMS. O teor de flúor abaixo ou acima desse intervalo caracteriza água fora do "Padrão de Potabilidade", portanto, inaceitável para o consumo humano (WHO, 2006).

A CAGECE iniciou, em 1979, a fluoretação em Fortaleza, com adição de fluorsilicato de sódio na água tratada (CEARÁ, 2011), a partir de 2009 passou a utilizar o ácido fluorsilícico.

A mais recente legislação relativa à água de abastecimento dispõe que, são pertinentes à Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de 25 de março de 2004, e Decreto nº. 79.367, de 9 de março de 2004, os procedimentos e as responsabilidades relativas ao controle e à vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Sendo considerado adequado a concentração de até 1,5 ppmF (BRASIL, 2004).

Sendo o flúor um elemento químico e, que por estar presente em diversos produtos, como água de abastecimento público, água engarrafada, bebidas, sucos, refrigerantes, em alimentos, o controle e a manutenção da sua concentração adequada são de interesse da Vigilância Sanitária (BRASIL, 2004).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Considerações Éticas

Inicialmente, o termo de consentimento livre e pós-esclarecido foi assinado pelos voluntários dispostos a participar do estudo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic (Campinas/SP) sob protocolo de No. 1137.

4.2 Estudo populacional

Para calcular o tamanho da amostra foi utilizado o programa Epi-Info Versão 6.04d. Através dos dados do censo de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (BRASIL, 2010) no qual estabelece uma população de 2.452.185 habitantes no Município de Fortaleza, desta forma, através de um estudo piloto foi estimado um número aproximado de 5% da prevalência de pessoas que consomem água de forma direta da CAGECE.

Após alimentado o programa o resultado obtido para compor a amostra do estudo de base populacional foi de 456 indivíduos (Figura 3). No total, 500 indivíduos foram avaliados, e 24 excluídos do estudo por não atender o critério de inclusão de ter acesso à água de abastecimento da CAGECE, totalizando 476 indivíduos os quais responderam ao questionário sobre consumo de água potável.

Com base em tal resultado foi realizado um cálculo estimado para definir com um erro de 3% qual a quantidade de bairros a serem alocados para o estudo de forma que tal número tornasse possível a inferência para todo o município.

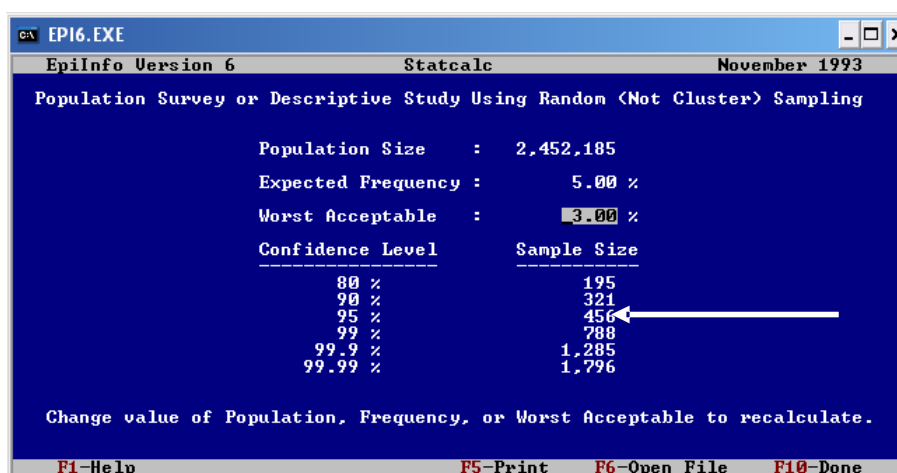


Figura 3 – Definição do tamanho da amostra de indivíduos.

Os objetivos e todo o procedimento foram explicados de forma detalhada aos voluntários, pais e responsáveis e posteriormente um Termo de Consentimento Livre e Pós-esclarecido (TCLE) foi obtido (Anexo A), no intuito de estabelecer uma perspectiva do número de indivíduos expostos à contaminação crônica por fluoreto decorrente da ingestão da água de abastecimento público da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) no município de Fortaleza/CE.

4.3 Cálculo do tamanho da amostra de bairros

Para calcular o tamanho da amostra dos bairros a serem alocados no estudo, foi utilizado novamente o programa Epi-Info Versão 6.04d. Através dos dados do censo de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (BRASIL, 2010) no qual estabelece 116 bairros para o Município de Fortaleza.

A definição dos pontos de coletas do sistema de distribuição de água foi obtida para realizar a análise estatística do número de amostras necessárias para tornar possível a inferência da concentração de flúor na água de abastecimento público da CAGECE para todo o município de Fortaleza/CE Brasil (Figura 4).

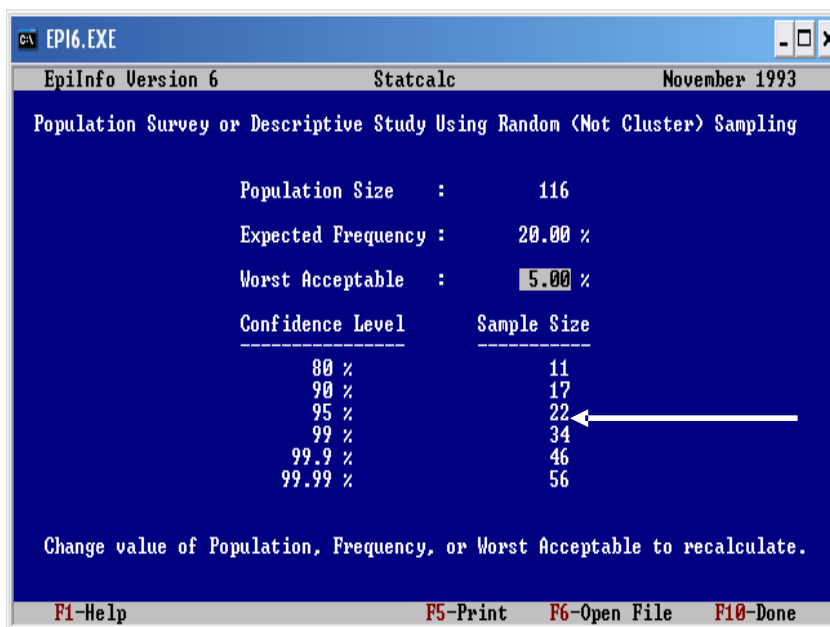


Figura 4 – Definição do tamanho da amostra dos bairros.

Todos os bairros tiveram as mesmas chances de participar da amostragem. O processo de randomização incluiu todos os bairros do município de

Fortaleza, onde cada bairro foi numerado e estes números foram escolhidos aleatoriamente através de uma lista de números gerados pelo programa Epi-Info.

4.4 Área de Estudo

O estudo foi realizado em quarenta e quatro bairros do município de Fortaleza/CE, sendo 25 bairros avaliados em março 2010 e 27 em março de 2011. Considera-se como ponto inicial de Flouretação a estação de tratamento ETA-Gavião a qual se situa no município de Pacatuba, região metropolitana de Fortaleza.

4.5 Protocolo experimental

4.5.1 Aparelhos e instrumentos laboratoriais

Durante o curso dos experimentos, foram utilizados diversos aparelhos e instrumentos, os quais são citados a seguir:

- Espectrofotômetro (Hach 5000);
- Chapa aquecedora; Cubetas quadradas de 10ml;
- Pipetas volumétricas de 2 e 10ml;
- Beckeres; Cronômetro digital;
- Termômetro -10 a 310°C.

4.5.2 Substâncias e Reagentes utilizados

Para a análise de fluoreto foi utilizado o reagente SPADNS e água ultra-pura livre de fluoreto.

4.5.3 Coleta de amostras

Amostras de água foram coletadas diretamente de torneiras ligadas à rede de abastecimento público da CAGECE de cada residência visitada durante o mês de março dos anos de 2010 e 2011 (Figura 5).



Figura 5 – Ponto de coleta Interno.

As amostras provenientes dos 25 bairros de Fortaleza foram coletadas no mês de março de 2010, em frascos de polietileno e rotuladas de acordo com o CEP de residência, a fim de facilitar o sistema de informação de georreferenciamento. Durante a coleta desprezava-se o primeiro jato de água (Figura 6).

Em março de 2011 foram coletadas, 27 amostras provenientes do município de Fortaleza/CE e região metropolitana para análise com temperaturas de 25, 90 e 100°C, simulando fins culinários, o que foi denominado de Ensaio Experimental Culinário (EEC).



Figura 6 – Ponto de coleta externo.

De acordo com as concentrações de flúor, as amostras de água foram classificadas como recomendado pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2002). Amostras com 0,6 a 0,7 ppm F (WHO, 2006) foram consideradas próprias para o consumo. As amostras com concentrações abaixo ou acima destes valores foram consideradas inadequadas. Para validar o período de coleta as amostras foram coletadas em uma mesma semana.

4.5.4. Estudo analítico

O procedimento analítico teve como principal objetivo estabelecer o procedimento para a análise físico-química de íon fluoreto na água proveniente da rede de abastecimento público da **Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE)**, de forma a certificar-se de que esta atende aos requisitos de potabilidade estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde.

Outro estudo foi desenvolvido e diz respeito a um ensaio laboratorial designado: Ensaio Experimental de Culinária (**ECC**) que avalia o nível de flúor após o aquecimento das amostras em diferentes temperaturas, neste caso simulando o preparo de diversos alimentos que se utilizam da água aquecida ou em ebulição.

4.5.4.1 Análise Espectrofotométrica do flúor pelo método SPADNS

No método colorimétrico com uso de reagentes zirconil - SPADNS, o íon fluoreto, presente na amostra reage com o íon zircônico ligado ao composto orgânico SPADNS [ácido -1,8 dihidroxi - 2 - (4 - sulfafenilazo) naftalino - 3,6 - disulfônico, sal disódico] (POHLING, 2009).

O fluoreto reage somente com o zircônio complexado pelo SPADNS e forma um outro complexo incolor de ZrF_6^{2-} , produzindo um efeito clareador da solução vermelha escura. A diminuição da intensidade da coloração da solução permite a determinação exata da concentração do fluoreto espectrofotometricamente em 580nm (FLUORIDE, 2005; POHLING, 2009).

A curva de calibração empregada encontra-se disponível no banco de dados do espectrofotômetro Hach 5000®, método *190 fluoride* (FLUORIDE, 2005).

O único interferente, além da turbidez, que o método SPADNS considera como relevante é o cloro (BANDINI, VILELA e MACEDO, 2008). Desta forma, as amostras foram previamente analisadas quanto ao teor de cloro residual através do método *80 Chlorine, F & T PP* no espectrofotômetro Hach 5000®e quanto a sua

turbidez através do método turbidimétrico no turbidímetro AP 2000 iR Policontrol. Todas as amostras analisadas apresentaram valores de cloro residual e de turbidez dentro dos parâmetros especificados pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004).

O reagente é preparado pela adição de solução ácida de oxicloreto de zircônio (ZrOCl_2) para solução de SPADNS [ácido - 1,8 - dihidroxi - 2 - (4 - sulfonilazonaftalino - 3,6 - disulfônico - sal trissódico)], $\text{C}_{16}\text{H}_9\text{N}_2\text{Na}_3\text{O}_{11}\text{S}_3$. Duas moléculas de SPADNS e um íon de zircônio (Figura 7) formam uma molécula do complexo (POHLING, 2009)

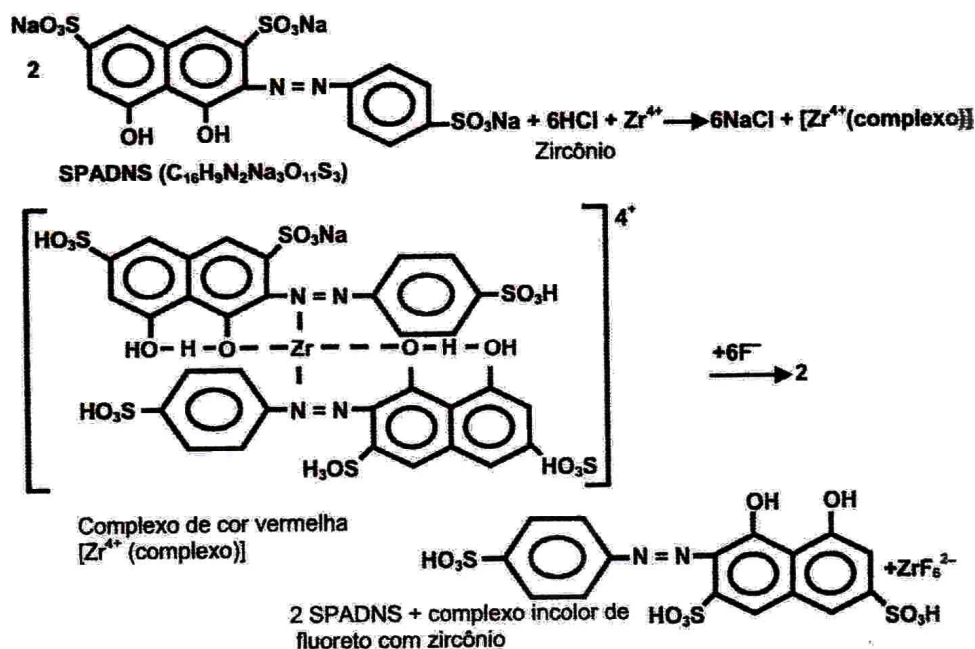


Figura 7 – Representação da reação do método SPADNS (POHLING, 2009).

A faixa analítica do método SPADNS é de 0,02 a 2,00 ppm F, portanto ideal para o fim proposto, já que a faixa de concentração considerada ideal para flúor em águas de abastecimento público é de 1,0 a 1,2 ppm F (FLUORIDE, 2005).

Foram transferidos 10 mL de água de injeção com uma pipeta volumétrica para uma cubeta quadrada limpa; Cuidadosamente, foi adicionado à cubeta 2 mL do reagente SPADNS com uma pipeta volumétrica, após agitação para homogeneizar (FLUORIDE, 2005).

Foram transferidos 10 mL da amostra teste para uma cubeta, sendo adicionado 2 ml à cubeta do reagente SPADNS com uma pipeta volumétrica;

Agitação para homogeneizar; tempo de reação de 1 minuto seguido da leitura final (FLUORIDE, 2005).

De acordo com a OMS a água Potável deve atender à seguinte especificação para potabilidade em relação à concentração de Fluoreto 0,6 a 0,7 ppm F. A quantificação de fluoretos em cada amostra foi realizada em duplicata, tendo como resultado a média das duas leituras (FLUORIDE, 2005).

4.5.5 Análise espectrofotométrica das amostras de água da CAGECE

A concentração de fluoreto na amostra foi determinada no Laboratório de Controle de Qualidade da Empresa do Grupo Evidence Soluções Farmacêuticas. As análises foram realizadas em um espectrofotômetro UV-Visível com varredura, modelo DR5000, marca HACH, em um comprimento de onda de 580nm nas amostras a temperatura ambiente e após aquecimento a 90 e 100°C.

No espectrofotômetro foi selecionado o método 190 *fluoride*, com precisão para uma amostra de 1 ppm F com intervalo de confiança de 95 % (0,97-1,03 ppm F) (FLUORIDE, 2005).

O ensaio foi executado com temperatura ambiente, posteriormente esta amostra foi aquecida a 90 °C e realizada a leitura no espectrofotômetro, por ultimo esta amostra foi aquecida a 100 °C durante 15 minutos e outra leitura foi obtida.

4.5.6 Controle de vieses

Para diminuir os vieses, as seguintes medidas foram adotadas:

- **Viés de seleção:** a população-alvo consistiu em todo o universo de pessoas do Município de Fortaleza com disponibilidade de consumo de água pela rede de abastecimento público da CAGECE.
- **Viés de participação:** foram realizadas reuniões com os bolsistas e colaboradores responsáveis por cada localidade no recrutamento das pessoas de suas respectivas áreas. O possível viés de participação, causado pela distância do ponto de coleta ao laboratório de análise foi minimizado pela coleta em domicilio no horário previsto.
- **Viés de aferição:** todos os procedimentos foram realizados por um único investigador.
- **Viés intra-observador:** todos os exames laboratoriais foram realizados por investigadores cegos em relação à identificação de cada bairro participante, os quais

foram identificados através de números. Na entrevista foi utilizado um questionário estruturado (Anexo B). A coleta das amostras e o manuseio do material foram realizados seguindo estritamente rotinas pré-estabelecidas, sendo as amostras processadas por um único laboratório.

- **Viés do respondente:** houve um treinamento anterior com cada entrevistador na forma de abordagem das perguntas e reação às respostas obtidas.

4.6 Estudo de georreferenciamento

O processo de georreferenciamento foi realizado com a plataforma de georreferenciamento Arc GIS v.9 licenciada para o Departamento de Geografia da UFC, tomando-se como coordenadas o mapa do município de Fortaleza. O procedimento foi realizado no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC) sob responsabilidade do professor Paulo Thiers.

Para a análise da concentração de flúor, foram estabelecidos 25 pontos georreferenciados na Cidade de Fortaleza, correspondendo aos pontos finais da rede de distribuição, onde a água é diretamente consumida pela população. Os pontos foram distribuídos nas seis regionais da cidade (Figura 8).

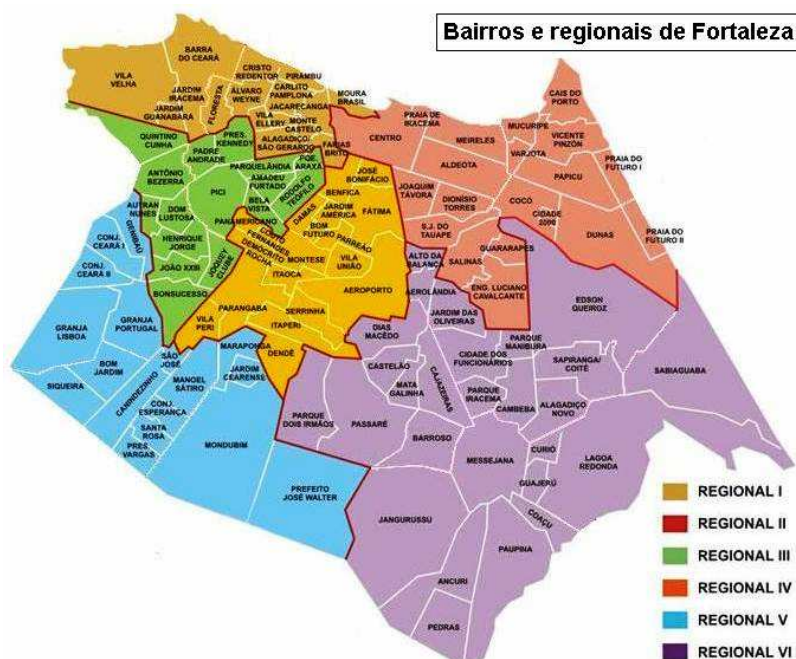


Figura 8 – Mapa do município de Fortaleza e suas regionais. Fonte: www.google.com).

4.7 Análise estatística

Os dados foram digitados através do programa Excel 2003 (Microsoft[®]) e checados para erros que possam ter acontecido na digitação através do programa Epi Info versão 6.04d (Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, USA) e analisados pelo programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 10.0 (SPSS Inc. USA).

Os resultados foram expressos como média $\pm$ DP (desvio-padrão). Para comparações entre os grupos foi utilizado o teste T de Student.

Em todas as situações, foi adotado o nível de significância de pelo menos 5 % ($p < 0,05$). Nas análises descritivas, os dados obtidos foram expressos como média e desvio padrão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados a seguir demonstram os achados dos estudos sobre a prevalência do tipo de água consumida pela população de indivíduos alocados no estudo, bem como as análises realizadas nos anos de 2010 e 2011.

5.1 Percentual do tipo de água consumida pela população

Os resultados para o perfil de consumo de água potável da população do município de Fortaleza estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição por gênero sobre a forma de consumo de água dos 476 voluntários incluídos no estudo em Fortaleza/CE em março de 2010.

	Masculino (N=207)	Feminino (N=269)	Significância
Idade	33,2	35,1	p>0,05
Água com sais	24 = 11,6 %	36= 13,4%	p>0,05
Água Mineral	135= 65,2%	172=63,9%	p>0,05
Poço	4= 1,9%	10=3,7%	p>0,05
CAGECE	44=21,3%	51=19%	p>0,05

Os estudos sobre os efeitos de proteção ou de risco a partir da exposição crônica ao flúor são de difícil interpretação, por diferentes razões, tais como, os resultados contraditórios, poucos estudos que relatam uma série interpretável de exposições ao flúor, inexistência de estudos controlados duplo-cego, o que torna quase impossível quantificar a ingestão ou mesmo os efeitos da exposição ao elemento flúor (KENDALL-TAYLOR, 1972; NEWBRUN, 1996; LI, 2003; JOSHI et al., 2011).

Uma grande preocupação em termos ambientais diz respeito ao fato de que além da água de consumo, descargas industriais são responsáveis pela exposição e contaminação com fluoretos em diversas regiões do mundo (WHO, 2006).

A exposição crônica a compostos de flúor através do ar, produtos odontológicos, resíduos industriais e, especialmente, por água potável é um problema ambiental relevante que tem impacto direto na saúde pública (AMINI et al., 2008; LIU e QUIAN, 2008).

Embora o resultado variasse entre os gêneros avaliados nos bairros, aproximadamente 20% da população se utilizam para consumo direto da água de abastecimento da rede pública em Fortaleza (CAGECE), sendo os homens apresentando um discreto consumo maior quando comparados às mulheres (Figura 9).

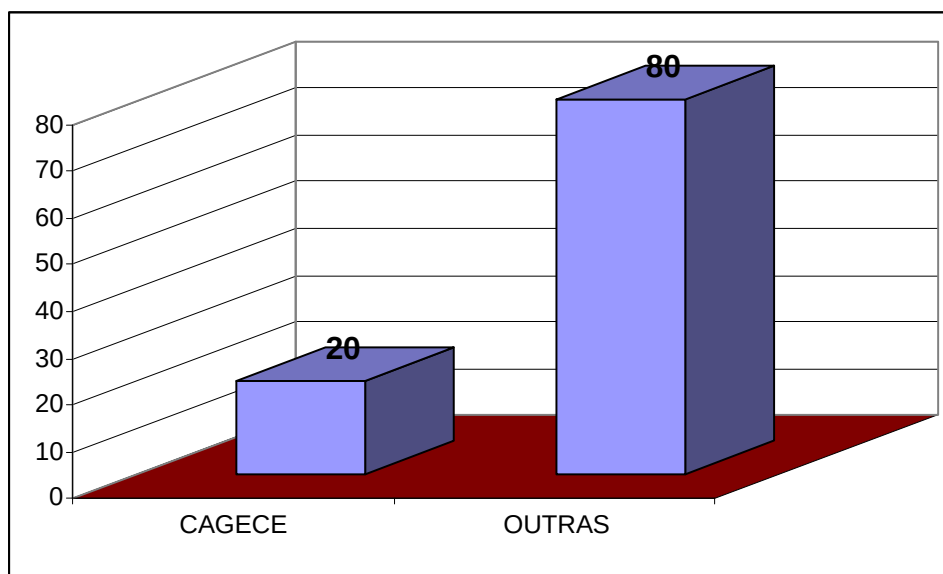


Figura 9 - Prevalência do tipo de água consumida.

Estudos recentes conduzidos na Índia e países do continente africano mostram que cerca de 10 a 25 por cento da população rural foi estimada em risco, tendo em vista o consumo de águas subterrâneas com altas concentrações de flúor (CHANDRASHEKAR, THANKAPPAN e SUNDARAM, 2010; CHOUHAN e FLORA, 2010).

No presente estudo um achado é bastante interessante, diz respeito, ao fato de que 20 % da população do município de Fortaleza consome água diretamente da CAGECE, provavelmente por causa do sabor relatado pela grande maioria dos entrevistados que declararam que a água possui um sabor desagradável.

Nos EUA, as crianças que consomem água contendo 0,7-1,2 mg/L de flúor são expostas a aproximadamente 0,5 mg de flúor por dia. Valores semelhantes provavelmente se aplicam às outras regiões climáticas, tendo em vista que a fluorose tem sido descrita como uma doença endêmica (WHO, 2006).

5.2 Concentração de flúor nos bairros selecionados para o estudo em 2010

Embora os suplementos de flúor teoricamente contribuíssem na prevenção da cárie dentária, hipótese refutada por diversos autores, estudos recentes estabelecem de forma clara que o flúor produz diversos efeitos deletérios sobre os tecidos mineralizados (ossos e dentes) e na fisiologia humana (GU et al., 1990; LIU e QIAN, 2008; GUPTA et al., 2007; GUTOWSKA et al., 2010).

Os resultados da análise das amostras de água provenientes da CAGECE, coletadas nas residências selecionadas no estudo estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios da concentração de flúor na água de abastecimento da CAGECE em Fortaleza no período de março de 2010.

Bairros	ppm F
Aldeota	0,40
Antonio Bezerra	0,63*
Barra do Ceara	1,08
Bom Jardim	0,31
Bom Sucesso	0,74
Cais do Porto	0,59
Canindezinho	0,25
Conj. Ceara II	0,43
Conj. Esperança	0,29
Couto Fernandes	0,77
Cristo Redentor	0,46
Floresta	0,35
Granja Lisboa	0,55
Henrique Jorge	0,53
Itapery	0,59
Lagoa Redonda	0,48
Maracanaú	0,81
Messejana	0,74
Paupina	0,99
Vila Manuel Sátiro	0,71
Vila Pery	0,73
Vila União	0,72
Vila Velha	0,50

* valor dentro das especificações da OMS.

Existe um grave contraste a cerca dos níveis de flúor aceitos para o consumo humano. No Brasil, as normas da ANVISA recomendam o valor máximo permitido de

fluoreto na água de abastecimento de 1,5 ppm F, conforme a Portaria nº 518/2004 (BRASIL, 2004); no entanto, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) o valor máximo de flúor permitido na água potável para consumo humano varia entre 0,6 a 1,2 ppmF, a maioria dos autores entendem ser mais seguro os dados recomendados pela OMS (DEAN, 1942). Para o município de Fortaleza com média anual de 32°C a concentração máxima permitida se situar entre 0,6 e 0,7 ppm F.

A Figura 10 apresenta os resultados provenientes da concentração de flúor em amostras provenientes da CAGECE nos bairros de Fortaleza/CE, os quais resultam em concentração de flúor variando entre 0,25 - 1,08 ppm F (média = 0,56 ppm F; $\pm$ DP = 0,24 ppm F). Tal variação encontra sustentabilidade no fato de que muitos reservatórios de água são construídos com alvenaria de “tijolos brancos” ricos em cálcio o que pode interferir de sobremaneira com os níveis de flúor nas amostras analisadas, outro fator não menos importante diz respeito ao fato de que as variações de temperatura em tais reservatórios também possibilitam evaporação da água o que aumenta os níveis de flúor na amostra.

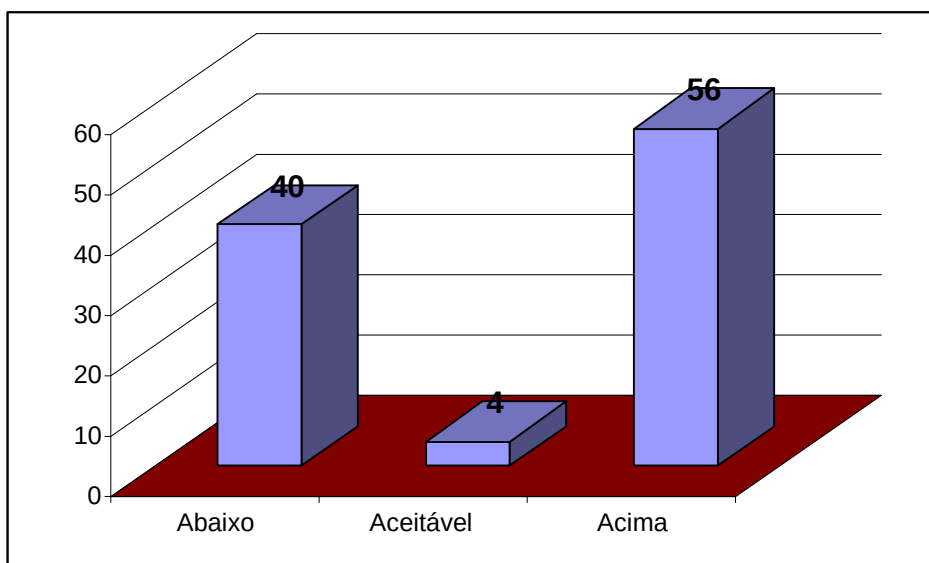


Figura 10 – Porcentagem de amostras de água dentro dos padrões recomendados pela OMS em março de 2010.

5.3 Concentração de flúor nos bairros selecionados para o estudo em 2011

A concentração de flúor na água potável se mostrou relativamente homogênea entre as amostras obtidas e analisadas a uma temperatura média de

25°C. A Tabela 3 mostra os valores da concentração de flúor sob temperatura ambiente e sob Ensaio Culinário Experimental.

Tabela 3 - Valores médios, da concentração de flúor em 27 amostras coletadas na Região Metropolitana e em bairros do município de Fortaleza em março de 2011.

Bairros	T25°C	T90°C	T100°C
Aldeota	0,71	0,8	1,00
Bom jardim	0,77	0,79	0,93
Castelão	0,68*	0,77	1,47
Coité	0,77	0,81	1,04
Conj. Ceará	0,78	0,8	1,22
Conj. Esperança	0,73	0,79	1,00
Conj. Veneza Tropical	0,65*	0,78	0,88
Conj. Marechal Rondon	0,68*	0,71	1,25
Eusébio	0,71	0,86	0,89
Guararapes	0,73	0,8	0,93
Henrique Jorge	0,87	0,93	1,44
Itaoca	0,91	0,98	1,18
Itaperi	0,7*	0,77	0,93
Jacarecanga	0,75	0,82	1,05
Jardim Iracema	0,79	0,9	1,23
Maracanaú	0,71	0,87	0,92
Maraponga	0,7*	0,75	0,85
Messejana	0,77	0,91	1,18
Mondubim	0,62*	0,67	0,93
Nossa Senhora das Graças	0,77	0,8	1,14
Parangaba	0,74	0,77	1,24
Parque Santa Rosa	0,71	0,76	0,95
Paupina	0,74	0,82	0,98
Pref. José Walter	0,73	0,81	1,05
Sapiranga	0,78	0,86	1,17
Serrinha	0,73	0,89	1,28
Vila Ellery	0,78	0,81	1,06

* valor dentro das especificações da OMS.

Os teores de flúor no ano de 2011 se mostram com valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) para mais quando comparados com as amostras aceitáveis no ano de 2010, no entanto por outro lado os valores de

amostras inadequadas se mostram novamente com valores estatisticamente superiores aos de 2010. Portanto novos estudos com amostras maiores sejam necessários para evidenciar tal fenômeno.

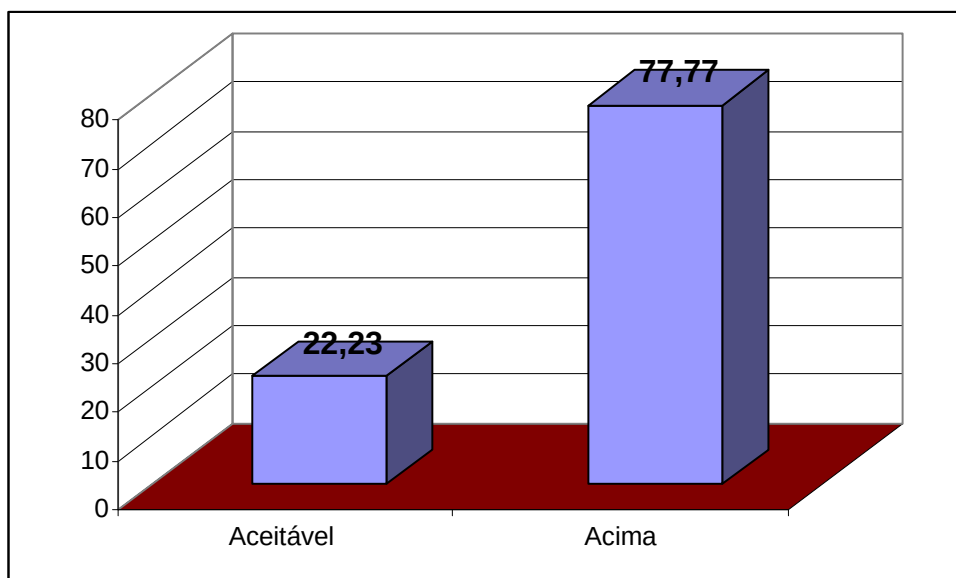


Figura 11 – Porcentagem de amostras coletadas em 27 bairros de Fortaleza/CE e região metropolitana em março de 2011.

Os dados deste estudo mostram que existem diferentes concentrações de flúor presente na água de abastecimento no Município de Fortaleza, assim descritos: em 2010, das amostras analisadas, 40 % abaixo, 4 % aceitáveis e 56 % acima da concentração aceitável para o consumo humano, de acordo com a recomendação da OMS. No entanto no ano 2011 a análise de outras 27 amostras determinou os seguintes resultados sendo: 22,23 % aceitáveis e 77,77 % acima dos valores recomendados pela OMS (Figura 11).

No ano de 2010 apenas o bairros Antonio Bezerra, apresentou valor compatível com o recomendado pela OMS. Em 2011 a análise dos dados mostra que os bairros: Castelão, Conjunto Veneza tropical, Conjunto Marechal Rondon, Itaperi, Maraponga e Mondubim foram os únicos bairros a apresentar amostras aceitáveis segundo os parâmetros da OMS. Cerca de 77 % das amostras apresentaram teor de flúor classificado como inadequado.

Em um estudo similar conduzido em Lages/SC, os resultados analisados a uma temperatura ambiente, mostraram uma irregularidade de teores de flúor em quase 50% dos pontos analisados. Dos pontos irregulares, a maioria (78,2 %)

apresentou teores excessivos de flúor, o que se aproxima dos nossos resultados (TOASSI et al., 2007).

Outros autores mostraram a inadequação dos teores de flúor na água de abastecimento público no município de Porto Alegre/RS, num período de análise de treze anos, o que confirma a importância do heterocontrole na busca da manutenção de um correto programa de fluoretação de águas (BARROS, TOVO e SCAPINI, 1990).

Recentemente outro estudo conduzido no município de Pelotas/RS, também verificou uma baixa prevalência de resultados dentro dos valores recomendados pela OMS (LIMA et al., 2004).

Em um estudo realizado em Bauru/SP a análise da concentração de flúor na água de abastecimento verificada nas amostras obtidas a partir da estação de tratamento de água variou entre 0,10 e 0,91 ppm F. Comparando estes resultados com os do presente estudo, observa-se que existe uma similaridade com a concentração de flúor na água dos bairros de Fortaleza/CE (RAMIRES, 2004).

Em Santa Catarina, um estudo mostrou que, 48,71 % das amostras apresentaram níveis de flúor insuficientes, 35,64 % apresentaram níveis adequados e 15,64% tinham excesso de flúor, o que quando comparado aos nossos resultados se mostram divergentes (FERREIRA, 1996).

A presente coleta de dados reforça a urgente necessidade de um monitoramento constante e eficaz da concentração de flúor na água de abastecimento público no Município de Fortaleza, uma vez que vários estudos mostram os efeitos nocivos do flúor para crianças (SHULMAN e WELLS, 1997)

A adoção de um programa de heterocontrole resultou em uma melhoria no sistema de fluoretação da água de abastecimento público na cidade de Bauru. Os resultados do primeiro ano de heterocontrole em Bauru são semelhantes aos obtidos na cidade de São Paulo nos quais durante o primeiro ano, 625 amostras de água foram coletadas e 97% apresentaram concentração de flúor dentro da concentração considerada aceitável, ou seja, entre 0,6 e 0,8 ppm F (RAMIRES, 2004).

Em 1990, São Paulo foi a primeira cidade no país a implantar um sistema de controle externo para monitorar a fluoretação da água de abastecimento público, (Sistema Municipal de Vigilância Sanitária de Fluoretação das Águas). As coletas são feitas mensalmente, com 62 pontos em datas escolhidas aleatoriamente (BUZALAF et al., 2002).

Para a análise da concentração de flúor foram estabelecidos 25 pontos de coleta, os quais posteriormente foram georreferenciados na Cidade de Fortaleza, correspondendo aos pontos finais da rede de distribuição, onde a água é diretamente consumida pela população. Os pontos foram distribuídos nas seis regionais da cidade (Figura 12).

O objetivo de utilizar uma ferramenta de geoprocessamento é obter informação precisa e com qualidade gráfica para viabilizar uma rápida interpretação, para que possam ser viabilizados estudos e políticas públicas de controle e vigilância.

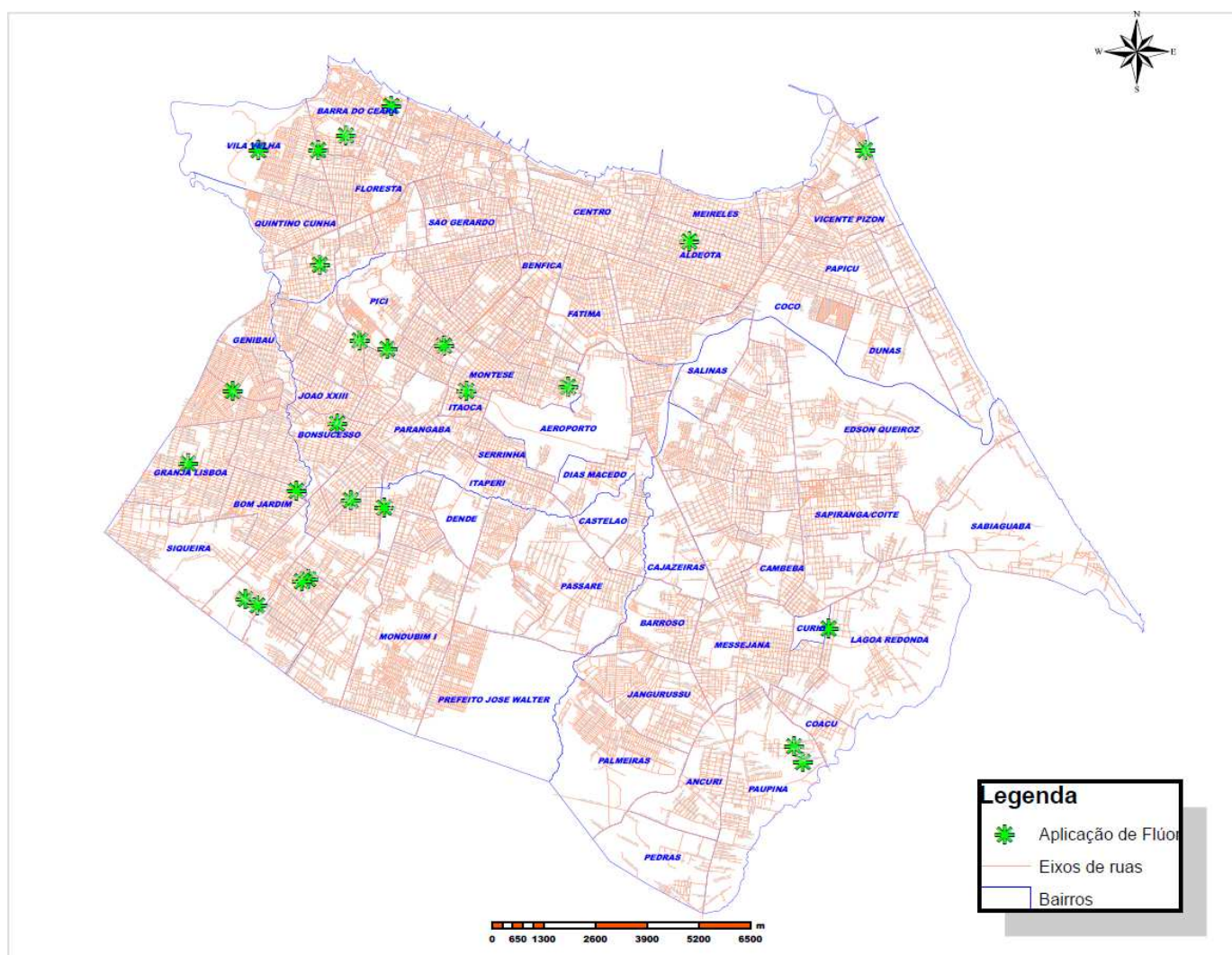


Figura 12 - Georreferenciamento dos pontos de coleta em março de 2010.

Os bairros com níveis de flúor acima ou abaixo do recomendado podem ser analisados de forma precisa. De forma hipotética no ano de 2010, o estado e a Prefeitura Municipal de Fortaleza, com base em tais informações, poderiam

direcionar esforços para uma adequada manutenção dos teores de flúor na água de abastecimento (Flauzino et al., 2009).

Em Bauru, o sistema foi implementado após 29 anos de fluoretação na cidade, como resultado, um ano após a implantação, o heterocontrole mostra resultados bastante positivos, reforçando a importância de sua implantação em outros municípios.

No município de Santos/SP, os resultados mostram que em um ano após a implementação do controle externo, cerca de 70 % das amostras foram consideradas aceitáveis, aumentando para 94 % nos anos seguintes. (MANFREDINI, 1995)

No presente estudo, a concentração de flúor normal foi detectada em 4 % em 2010. Em 2011, este número alcançou 22,23 % das amostras analisadas, ocorrência alta se comparada aos 15 % em Curitiba (MOTTER et al., 2011), mas baixa quando comparamos os resultados encontrados por Ramires em Bauru cerca de 50,7 % e Manfredini em Santos/SP, cerca de 68 %.

Tendo em vista a ausência de um heterocontrole e vigilância permanente, dos níveis de flúor na água de abastecimento público, bem como o elevado número de comunidades rurais, sem acesso a água tratada e a utilização de poços e bombas manuais, os dados de consumo ou exposição direta ao flúor se mostram limitados no Brasil. Com base na discussão anterior, conclui-se que a exposição diária total de flúor no município de Fortaleza pode variar significativamente de um bairro para outro. No entanto, a partir da análise das várias amostras essa diferença não alcança significância estatística ($p > 0,05$) nos anos avaliados.

A fim de obter benefícios da fluoretação e tendo em vista o flúor estar presente em bebidas, refrigerantes, alimentos, o controle e a manutenção da sua concentração adequada, no nosso entender são de interesse da sociedade civil organizada em parceria com a Vigilância Sanitária.

A partir dos resultados, é possível recomendar que o heterocontrole, seja utilizado para a vigilância da concentração de flúor na água de Fortaleza/CE. (DASH, SARANGI e SINGH, 2010; FANTONG et al., 2010; WU et al., 2011).

5.4 Concentração de flúor nas amostras após aquecimento a 90 e 100°C

Embora a concentração de flúor na água potável tenha se mostrado relativamente homogênea entre as amostras obtidas e analisadas a uma temperatura média de 25°C (Tabela 3), uma concentração significativa de flúor foi verificada na água aquecida a temperaturas de 90 e 100 °C que variavam de 0,62-0,98 mg/L (média aritmética $\pm$ DP: 0,6 $\pm$ 0,1810 mg/L) e 0,67 - 1,47 mg/L, (média aritmética $\pm$ DP: 1,0171 $\pm$ 0,17 mg/L) respectivamente, conforme verificados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Valores médios, desvio padrão, valores máximos e mínimos da concentração de flúor em 27 amostras coletadas na Região Metropolitana e em bairros do município de Fortaleza em março de 2011.

	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Temp. 25°C	0,74	0,06	0,62	0,91
Temp. 90°C	0,81	0,06	0,67	0,98
Temp. 100°C	1,08	0,16	0,85	1,47

Tabela 5 – Porcentagem das 27 amostras coletadas em bairros e região metropolitana do município de Fortaleza em março de 2011 que atendem aos parâmetros de potabilidade recomendados pela OMS.

	Abaixo	Aceitável	Acima
Temp. 25°C	0 %	22,23 %	77,73 %
Temp. 90°C	0 %	3,7 %	96,29 %
Temp. 100°C	0 %	0 %	100 %

No que diz respeito à concentração de flúor na água após os processos de aquecimento que simulam o processamento de para fins culinários, um teste T independente mostrou haver uma diferença estatisticamente significativa após o processo de ebulição. $P < 0,05$ (T25 x T100); $P = 0.0269$ (T90 x T100). Conforme pode ser visto na Figura 13 a seguir.

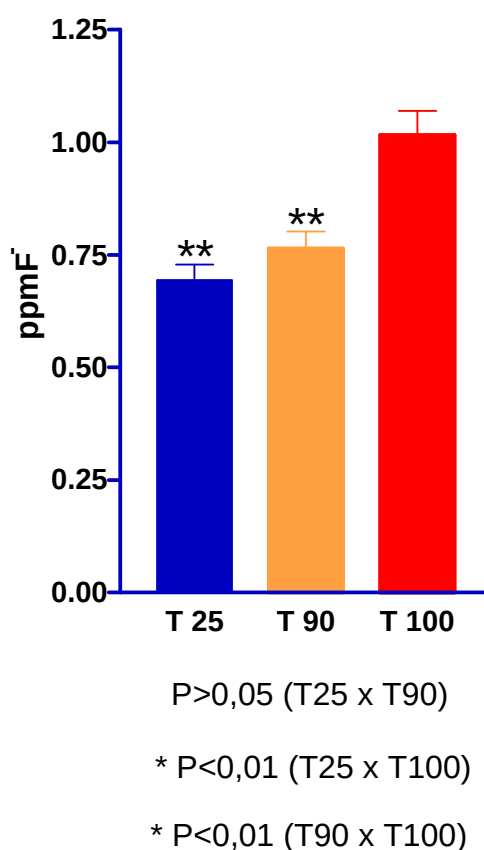


Figura 13 - Efeito da temperatura na concentracao de fluor em amostras submetidas ao Ensaio Experimental Culinário (ECC).

A análise das 27 amostras de água a 25 °C (T25), análise da concentração de fluor na água da torneira a 90 °C (T90), análise da concentração de fluor na água da torneira a 100 °C (T100) durante 15 minutos. O ensaio foi realizado em todas as amostras submetidas ao (EEC). Dados representam a média $\pm$ S.E.M. (N = 27) da concentração de flúor (F) medido durante o EEC. O asterisco indica diferença estatisticamente significativa (* $P < 0,05$; teste T Independente).

A Figura 14 apresenta os resultados relativos a concentração de fluoreto em amostras de água potável nos bairros de Fortaleza a uma temperatura de 90°C.

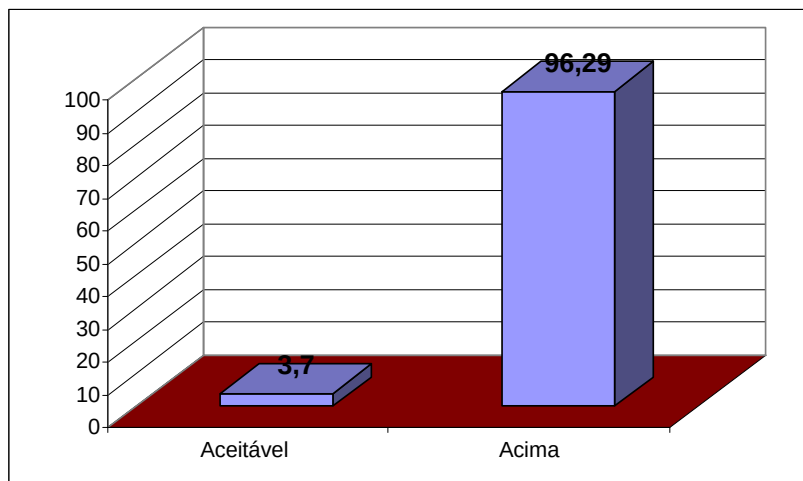


Figura 14 – Porcentagem de amostras coletadas em 27 bairros em Fortaleza/CE e região metropolitana analisadas a 90° C em março/2011.

5.5 Concentração de flúor nas amostras após aquecimento a 100°C

A Figura 15 apresenta os resultados relativos à concentração de flúor em amostras de água potável nos bairros de Fortaleza/CE a uma temperatura de 100 ° C, resultando em um nível de teor de flúor variando entre 0,85 - 1,478 ppm F (média= 1,01 ± DP= 0,2735 ppm F).

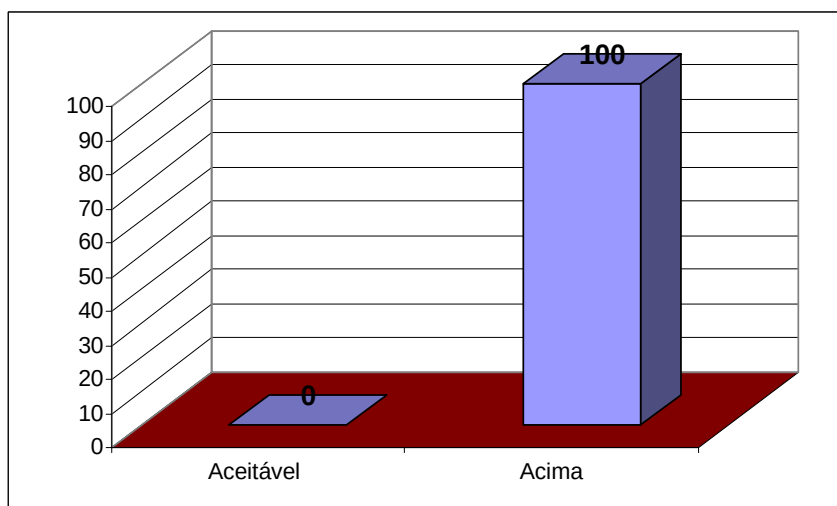


Figura 15 - Porcentagem de amostras coletadas em 27 bairros em Fortaleza/CE e região metropolitana analisadas a 100° C em março/2011.

Quando as mesmas amostras foram avaliadas a uma temperatura de 90° C os valores apresentaram uma mudança significativa sendo: 3,7 % das amostras com valores aceitáveis e 96,3 % acima da concentração aceitável.

Os dados mostram existir uma mudança interessante quando a amostra foi aquecida durante 15 minutos após o ponto de ebulição onde nenhuma amostra se mostrava apropriada para o consumo sendo encontrado 100% dos valores acima dos padrões recomendados pela OMS.

No ensaio que avaliou a concentração de flúor presente na água em ebulição foi possível demonstrar que existe uma diferença estatisticamente significativa quando comparada com a concentração de flúor a uma temperatura ambiente e quando a mesma amostra era aquecida a 90°C.

5.6 Comparações dos resultados atuais com a série histórica

Após comparação das amostras deste trabalho com aquelas coletadas nos anos de 1980 e 1992 (BOTELHO e SILVA, 1992) ambém provenientes da Estação de Água da Companhia (**CAGECE**), os valores obtidos sugerem que não houve variação sazonal significativa no conteúdo de flúor na água potável ao longo dos 30 anos avaliados, conforme disposto na Tabela 6.

Tabela 6 - Série histórica dos valores expressos pela concentração média do teor de fluoreto nas amostras coletadas em bairros no Município de Fortaleza em 1980, 1992 e 2010.

	1980	1992	2010	Significância
Aldeota	0,60*	0,62 *	0,40	p > 0,05
D. Torres	0,70*	0,65*	0,71	p > 0,05
Mucuripe	0,57	0,47	0,56	p > 0,05
Damas	0,61*	0,66*	0,72	p > 0,05
Tauape	0,58	0,58	0,54	p > 0,05
Média Anual	0,61*	0,59	0,58	p > 0,05

* valores dentro das especificações da OMS (média para duas replicatas).

Assim, o poder público deve assegurar que o sistema de abastecimento da água fluoretada funcione de forma plena informando ao cidadão a concentração de fluoreto em cada bairro servido pela CAGECE, permitindo que os benefícios da fluoretação, caso de fato existam, possam ser usufruídos.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, verifica-se que:

- O método de análise da concentração de flúor (SPADNS) na água de abastecimento se mostrou eficiente na determinação de tal íon nas amostras coletadas tanto na temperatura ambiente, como após o processo de aquecimento da água.
- No ano de 2010 as amostras consideradas dentro dos parâmetros recomendados pela OMS se situaram em um percentual de 4 %. Em 2011 este número subiu para um patamar de 22%.
 - Apenas 20% da população bebe água diretamente da CAGECE.
 - O processo de aquecimento a 90°C produziu um percentual de 96 % de amostras fora dos padrões recomendados pela OMS.
 - O ensaio experimental culinário que simulava a mesma temperatura da água usada para o preparo de diversos alimentos (100°C durante 15 minutos) produziu amostras com altos teores de flúor, sendo estes na sua totalidade fora dos padrões recomendados pela OMS.
 - O emprego de um sistema de Georreferenciamento se mostrou prático e eficaz na determinação de análises da concentração do flúor no município de Fortaleza/CE proporcionando novas estratégias de heterocontrole.
 - No ensaio que avaliou a concentração de flúor na água em ebulição mostrou uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) para mais quando comparada com a concentração de F a 90 e 25 °C.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para continuidade do tema desenvolvido neste trabalho de dissertação são sugeridos os seguintes estudos experimentais:

- a) Avaliação da concentração de flúor em alimentos e bebidas.
- b) Determinar a prevalência de fluorose nos bairros avaliados.
- c) Ensaaios experimentais comparativos com análises simultâneas de amostras com o método SPADNS e de Eletrodo seletivo de fluoreto.
- d) Investigações para o emprego de outras estratégias de georreferenciamento, para vigilância e heterocontrole.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMINI, M.; MUELLER, K.; ABBASPOUR, K. C.; ROSENBERG, T.; AFYUNI, M.; MOLLER, K.N.; SARR, M.; JOHNSON, C. A. Statistical modeling of global geogenic fluoride contamination in groundwaters. **Environ. Sci Technol.**, v. 42, n. 10, p. 3662-3668, 2008.

BANDINI, T. B.; VILELA, M. A. P.; MACEDO, J. B. utilização do método colorimétrico spadns para análise de fluoreto em águas de abastecimento em Juiz de Fora (MG). **Rev Anal.**, v. 04, n.05, p. 59-64, 2003.

BARROS, E. R. C.; TOVO, M. F.; SCAPINI, C. Análise crítica da fluoretação de águas no Município de Porto Alegre/RS. **RGO.** v. 38, p. 247-254, 1990.

BOBEK, S.; KAHL, S.; EWY, Z. Effect of long-term fluoride administration on thyroid hormones level blood in rats. **Endocrinol. Exp.**, v. 10, n. 4, p. 289-295, 1976.

BOTELHO, M. A.; SILVA, A. M. O Flúor na água de Fortaleza. **J. Assoc. Bras. Odontol.**, v. 2, p. 4, 1992.

BRASIL. Lei Federal nº 6050 de 24 de maio de 1974. Dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de abastecimento quando existir estação de tratamento. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 maio 1974. Seção 1, p. 6021.

BRASIL. Decreto nº 76.872 de 22 de dezembro de 1975. Regulamenta a Lei nº 6.050/74, que dispõe sobre a fluoretação da água. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 out. 1975.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 685/Bsb, de 25 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] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 jan. 1976.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.agrolab.com.br/portaria%20518_04.pdf>. Acesso em: 02 ago 2011.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Página visitada em 20 jul. 2011.

BURT, B. A.; FEJERSKOV, O. Water fluoridation. In: FEJERSKOV, O.; EKSTRAND, J.; BURT, B. A. **Fluoride in dentistry**. 2. ed. Copenhagen: Munksgaard, cap.15, p. 275-290, 1996.

BUZALAF, M. A. R.; GRANJEIRO, J. M.; DAMANTE, C. A.; ORNELAS, F. Fluctuations in public water fluoride level in Bauru, Brazil. **J. Publ. Health Dent.**, v. 62, n. 3, p.173-176, 2002.

CEARÁ. Governo do Estado. Mais de 3,5 milhões de cearenses possuem acesso à água fluoretada. Disponível em: <<http://www.ceara.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/1632-mais-de-35-milhoes-de-cearenses-possuem-acesso-a-agua-fluoretada>>. Acesso em: 02 ago 2011.

CHANDRASHEKAR, J.; THANKAPPAN, K. R.; SUNDARAM, K. R. Severe dental fluorosis and jowar consumption in Karnataka, India. **Community Dent. Oral Epidemiol.**, v. 38, n. 6, p. 559-567, 2010.

CHEN, M. J. An investigation of endemic fluorine poisoning caused by food contaminated by smoke containing fluorine. **Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi.** V. 25, n. 3, p. 171-173, 1991.

CHOUHAN, S.; FLORA, S. J. Arsenic and fluoride: two major ground water pollutants. **Indian J. Exp. Biol.**, v. 48, n. 7, p. 666-678, 2010.

DASH, J. P.; SARANGI, A.; SINGH, D. K. Spatial variability of groundwater depth and quality parameters in the National Capital Territory of Delhi. **Environ. Manage.**, v. 45, n. 3, p. 640-650, 2010.

DEAN, H. T. The Investigation of physiological effects by the epidemiological method. In: MOULTON, F. R. (Ed.) **Fluorine and dental health**. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, p. 23-31 (Publication nº 19), 1942.

DREISBACH, R. H. **Fluorine, hydrogen fluoride & derivatives in the handbook of poisoning**. 9th ed. Los Altos, Calif: Lange Medical, 1977.

FANTONG, W. Y.; SATAKE, H.; AYONGHE, S. N.; SUH, E. C.; ADELANA, S. M.; FANTONG, E. B.; BANSEKA, H. S.; GWANFOGBE, C. D.; WOINCHAM, L. N.; UEHARA, Y.; ZHANG, J. Geochemical provenance and spatial distribution of fluoride in groundwater of Mayo Tsanaga River Basin, Far North Region, Cameroon: implications for incidence of fluorosis and optimal consumption dose. **Environ. Geochem. Health.**, v. 32, n. 2, p. 147-163, 2010.

FEJERSKOV, O.; THYLSTRUP, A. **Fluorose dentária: um manual para profissionais da saúde**. São Paulo: Santos, 1994.

FERREIRA, R. **Fluoretação das águas de abastecimento público no Estado de Santa Catarina nos anos de 1994, 1995 e 1996** . In: ENCONTRO CATARINENSE DE ODONTOLOGIA EM SAÚDE COLETIVA, 2., Florianópolis, 1996.

Flauzino R F, Souza-Santos R, Barcellos C, Gracie R, Magalhães M A F M, Oliveira R M. Heterogeneidade espacial da dengue em estudos locais, Niterói, RJ.**Rev. Saúde Pública.** 43 (6) 1035-1043, 2009

FLUORIDE. Method 8029. Reagent Solution or AccuVac® Ampuls. Alemanha: HACH Company, 2005.

GU, S. L.; JI, R. D.; CAO, S. R. The physical and chemical characteristics of particles in indoor air where high fluoride coal burning takes place. **Biomed. Environ. Sci.**, v. 3, n. 4, p. 384-390, 1990.

GUPTA, R.; KUMAR, A. N.; BANDHU, S.; GUPTA, S. Skeletal fluorosis mimicking seronegative arthritis. **Scand. J. Rheumatol.**, v. 36, n. 2, p. 154-155, 2007.

GUTOWSKA, I.; BARANOWSKA-BOSIACKA, I.; BAŚKIEWICZ, M.; MIŁO, B.; SIENNICKA, A.; MARCHLEWICZ, M.; WISZNIEWSKA, B.; MACHALIŃSKI, B.; STACHOWSKA, E. Fluoride as a pro-inflammatory factor and inhibitor of ATP bioavailability in differentiated human THP1 monocytic cells. **Toxicol. Lett.**, v. 196, n. 2, p. 74-79, 2010.

GOUIDER, M.; FEKI, M.; SAYADI, S. Bioassay and use in irrigation of untreated and treated wastewaters from phosphate fertilizer industry. **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, v. 73, n. 5, p. 932-938, 2010.

HAIKEL, Y.; VOEGEL, J. C.; FRANK, R. M. Fluoride content of water, dust, soils and cereals in the endemic dental fluorosis area of Khouribga (Morocco).**Arch. Oral Biol.**, v. 31, n. 5, p. 279-286, 1986.

JOSHI, S.; HLAING, T.; WHITFORD, G. M.; COMPSTON, J. E. Skeletal fluorosis due to excessive tea and toothpaste consumption. **Osteoporos. Int.**, v. 22, n. 9, p. 2557-2560, 2011.

KENDALL-TAYLOR, P. Comparison of the effects of various agents on thyroid adenyl cyclase activity with their effects on thyroid hormone release. **J. Endocrinol.**, v. 54, p. 137, 1972.

LI, L. "The biochemistry and physiology of metallic fluoride: action, mechanism, and implications". **Crit. Rev. Oral Biol. Med.**, v. 14, n. 2, p. 100-114, 2003.

LIMA, F. G.; LUND, R. G.; JUSTINO, L. M.; DEMARCO, F. F.; DEL PINO, F. A. B.; FERREIRA, R. Vinte e quatro meses de heterocontrole da fluoretação das águas de abastecimento público de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v. 20, n. 2, p. 422-429, 2004.

LIMEBACK, H. Recent studies confirm old problems with water fluoridation: a fresh perspective. **Fluoride**, v. 34, p. 1-6, 2001.

LIU, M.; QIAN, C. Effect of endemic fluorosis on children's intelligence development: a Meta analysis. **Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi.**, v. 10, n. 6, p. 723-725, 2008.

MCKAY, F. S. The relation of mottled enamel to caries. **J. Am. Dent. Assoc.**, v. 15, p. 1429-1437, 1928.

McLAREN, J. R. Possible effects of fluoride on the thyroid. **Fluoride**, v. 9, p. 105, 1976.

MANFREDINI, M. A. **Vigilância da fluoretação em Santos**. Santos: Secretaria de Higiene e Saúde Grupo Técnico de Saúde Bucal, 1995.

MESSER , H. H.; OPHAUG, R. H. Influence of gastric acidity on fluoride absorption in rats. **J. Dent. Res.**, v. 72, n. 3, p. 619-622, 1993.

MOTTER, J.; MOYSES, S. T.; FRANÇA, B. H. S.; CARVALHO, M. L.; MOYSÉS, S. J. Análise da concentração de flúor na água em Curitiba, Brasil: comparação entre técnicas. **Rev. Panam. Salud Publica**, v. 29, n. 2, p. 120-125, 2011.

MURRAY, J. J. **O uso correto de fluoretos na saúde pública** . São Paulo: Santos, 1992.

NAYAK, B.; ROY, M. M.; DAS, B.; PAL, A.; SENGUPTA, M. K.; PRASAD DE S.; CHAKRABORTI, D. Health effects of groundwater fluoride contamination. **Clin. Toxicol.**, v. 47, n. 4, p. 292-295, 2009.

NEWBRUN, E. The fluoridation war: a scientific dispute or a religious argument? **J. Public Health Dent.**, v. 56, p. 246-252, 1996.

POHLING, R. **Reações químicas na análise da água** . Fortaleza: Arte Visual gráfica, 2009.

RAMIRES, I. **Avaliação da concentração de flúor na água de abastecimento público de Bauru, antes e depois dos procedimentos de fluoretação**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, 2004.

SAWAN, R. M.; LEITE, G. A.; SARAIVA, M. C.; BARBOSA JR., F.; TANUS-SANTOS, J. E.; GERLACH, R. F. Fluoride increases lead concentrations in whole blood and in calcified tissues from lead-exposed rats. **Toxicology**, v. 271, n. 1-2, p. 21-26, 2010.

SHULMAN, J. D.; WELLS, L. M. Acute fluoride toxicity from ingesting home-use dental products in children, birth to 6 years of age. **J. Public Health Dent**., v. 57, n. 3, p. 150-158, 1997.

TOASSI, R. F. C.; KUHNEN, M.; CISLAGHI, G. A.; BERNARDO, J. R. Heterocontrole da fluoretação da água de abastecimento público de Lages, Santa Catarina, Brasil. **Ciênc. Saúde Coletiva**, v. 12, n. 3, p. 727-732, 2007.

TSUTSUI, A.; YAGI, M.; HOROWITZ, A. M. The prevalence of dental caries and fluorosis in Japanese communities with up to 1,4ppm of naturally occurring fluoride. **J. Public Health Dent**., v. 60, p. 147-153, 2000.

VORONYCH-SEMCHENKO, N. M. Characteristics of hypothyroidism correction and lipid metabolism disorder in iodine deficiency. **Fiziol. Zh.**, v. 53, n. 3, p. 38-42, 2007.

WHITFORD, G. M. The physiological and toxicological characteristics of fluoride. **J. Dent. Res.**, v. 69, p. 539-549, 1990.

_____. Fluoride toxicology and health effects. In: FEJESKOV, O.; EKSTRAND, J.; BURT, B.A. **Fluoride in dentistry**. 2nd ed. Copenhagen: Munksgaard, 1996. cap.10, p.167-184.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Fluoride in Drinking-water**. London: IWA Publishing, 2006.

_____. **Guidelines for drinking-water quality**. 3rd ed. Geneva, 2004.

_____. **Guidelines for drinking-water quality**. 2nd ed. Geneva, 2002.

_____. **Guidelines for drinking-water quality**. 2nd ed. Geneva, 1998.

_____ **Guidelines for drinking-water quality**. 2nd ed. Geneva, 1996.

_____ **Guidelines for drinking-water quality**. 2nd ed. Geneva, 1993.

_____ **International standards for drinking-water**. Geneva, 1971.

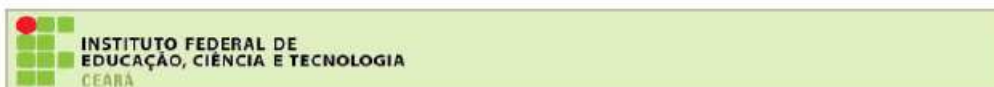
_____ **International standards for drinking-water**. Geneva, 1963.

WU, R.; QIAN, S. S.; HAO, F.; CHENG, H.; ZHU, D.; ZHANG, J. Modeling contaminant concentration distributions in china's centralized source waters. **Environ. Sci. Technol.**, v. 45, n. 14, p. 6041-6048, 2011.

ZACHARIASSEN, K. E.; FLATEN, T. P. Is fluoride-induced hyperthyroidism a cause of psychosis among East African immigrants to Scandinavia? **Med. Hypotheses**, v. 72, n. 5, p. 501-503, 2009.

ANEXOS

ANEXO A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(A) Sr(a). está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa científica para uma avaliação dos níveis de flúor na água de abastecimento no município de Fortaleza. A utilização desse trabalho busca estimar a concentração de flúor e a porcentagem de indivíduos que bebem água diretamente da CAGECE. A metodologia empregada não traz risco ou dano ao participante será utilizado um questionário estruturado. Sua participação é importante e voluntária não terá gasto nenhum com a pesquisa e caso queira desistir de participar poderá fazê-lo em qualquer tempo. Permite que os resultados sejam publicados em revistas científicas, mantido o sigilo de sua identidade. No caso de aceitar fazer parte desta pesquisa, assinale ao fim deste documento, que está em duas vias, sendo uma delas sua e a outra do pesquisador responsável.

Eu, _____ li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendo para que serve o estudo e qual procedimento serei submetido e fui informado (a) de que os dados obtidos nesse trabalho poderão beneficiar outras pessoas inseridas no grupo de pacientes portadores de patologias bucais

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Dinalva Brito Queiroz /Marco Botelho: (85) 8668.5000

Nome e assinatura: _____



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(A) Sr(a). está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa científica para uma avaliação dos níveis de flúor na água de abastecimento no município de Fortaleza. A utilização desse trabalho busca estimar a concentração de flúor e a porcentagem de indivíduos que bebem água diretamente da CAGECE. A metodologia empregada não traz risco ou dano ao participante será utilizado um questionário estruturado. Sua participação é importante e voluntária não terá gasto nenhum com a pesquisa e caso queira desistir de participar poderá fazê-lo em qualquer tempo. Permite que os resultados sejam publicados em revistas científicas, mantido o sigilo de sua identidade. No caso de aceitar fazer parte desta pesquisa, assinale ao fim deste documento, que está em duas vias, sendo uma delas sua e a outra do pesquisador responsável.

Eu, _____ li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendo para que serve o estudo e qual procedimento serei submetido e fui informado (a) de que os dados obtidos nesse trabalho poderão beneficiar outras pessoas inseridas no grupo de pacientes portadores de patologias bucais

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Dinalva Brito Queiroz /Marco Botelho: (85) 8668.5000

Nome e assinatura: _____

ANEXO B - Questionário Estruturado**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA**

Nome: _____

Endereço: _____

Bairro: _____

Cidade: _____

CEP: _____

Telefone: _____

Sexo: M () F ()

IDADE ____ Estado Civil _____

Perguntas

1. Bebe água da CAGECE ? sim ____ Não ____

2. Se não Qual ? fonte? Mineral ____ Filtro ____ Poço ____ Adicionada de Sais ____