



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

**DIAGNÓSTICO DA CONCENTRAÇÃO DE FLÚOR NOS
SISTEMAS PÚBLICOS DE ÁGUA DA REGIÃO DE
ARAÇATUBA**

Candidato: **Flávio Daré**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: **Prof. Dr. Milton Dall’Aglio Sobrinho**

Ilha Solteira – S.P.

Agosto de 2006

**À minha esposa Helena,
companheira nesta jornada,
pelo apoio, incentivo e
disposição demonstrados
nos momentos de incertezas**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Milton Dall'Aglio Sobrinho, meu conhecido há 32 anos, colega de graduação, pela orientação, sugestões e empenho na elaboração deste trabalho, além dos prazerosos momentos de amizade desfrutados ao longo destes últimos três anos.

Ao meu filho Renato pela ajuda nas questões matemáticas.

À minha filha Denise e minhas sobrinhas Suzue e Yuri pela ajuda no inglês.

Aos técnicos do Laboratório I de Araçatuba, especialmente, à Farmacêutica-Bioquímica e Mestre em análises clínicas Aparecida de Fátima Michelin, e à Química Tereza Marilene Bronharo, pela elaboração dos laudos utilizados neste trabalho.

À enfermeira Michie Omomo Barão, Diretora Técnica da Vigilância Sanitária da DIR VI, que flexibilizou minha carga horária, possibilitando meus deslocamentos à Ilha Solteira.

Ao Prof. Renato Moreira Arcieri da Faculdade de Odontologia de Araçatuba da UNESP, pela disponibilização de material bibliográfico.

Aos professores do Departamento de Engenharia Civil da UNESP de Ilha Solteira, especialmente à coordenadora do programa de pós graduação em 2003, Prof^ª. Mônica Pinto Barbosa, que concedeu a oportunidade de começar a cursar o programa como aluno especial.

E finalmente um agradecimento mais do que especial ao Prof. Dib Gebara, amigo de longa data, colega de graduação, pelo apoio, incentivo e alto-astrol fundamentais para a elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	3
Lista de Tabelas.....	7
Resumo.....	10
Abstract.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Aspectos históricos.....	15
2.2 O flúor na natureza.....	17
2.3 O flúor nos alimentos.....	20
2.4 O flúor no organismo.....	24
2.5 O flúor no dente.....	32
2.6 Aspectos econômicos.....	35
2.7 Impactos na saúde pública.....	36
2.8 O flúor no aquífero Guarani.....	38
2.9 Aspectos legais.....	40
2.10 Técnicas de adição e remoção de flúor.....	43
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
3.1 Municípios envolvidos e dados utilizados.....	47
3.2 Procedimentos de coleta.....	49
3.3 O método laboratorial.....	51
3.4 Metodologia de análises dos dados.....	54
3.5 O teste Kruskal-Wallis.....	57
4 RESULTADOS.....	59
4.1 Quantidades e percentuais de amostras analisadas.....	59

4.2	Estatística básica.....	68
4.3	Aplicação do teste Kruskal-Wallis.....	83
4.4	Análise das amostras do manancial subterrâneo.....	88
4.5	Outros cortes.....	95
4.6	Resumo do teste Kruskal-Wallis.....	99
4.7	Comportamento histórico.....	101
4.8	Análise de cloro residual livre.....	107
4.9	Correlação entre flúor e cloro.....	112
5	CONCLUSÕES.....	119
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
Anexo I	Quantidades de amostras encontradas em cada teor de 0,0 a 3,8mg/L em intervalos discretos de 0,1mg/L.....	125
Anexo II	Quantidades de amostras de cloro residual livre segundo o padrão de atendimento, distribuídas por município para cada ano abrangido no trabalho.....	126

LISTA DE FIGURAS

Figura	Conteúdo	Página
2.4.1	Conteúdo de flúor no tecido compacto de femures de pessoas de diferentes idades, residentes em distritos abastecidos com água potável com 0,5mg/L de flúor.....	26
2.7.1	Prevalência da cárie dental em escolares de 10 anos de idade em função do tempo de fluoretação de água de abastecimento público de Piracicaba – S.P.....	37
3.1.1	Localização geográfica da região em estudo, com indicação da faixa populacional e presença da Sabesp.....	47
4.1.1	Número de municípios dentro de seus respectivos mananciais explorados.....	62
4.1.2	Representação dos percentuais de faixa de teor de flúor de todas as amostras.....	63
4.1.3	Representação esquemática dos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u>	64
4.1.4	Representação esquemática dos grupamentos <u>profundo</u> e <u>demais</u>	65
4.1.5	Representação esquemática dos grupamentos de estrutura...	66
4.2.1	Histograma de freqüências das amostras de flúor de todos os municípios em estudo.....	68
4.2.2	Histograma de freqüências das amostras de flúor no grupamento <u>superficial</u>	69
4.2.3	Histograma de freqüências das amostras de flúor no grupamento <u>subterrâneo</u>	69
4.2.4	Histograma de freqüências das amostras de flúor no grupamento <u>profundo</u>	70
4.2.5	Histograma de freqüências das amostras de flúor no grupamento <u>demais</u>	71
4.2.6	Histograma de freqüências das amostras de flúor no grupamento Sabesp.....	72
4.2.7	Histograma de freqüências das amostras de flúor no grupamento grandes.....	72
4.2.8	Histograma de freqüências das amostras de flúor no grupamento médios.....	73
4.2.9	Histograma de freqüências das amostras de flúor no grupamento pequenos.....	74
4.2.10	Diagrama de freqüências segundo o intervalo de concentração de flúor para municípios dos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u>	75

4.2.11	Diagrama de freqüências segundo o intervalo de concentração de flúor para os grupamentos <u>profundo</u> e <u>demais</u>	76
4.2.12	Diagrama de freqüências segundo o intervalo de concentração de flúor para municípios dos quatro grupamentos de estrutura.....	77
4.2.13	Boxplot da concentração de flúor das amostras dos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u>	78
4.2.14	Boxplot da concentração de flúor das amostras dos grupamentos <u>profundo</u> e <u>demais</u>	79
4.2.15	Boxplot da concentração de flúor de todas as amostras dos quatro grupamentos de estrutura.....	79
4.2.16	Boxplot do atendimento ao padrão de flúor dos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u>	80
4.2.17	Boxplot do atendimento ao padrão de flúor dos grupamentos <u>profundo</u> e <u>demais</u>	81
4.2.18	Boxplot do atendimento ao padrão de flúor dos grupamentos de estrutura.....	82
4.2.19	Correlação entre teor de flúor natural e o percentual de não atendimento acima do padrão.....	83
4.4.1	Distribuição das amostras do manancial subterrâneo, segundo suas faixas de concentrações de flúor em mg/L.....	89
4.4.2	Histograma de freqüências das amostras de flúor de todos os 28 municípios em estudo.....	90
4.4.3	Histograma de freqüências das amostras de flúor do grupamento Sabesp.....	91
4.4.4	Histograma de freqüências das amostras de flúor no grupamento médios.....	92
4.4.5	Histograma de freqüências das amostras de flúor do grupamento pequenos.....	92
4.4.6	Diagrama de freqüências segundo o intervalo de concentração de flúor para municípios do grupamento 28.....	93
4.4.7	Boxplot da concentração de flúor de todas as amostras do grupamento 28.....	94
4.5.1	Quantidades de municípios segundo os grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u> excluindo-se a Sabesp.....	96
4.5.2	Quantidades de municípios segundo os grupamentos <u>profundo</u> e <u>não profundo</u> excluindo-se a Sabesp e mananciais superficiais.....	97
4.5.3	Quantidades de municípios segundo a estrutura do sistema.....	98

4.7.1	Comportamento histórico do não atendimento abaixo da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u>	101
4.7.2	Comportamento histórico do não atendimento abaixo da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos <u>profundo</u> e <u>demaís</u>	102
4.7.3	Comportamento histórico do não atendimento abaixo da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos municípios dos quatro grupamentos de estrutura.....	102
4.7.4	Comportamento histórico do atendimento à faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u>	103
4.7.5	Comportamento histórico do atendimento à faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos <u>profundo</u> e <u>demaís</u>	104
4.7.6	Comportamento histórico ao atendimento à faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos municípios dos quatro grupamentos de estrutura.....	104
4.7.7	Comportamento histórico do não atendimento acima da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u>	105
4.7.8	Comportamento histórico do não atendimento acima da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos <u>profundo</u> e <u>demaís</u>	105
4.7.9	Comportamento histórico do não atendimento acima da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor nos municípios dos quatro grupamentos de estrutura.....	106
4.9.1	Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre nos 40 municípios envolvidos.....	113
4.9.2	Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento <u>superficial</u>	113
4.9.3	Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento <u>subterrâneo</u>	114
4.9.4	Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento <u>profundo</u>	114
4.9.5	Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento <u>demaís</u>	115
4.9.6	Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento Sabesp.....	115
4.9.7	Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento Grandes.....	116
4.9.8	Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento Médios.....	116

4.9.9	Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento Pequenos.....	117
-------	--	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela	Conteúdo	Página
2.4.1	Quantidades necessárias de acordo com cada método, para ser atingida a Dose Provavelmente Tóxica em crianças de 10 e 20kg.....	30
2.4.2	Concentrações de flúor na água e respectivos efeitos sobre dente e osso.....	31
2.7.1	Prevalência de cárie dentária (CPO-D) ¹² em crianças de 12 anos de idade em função do tempo após a fluoretação da água em municípios brasileiros selecionados.....	37
2.7.2	Prevalência e redução de cárie no Brasil em 10 anos (CPO-D) ¹⁰	38
2.9.1	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias.....	42
3.1.1	População da região de estudo.....	48
3.3.1	Valores de concentrações de algumas substâncias interferentes que causam erros entre 0,1 a 1,0mgF/L em determinações de flúor.....	53
4.1.1	Número de amostras por município segundo a concentração de flúor, populações, administrador do sistema, tipo e percentual de participação de cada manancial.....	60
4.1.2	Teor de flúor natural nos poços que exploram o aquífero Guarani.....	62
4.1.3	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u>	66
4.1.4	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos <u>profundo</u> e <u>demais</u>	67
4.1.5	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura.....	67
4.2.1	Média, mediana e desvio padrão dos teores de flúor encontradas nas 5.157 amostras divididas em grandes grupos.....	77
4.3.1	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u>	84
4.3.2	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos <u>profundo</u> e <u>demais</u>	84
4.3.3	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura.....	85

4.3.4	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura excluindo-se o grupamento pequenos.....	85
4.3.5	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura.....	86
4.3.6	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura excluindo-se os pequenos.....	87
4.3.7	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura excluindo-se Sabesp e pequenos.....	87
4.3.8	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura, excluindo-se Sabesp e grandes.....	88
4.4.1	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento no grupamento 28.....	89
4.4.2	Média e desvio padrão dos teores de flúor encontradas nas amostras do grupamento 28.....	93
4.5.1	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u> excluindo-se a Sabesp.....	96
4.5.2	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos <u>profundo</u> e <u>não profundos</u> excluindo-se a Sabesp e mananciais superficiais.....	97
4.5.3	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento segundo a estrutura dos sistemas.....	98
4.6.1	Resumo dos testes KW.....	100
4.8.1	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u>	107
4.8.2	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos <u>profundo</u> e <u>demais</u>	108
4.8.3	Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura.....	108
4.8.4	Distribuição de amostras de teor de cloro dos grupamentos <u>superficial</u> e <u>subterrâneo</u>	109
4.8.5	Distribuição das amostras de cloro dentro dos grupamentos <u>profundo</u> e <u>demais</u>	109
4.8.6	Distribuição das amostras de teor de cloro dentro do grupamento de estrutura.....	110
4.8.7	Distribuição das amostras de teor de cloro dentro do grupamento de estrutura, excluindo-se o grupamento Sabesp.....	110

4.8.8	Distribuição das amostras de teor de cloro dentro dos grupamentos de estrutura, excluindo-se os grupamentos Sabesp e Grandes.....	111
4.8.9	Distribuição das amostras de teor de cloro dentro dos grupamentos de estrutura, excluindo-se os grupamentos Médios e Pequenos.....	111
4.8.10	Resumo do teste KW para faixa de teores de cloro de não atendimento ou atendimento nos 40 municípios analisados...	112

RESUMO

Há 60 anos implantou-se a prática de adicionar flúor à água considerada hipofluoretada com finalidades preventivas de preservação da integridade do esmalte dentário. No Brasil, ensaiou-se há 50 anos projeto piloto de fluoretação das águas de abastecimento, culminando com publicação de Lei Federal, que já conta com 30 anos de vigência, obrigando os sistemas públicos de distribuição de água a manterem o teor de flúor em quantidades bem definidas, visando proporcionar o benefício que tal elemento propicia.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar o atendimento à norma legal sobre fluoretação de água de abastecimento público em 40 municípios da região de Araçatuba (SP).

Foram utilizadas 5.157 análises de determinação de teor flúor, realizadas durante um período de 4,5 anos pela Secretaria Estadual da Saúde, órgão encarregado da fiscalização dos sistemas públicos de água.

Os dados foram analisados com relação ao tipo de manancial e estrutura dos sistemas de abastecimento, representada pela população dos municípios e tipo de administração.

Verificou-se que 51,6% das amostras não atenderam ao padrão de fluoretação. Segundo a estrutura dos sistemas o atendimento foi melhor no grupamento Sabesp (69%), seguido por municípios Grandes (52%), semelhantes a Médios (47%), melhores que Pequenos (28%).

Sistemas que utilizam água superficial tiveram desempenho estatisticamente superior no atendimento à norma (60%), em relação aos que utilizam água subterrânea (43%). Dentre estes, os que exploram o aquífero Guarani foram superiores (41,9%) aos outros (31,1%).

A região apresentou 9,1% de não atendimento ao padrão de cloro residual livre. Não se observou correlação entre o percentual de atendimento à norma de cloro e à de flúor nos grupamentos analisados.

ABSTRACT

Sixty years ago, the practice of adding fluoride to the water considered hypofluorided was adopted with the preventive means of preserving the integrity of the enamel of the teeth. A pilot project of the water supply fluoridation was tested in Brazil 50 years ago, culminating with the Federal law publication which counts on 30 years of validity. The public services of water distribution were made to keep the fluoride content in well-defined quantities aiming to promote the benefit which this element provides.

This work was developed with the objective of verifying the obedience to the legal norm about fluoridation of the public water supply in 40 districts in the region of Araçatuba (SP).

5,157 analysis of fluoride content examination were processed during the period of 4,5 years by the Health Department of São Paulo State (Secretaria Estadual da Saúde), the government body responsible for the inspection of the public water system.

The data were analyzed based on the type of water source and the structure of the water supply system, according to the populational size of the districts and the ways of managing.

It was verified that 51,6% of the sampling did not obey the fluoridation standard. According to the structure of systems the obedience was better in the group of districts managed by Sabesp (69%), followed by the group of *Large* districts (52%), similar to the *Medium* ones (47%), and better than the *Small* ones (28%).

Systems that use superficial water had a statistically higher performance in the obedience to the norm (60%) compared to the ones that use underground water (43%). In this last group, those that explore the Guarani yielding water were superior (41%) than the others (31,1%).

The region of Araçatuba presented 9,1% of disobedience to the free residual chlorine standard. However, a correlation between the percentual rate of obedience to the chlorine and the fluoride norm in the group analyzed was not observed.

1 – INTRODUÇÃO

A ciência, via de regra, direciona suas pesquisas e seus esforços para melhoria na condição de vida da raça humana. Todo o conhecimento acumulado pelo homem, em sua essência, visa uma melhor qualidade de vida, menor sofrimento físico, maior longevidade. Embora algumas vezes o progresso tecnológico seja paradoxalmente prejudicial a esse objetivo devido, algumas vezes, ao sedentarismo decorrente do avanço tecnológico nos sistemas de produção, e modos de vida cada vez mais afastados da finalidade original da configuração da máquina humana.

Entre os avanços tecnológicos, alcançados pela humanidade pode-se citar, com toda a segurança, a melhoria na qualidade da água oferecida aos aglomerados urbanos, que deixou de ter, por força do aumento da densidade demográfica, acesso a fontes de água que lhes assegurasse a manutenção da vida com qualidade mínima. Entre todos os parâmetros e processos envolvidos na captação, tratamento e distribuição de água potável, pode-se fixar o flúor* como importante aliado na redução da cárie dentária, doença inerente ao homem que, por seu modo de vida e dieta decorrentes da industrialização dos alimentos, passou a ter hábitos alimentares prejudiciais à sua saúde bucal, como será discutido nos capítulos seguintes.

Neste contexto, a engenharia civil tem papel destacado no processo, já que a distribuição de flúor pela água de abastecimento público é, sem dúvida alguma, o mais democrático e eficiente meio de oferecer a todos, indistintamente, o acesso a esse valioso aliado na prevenção da cárie dentária. A responsabilidade da engenharia no processo todo é imensa, já que a adição do produto em nível abaixo do preconizado provocará impacto bastante aquém do desejado, resultando apenas em dispêndio financeiro, enquanto que a dosagem acima do estabelecido traz a fluorose dentária, consequência nefasta e permanente da alteração do esmalte, em indivíduos que a ingeriram durante a formação dos seus dentes.

**termo genérico para definir as formas químicas, iônica (fluoreto ou íon flúor), ionizável ou não ionizável*

Em 1988 a Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, por intermédio do Centro de Vigilância Sanitária (CVS), implantou o programa estadual de vigilância da qualidade da água para consumo humano, denominado Proágua, que foi oficializado em 31.01.92 pela Resolução nº 45 do Secretário da Saúde do Estado de São Paulo.

O Proágua, de abrangência estadual, tem como objetivo principal a redução de doenças de veiculação e origem hídrica mediante vigilância da qualidade de água consumida pela população, principalmente em sistemas públicos, porém não negligenciando os sistemas alternativos coletivos ou os alternativos individuais de abastecimento.

A estratégia do programa consiste na avaliação do potencial de risco dos sistemas de abastecimento de água. Para isso os técnicos das equipes de Vigilância Sanitária fazem sistematicamente visitas de inspeção sanitária aos sistemas para verificar suas condições de operação e manutenção.

Uma vez constatado o potencial de risco do sistema, a Secretaria de Estado da Saúde, por intermédio das Vigilâncias Sanitárias das Direções Regionais de Saúde, desencadeia uma série de ações junto ao produtor de água, visando a correção das deficiências para que o sistema atenda aos padrões de qualidade exigido pela norma legal e, principalmente, não exponha os consumidores a qualquer risco à saúde.

Para a realização do Proágua, faz-se também, além das inspeções sanitárias, coleta de amostras para análise laboratorial em laboratório de Saúde Pública, onde é verificada a potabilidade mediante determinação de alguns parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. Dentre os parâmetros verificados está o teor de flúor, elemento epidemiologicamente comprovado como eficaz na redução da prevalência de cárie dentária.

O presente trabalho discorre sobre o tema flúor e utilizou os resultados de 5.157 análises de teor de flúor nas águas de abastecimento público de 40 municípios, com população de 693.491 habitantes sob a égide administrativa da Direção Regional de Saúde – DIR VI de Araçatuba, análises estas realizadas pelo Laboratório I da DIR VI de Araçatuba, entre os anos de 2001 e 2005.

Objetivos

É propositura deste trabalho, embasado nos laudos laboratoriais e visitas de inspeção, mostrar e discutir qual é o diferencial entre os diversos sistemas que proporciona maior eficiência no atendimento à norma legal.

E como conclusão final identificar o perfil dos municípios da região de Araçatuba que usufruem nos seus sistemas públicos do benefício da fluoretação de águas, de maneira segura e confiável.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Aspectos históricos

O informe mais antigo, segundo Murray (1992), sobre um distúrbio, aparentemente de origem endêmica, caracterizado pela opacidade, descoloração e deformação dos dentes data de 1888 quando Kuhns verificou a existência de tais casos em certas zonas do México. Um distúrbio análogo foi observado nos Estados Unidos da América em imigrantes procedentes de Nápoles. Após vários informes de outras regiões do globo, em particular das observações feitas por McKay e Black (1931) (MURRAY, 1992), da “mancha marrom” do Colorado, descreveu-se finalmente que esse distúrbio mantinha uma estreita correlação com o conteúdo de flúor da água potável.

Depois dos trabalhos iniciais de McKay e Black, Dean (DEAN, 1934, 1938, apud MURRAY, 1992) continuou esclarecendo a relação entre a fluorose dentária e a concentração de flúor na água potável. Baseando-se nas afirmações de informes anteriores, no sentido de que os dentes afetados de fluorose dentária não eram mais suscetíveis à cárie que os dentes normais, Dean realizou amplos estudos epidemiológicos que demonstraram a existência de uma relação inversa entre a frequência da cárie e o conteúdo de flúor da água potável (DEAN, 1938, 1942, apud MURRAY, 1992).

Descoberta essa relação, pensou-se, finalmente, em reajustar o conteúdo de flúor na água potável hipofluoretada. Entre 1944 e 1947 as primeiras comunidades a adotar essa medida de prevenção foram Grand Rapids, Newburgh, Brantfort, Sheboygan e Evanston, todas elas nos Estados Unidos da América.

A relação inversa, bem estabelecida, existente entre as concentrações de flúor na água que se bebe e a prevalência da cárie dentária estimulou uma ampla tarefa de pesquisa destinada a determinar o nível ótimo de ingestão de flúor para a máxima proteção contra a cárie, com um risco mínimo de fluorose nos dentes em desenvolvimento (MURRAY, 1992).

Segundo Domingues e Oliveira (2000) há um consenso generalizado entre as principais instituições científicas, sanitárias e políticas,

incluindo a Federação Dentária Internacional (FDI), a Associação Internacional para Pesquisas Odontológicas (IADR), a Organização Europeia de Pesquisas sobre a Cárie (ORCA) e a Organização Mundial de Saúde (OMS) sobre as excepcionais vantagens econômicas e sanitárias da fluoretação das águas de abastecimento público.

Domingues e Oliveira (2000) citam vários autores que desde o início da fluoretação de águas em Grand Rapids em 1942 a adição de flúor em águas de abastecimento público tem sido adotada em vários países do globo por se constituir no meio mais seguro, efetivo, simples e econômico de prevenção da cárie dentária. Os países que apresentam maior sucesso na implantação desta medida são Cingapura e Hong Kong (PINTO, 1990 apud DOMINGUES e OLIVEIRA, 2000), tanto pelas dimensões geográficas muito pequenas, quanto pela organização muito rígida do arcabouço jurídico destes países que fazem com que a fluoretação seja quase generalizada.

No Brasil, um fato foi contribuidor para o início desta medida. O convite feito pela Fundação Kellog ao engenheiro José Martiniano de Azevedo Neto, da Repartição de Águas e Esgotos de São Paulo, atual Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), no ano de 1945, para visitar o programa de fluoretação de águas de Grand Rapids, o qual foi originariamente concebido e proposto pelo engenheiro Charlie Cox (BATALHA, 1985 apud DOMINGUES E OLIVEIRA, 2000)

Na década de 40, foram realizados no Brasil os primeiros exames laboratoriais dos níveis de flúor das águas de abastecimento, principalmente no Estado de São Paulo. Já no ano de 1948 foi iniciado o primeiro curso de Engenharia Sanitária no Brasil, na então Faculdade de Higiene e Saúde Pública. Na disciplina de Tratamento de Águas de Abastecimento Público, a cargo do Prof. José Martiniano de Azevedo Neto, foi introduzida a matéria sobre fluoretação das águas (BATALHA, 1985 apud DOMINGUES E OLIVEIRA, 2000).

Todos estes desdobramentos políticos e institucionais culminaram no início da fluoretação de águas no Brasil, mais precisamente em Baixo Guandu, Espírito Santo, em outubro de 1953. Três anos mais tarde, em 1956, dá-se início à fluoretação de águas em Marília (SP) (BATALHA, 1985 apud DOMINGUES E OLIVEIRA, 2000).

2.2 – O flúor na natureza

O flúor no solo

O flúor é o elemento mais eletronegativo de todos os elementos químicos e, por conseqüência, nunca é encontrado na natureza em sua forma de elemento puro. Combinado, quimicamente em forma de fluoretos, o flúor ocupa o décimo sétimo lugar, por ordem de freqüência de aparição, representando de 0,06% a 0,09% da crosta da terra. Nas rochas e no solo o flúor pode aparecer combinado em uma ampla série de minerais; espatoflúor, criolita, apatita, mica, hornblenda e certo número de pigmatitas como o topázio e a turmalina. As rochas vulcânicas e hipoabissais, assim como as jazidas de sal de origem marinha, também contêm quantidades consideráveis de flúor, que podem chegar até 2.500mg/kg. Certos minerais de importância comercial especial, como a criolita, empregada para produzir alumínio, e fosforita utilizada na fabricação de adubos, podem ter um conteúdo de até 4,2% (42.000mg/kg) (MOLLER, 1965 e YOUNG, 1973, apud MURRAY, 1992).

Como se vê, o flúor é abundante no planeta, porém é bom recordar que em sua maior parte se encontra firmemente combinado em minerais e outros compostos químicos, e portanto não está biologicamente disponível em sua forma habitual. A disponibilidade de íons de flúor livres, no solo, rege-se pela solubilidade natural do composto fluorado em que se encontra, depende da acidez do solo, da presença de outros minerais ou compostos químicos, e da quantidade de água presente.

As concentrações de flúor no solo aumentam com a profundidade. Em um estudo de 30 solos diferentes, realizados nos Estados Unidos da América, foram encontrados de 20 a 500mg/kg de flúor a profundidades de 0 a 7,5cm, em níveis de 20 até 1.620mg/kg de flúor, em profundidades de 0 a 30cm. Os solos de Idaho e do Tennessee produziram aflorações com concentrações excepcionalmente elevadas: 3.870mg/kg de flúor e de 8.300mg/kg respectivamente (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1971 apud MURRAY, 1992). Na cota mais elevada das regiões montanhosas o conteúdo flúor do solo é relativamente pequeno devido à erosão constante que arrasta os fluoretos e, como sucede com os demais halógenos, os transporta a

mesetas inferiores ou ao oceano pelos rios e torrentes. Desse modo, os continentes vão perdendo sem cessar seus conteúdos iniciais de flúor e a isso se deve o conteúdo relativamente elevado da água marinha (MURRAY, 1992).

Segundo Pinto (1992) revisões cuidadosas sobre a ocorrência de flúor foram realizadas por MOLLER (1982), CUTRESS (1982) e por STRIFER et al (1983), enquanto que a questão da disponibilidade a partir da indústria de fertilizantes foi analisada por SILVA et LOBO (1986), apresentando-se a seguir considerações baseadas nestes estudos.

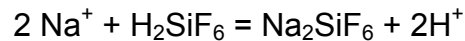
Como fontes primárias de flúor figuram os solos, os minerais, a água e as erupções vulcânicas.

As rochas fosfáticas são a principal fonte de obtenção do Ácido Fluossilícico e do Fluossilicato de Sódio, compostos comumente utilizados na fluoretação da água de abastecimento público. Os minérios fosfáticos têm como seu constituinte maior a Apatita, que chega a representar entre 80 a 85% da rocha. A fórmula empírica básica da Apatita é: $Ca_{10}(PO_4)_6X_2$, na qual X pode ser Cloro (Cl), Hidróxido (OH) ou Flúor (F), sendo que nesse último caso uma Fluorapatita.

O Fósforo é um dos três nutrientes essenciais para a agricultura, junto com o Nitrogênio e o Potássio. Os maiores produtores da Rocha Fosfática são o Marrocos e a Flórida nos EUA. O Brasil é auto-suficiente na produção desta matéria-prima para sua indústria de fertilizantes, mas a necessidade de sua importação representa um forte óbice econômico para a maioria dos países em desenvolvimento, tanto para a agricultura como para a fluoretação.

No processo de produção final de fertilizante, a solubilização da rocha fosfática é feita fundamentalmente através do ataque com ácido sulfúrico, originando como subproduto o Ácido Fluossilícico. Na reação química que ocorre por exemplo na produção dos super-fosfatos simples ou triplos, inicialmente há formação de Ácido Fluorídrico (HF), o qual reage com a sílica presente no meio ambiente para formar o Ácido Fluossilícico (H_2SiF_6). Este subproduto quando não é recuperado pode originar produtos tóxicos como o Tetrafluoreto de Silício (SiF_4), os quais ao serem lançados à atmosfera passam a representar um ativo fator de poluição ambiental.

A partir do H_2SiF_6 , líquido, pode ser produzido o Fluossilicato de Sódio por meio da seguinte reação básica:



Além das rochas fosfáticas e da criolita, esta empregada como matéria-prima para a indústria de alumínio, destacam-se as águas do mar como significativa fonte de flúor em função de seu conteúdo deste mineral que normalmente varia de 0,8 a 1,4mg/L (PINTO, 1992).

O flúor na água

Dada a presença geral do flúor na crosta terrestre, toda a água contém flúor em concentrações variáveis. A maior parte da água de que o homem pode, normalmente, utilizar participa do ciclo hidrológico, o que significa que tem sua origem nos oceanos. A própria água do mar contém quantidades consideráveis de flúor que oscilam entre 0,8 a 1,4mg/L. O conteúdo de flúor na água de lagos e rios é quase sempre inferior a 0,5mg/L, embora tenham sido registradas concentrações de até 95 mg/L na República Unida da Tanzânia (THYLSTRUP, 1979 apud MURRAY, 1992). A água que fica retida nos sedimentos, desde que estes se depositaram e as águas termais relacionadas com vulcões, e também as jazidas minerais epitermais têm, com frequência, níveis de 3 a 6mg/L.

As águas com conteúdo elevado de flúor encontram-se, em geral, no sopé de altas montanhas ou em regiões com sedimentos geológicos de origem marinha. São exemplos característicos a faixa geográfica que se estende desde a Síria, passando pela Jordânia, Egito, a Jamahirya Árabe, Líbia e Argélia, até o Marrocos e o vale do Rift através do Sudão e o do Quênia. Outra faixa é a que se estende desde a Turquia, passando pelo Iraque, a República Islâmica do Irã e o Afeganistão, até a Índia, o norte da Tailândia e a China. Regiões análogas podem ser encontradas nas Américas, Japão e China. A mais alta concentração natural de flúor, nunca antes encontrada na água, foi registrada no lago Nakuru, no vale do Rift, no Quênia, com 2.800mg/L às margens do lago, o solo continha 5.600mg/kg de flúor e o pó existente nas cabanas dos habitantes 150mg/kg. (WORLD HEALTH ORGANIZACION, 1970 apud MURRAY, 1992)

No Brasil não se encontrou estudo referente a presença de flúor em águas de superfície.

O flúor no ar

O flúor também se encontra amplamente disseminado na atmosfera, proveniente do pó dos solos ricos em flúor, dos resíduos industriais gasosos, da combustão do carvão e dos gases emitidos em zonas de atividade vulcânica.

O conteúdo de flúor do ar de algumas fábricas pode alcançar até 1,4mg/m³ de ar, e 0,2mg/m³ de ar nas imediações dessas fábricas. Em uma cidade da antiga República Federal da Alemanha, 90% das amostras de ar colhidas em 1965 e 1966 tinham concentrações de 0,5 a 3,8µg/m³ (NACIONAL RESEARCH COUNCIL, 1971 apud MURRAY, 1992). Observou-se que, nas zonas não industriais, o conteúdo de flúor no ar oscila entre 0,05 e 1,9µg/m³.

2.3 – O flúor nos alimentos

O flúor nos alimentos sólidos

Salvo raras exceções, não parece haver relação entre o conteúdo de flúor da maior parte das plantas e o da água do solo de determinado lugar. Porém, as plantas que crescem em solos ácidos têm, em geral, concentrações superiores (NACIONAL RESEARCH COUNCIL, 1971 apud MURRAY, 1992). A concentração natural das folhas da maior parte das plantas oscila entre 2 e 10mg/kg. Nos Estados Unidos da América, observou-se que a concentração de 107 amostras de alfafa, de zonas presumidamente isentas de contaminação industrial, oscilava entre 0,8 e 3,6mg/kg. As partes das plantas (hortaliças e frutas) que o homem consome têm freqüentemente um conteúdo de flúor da ordem de 0,1 a 0,4mg/kg, o que apenas inspira preocupação. Porém, nos cereais foram descobertos níveis extraordinariamente altos. Singer e Ophaug (SMITH, 1931 apud MURRAY, 1992) encontraram concentrações de 2,0 e 2,1mg/kg na cevada e no arroz

tratado com água não fluoretada, em comparação com 4,3 e 6,4mg/kg, respectivamente quando a água estava fluoretada.

Comprovou-se que algumas plantas, como cará, inhame e mandioca, que constituem alimentação básica de muitas regiões tropicais, sobretudo na América do Sul e Pacífico, contém níveis relativamente elevados de flúor.

O conteúdo de flúor da carne é baixo (0,2 a 1,0mg/kg), salvo carne de frango, que às vezes pode alcançar níveis mais elevados, provavelmente quando a ave tenha sido alimentada com farinha de peixe ou de ossos.

Os produtos derivados do pescado, em particular o enlatado, como o salmão e as sardinhas, cujos ossos e pele também se comem, tem um conteúdo de até 40mg/kg. A carne de pescado é bastante pobre em flúor (2,5mg/kg), quando comparada com concentrados proteicos a base de pescado, os quais podem conter até 370mg/kg (NACIONAL RESAERCH COUNCIL, 1971 apud MURRAY, 1992).

De acordo com amplas análises realizadas por McClure (McCLURE, 1949 apud MURRAY, 1992), considerou-se que os alimentos sólidos só veiculam uma dose muito reduzida do total de flúor ingerido diariamente, pelo menos na alimentação do tipo ocidental. Das análises de McClure se depreende que a maior parte dos alimentos são pobres em flúor, com um conteúdo de 0,1 a 1,0mg/kg de peso seco e aportam no máximo 0,27mg de flúor ao dia. Estudos mais recentes, porém, demonstraram a existência de grandes variações de indivíduo para indivíduo na ingestão diária de flúor com os alimentos sólidos (KRAMER, 1974 e LEVERETT, 1982 apud MURRAY, 1992). Os números oscilam entre 0,2 e 3,4mg ao dia por pessoa, segundo a composição de sua dieta e o conteúdo de flúor da água que a preparou (NACIONAL RESAERCH COUNCIL, 1971 apud MURRAY, 1992).

O flúor nas bebidas

O flúor presente na água de consumo, aporte maior na ingestão de flúor, dependerá de:

- 1 – da concentração de flúor desta;
- 2 – da idade da pessoa;
- 3 – das condições climáticas;
- 4 – dos hábitos alimentares.

O consumo de líquido aumenta com a idade, em especial desde o nascimento até os 12 anos. Não obstante, demonstrou-se que durante esse período a água de uma bebida pode representar, no máximo, 50% da ingestão total de líquidos. Dentro de uma população o fator mais importante para determinar o volume de água consumida é a temperatura diária máxima reinante na zona correspondente (GALAGAN e LAMSON, 1953 apud MURRAY, 1992). Em geral, parece existir uma relação inversa entre esse volume e a distância do equador. O consumo de água depende também dos costumes alimentares e das condições socioeconômicas que afetam sua disponibilidade.

O leite materno tem um conteúdo baixo de flúor, inferior a 0,02mg/L, sem que pareça existir variação alguma ao correr do dia. A diferença é muito pequena ou nula entre o nível de flúor presente no leite das mães que vivem em zonas cuja água contém 0,1 mg/L e das mães residentes em zonas com uma concentração dez vezes superior. A concentração de flúor no leite de vaca resume-se a 0,02 até 0,05mg/L (BACKER, 1974 e VANDEPUTTE, 1977 apud MURRAY, 1992).

É bem conhecido o fato de que folhas de chá são ricas em flúor (até 400mg/kg de peso seco), porém na infusão de chá propriamente dita só existe uma concentração de 0,5 a 1,5mg/L. A quantidade presente em uma xícara de chá, no entanto, dependerá não só do tamanho da xícara, mas também do tipo de chá, da quantidade empregada, da duração da infusão, da diluição de outra infusão anterior e haver sido feita com água fluoretada. Segundo um estudo realizado por Duckworth e Duckworth (DUCKWORTH e DUCKWORTH, 1978 apud MURRAY,1992) a ingestão de flúor pelos bebedores de chá de todas as idades variavam entre 0,04 e 2,7mg/dia. O flúor se desprendia com rapidez das folhas de chá e alcançava sua concentração máxima em cerca de oito minutos de infusão. Com marcas diferentes de chá, a margem de variação do conteúdo das infusões oscilou em até quatro vezes .

Os sucos de frutas frescas têm um baixo conteúdo de flúor, entre 0,1 e 0,3mg/L, porém os sucos de frutas reconstituídos com água fluoretada têm uma concentração que varia de 0,3 até 2,5mg/L (ADAIR, 1974 apud MURRAY, 1992).

O conteúdo de flúor nas bebidas não alcoólicas e na água mineral é o mesmo que o da água com a qual foram elaboradas. O da cerveja com frequência é baixo e oscila entre 0,3 e 0,8mg/L, diferentemente do vinho que pode alcançar níveis de 6 a 8mg/L.

O flúor em produtos farmacêuticos

Um número crescente de produtos farmacêuticos contém flúor em forma orgânica e inorgânica. Certos produtos, como os comprimidos de fluoreto de sódio ou as pastilhas ou drágeas à base de flúor ou vitaminas são empregados como suplementos fluoretados para prevenir a cárie. Os comprimidos contém normalmente, 0,25, 0,50 ou 1,0mg de flúor. As concentrações de flúor nas soluções e géis para tratamento tópico contém entre 0,25 e 24mg por litro ou quilograma.

A possibilidade de que as crianças engulam dentifrício fluoretado é, particularmente, motivo para preocupação. Em jejum, o flúor dos dentifrícios é quase que totalmente absorvido (EKSTRAND e EHRNEBO, 1980 apud MURRAY, 1992). Em várias comunicações, Murray cita vários autores que, nos últimos anos, demonstram que a quantidade de dentifrício ingerida diariamente pelas crianças de idade compreendida entre 2 e 5 anos pode variar entre 0,1 e 2g com uma média de 0,5g. Como a maior parte dos dentifrícios contém entre 1,0 e 1,5mg/kg, a quantidade de flúor absorvida pode ser de 0,50 ou 0,75mg como média aproximada. No caso de crianças pequenas, recomenda-se que se apliquem somente pequenas quantidades de pasta na escova e que a escovação seja supervisionada.

Ao empregar géis em crianças, também deverão ser adotadas algumas precauções. Com géis contendo 12,3mg/kg, existe o risco de overdose de fluoretos e efeitos colaterais tais como náuseas e perturbações gástricas (EKSTRAND, 1981 apud MURRAY, 1992).

2.4 – O flúor no organismo

Ingestão de flúor com o ar

Observou-se que a quantidade de flúor presente no ar das zonas urbanas não industrializadas oscila entre 0,05 e 1,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dado que um indivíduo inala cerca de 20 m^3 de ar por dia, o nível mais alto será de 0,0378mg de flúor diariamente, porém a grande parte dessa quantidade será exalada. Em certas condições ambientais extremas como, por exemplo, a contaminação grave pelo pó proveniente de fábricas especiais, o flúor veiculado pelo ar pode ser o principal responsável pelos casos de fluoroses dentárias e, inclusive, fluorose esquelética (MURRAY, 1992).

Ingestão total de flúor pelo homem

Os dados disponíveis deixam bem claro que a ingestão total diária de flúor pelo indivíduo varia de um país a outro. Não há consenso com respeito a dose diária inócua de flúor, porém se propôs como ótima uma ingestão total de 0,05 a 0,07mg por quilograma de peso corporal (FARKAS e FARKAS, 1974 apud, MURRAY, 1992).

Murray (1992) relata que Singer e Ophuag (1979) demonstraram que a ingestão diária por lactentes de 2 a 6 meses provavelmente está entre 0,010 e 0,027mg por quilograma de peso corporal, segundo o conteúdo de flúor da água de beber e segundo se adote aleitamento natural ou artificial. Supondo-se que a ingestão de líquidos em um litro por dia, uma criança amamentada naturalmente receberá, aproximadamente, entre 5 e 10 μg de flúor por dia, enquanto que outro alimentado com mamadeira, em uma região em que a água de abastecimento público contenha 1mg/L, receberá 1.000 μg por dia, dose entre 100 e 200 vezes superior (EKSTRAND, 1984 apud MURRAY, 1992).

De acordo com extensas análises comunicadas por vários autores, a ingestão diária total de flúor pode oscilar entre 0,2mg ao dia em lactentes e 5mg em adultos. Níveis diários de ingestão alimentar de flúor superiores a 3,5mg somente se produziram em circunstâncias especiais, como

um consumo incomum ou hábito alimentar inusitado (MYERS, 1978 apud MURRAY, 1992).

Absorção do flúor no organismo humano

Depois de sua ingestão a absorção da maior parte dos compostos fluoretados solúveis em água é rápida, quase completa, e se produz, principalmente, no estômago. Quando se ingere o flúor com os alimentos, o grau e a velocidade de absorção diminuem.

A biodisponibilidade da maior parte dos preparos odontológicos fluoretados é 100%, porém se forem ingeridos com produtos lácteos, essa biodisponibilidade se reduz até 60 a 70% aproximadamente. (EKSTRAND, 1979 apud MURRAY, 1992).

O sangue humano contém flúor tanto em forma de compostos orgânicos como em forma inorgânica. Entendeu-se que a primeira forma tem sua origem no meio ambiente e não parece guardar relação com o conteúdo de flúor inorgânico (GUY, 1976 apud MURRAY, 1992). Quase todo o flúor do plasma, encontra-se em forma de íons e não estão combinados com macromolécula alguma. A vida média dos fluoretos no plasma, conforme indicação, é de 4 a 10 horas (EKSTRAND, 1978 apud MURRAY, 1992).

Uma vez absorvido, o flúor é distribuído em poucos minutos através do líquido extracelular para a maior parte dos órgãos e tecidos. A concentração de flúor na maior parte dos tecidos moles é inferior a seu nível no plasma, salvo nos rins saudáveis, nos quais pode se produzir um acúmulo ocasional de flúor devido à produção de urina. Não está provado que o flúor se combine com qualquer tecido mole. O flúor atravessa a placenta, e como ficou demonstrado em alguns estudos, seu nível no sangue do feto é aproximadamente 75% do nível do sangue materno (ARMSTRONG, 1970 e SILNESS, 1970 apud MURRAY, 1992).

O flúor nos ossos e nos dentes

O grau de assimilação do flúor nas diferentes partes do esqueleto e da dentadura dependerá das quantidades ingeridas e absorvidas, e

da duração da exposição ao flúor, da classe, localização e atividade metabólica do tecido em observação e da idade do indivíduo.

Está bem estabelecida a afinidade existente entre os íons flúor e o protótipo ósseo, a hidroxiapatita. Em circunstâncias normais, o flúor se acumula no esqueleto durante toda a vida, de forma que seu conteúdo nos ossos representa um guia confiável sobre o grau de exposição de um indivíduo ao longo do tempo (PARKINS, 1974 apud MURRAY, 1992). Os níveis normais nos ossos de um adulto oscilarão entre 1.000 e 4.000mg/kg de osso segundo sua concentração na água potável e a idade da pessoa (Figura 2.4.1).

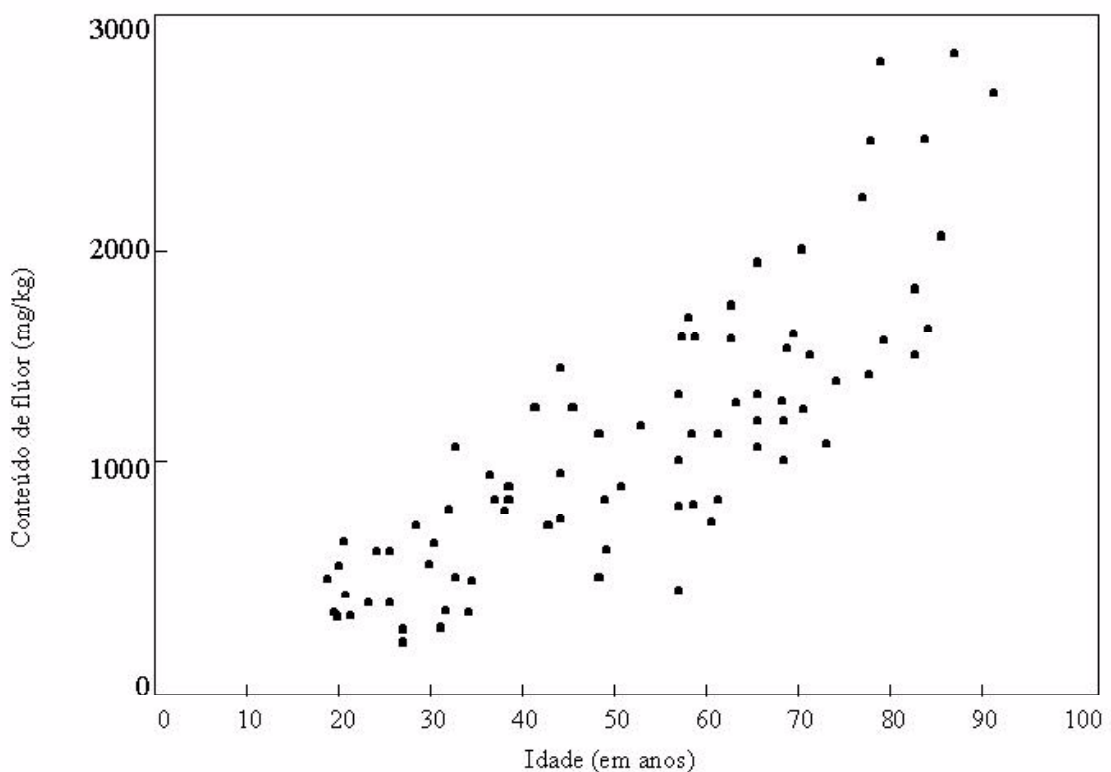


Figura 2.4.1 Conteúdo de flúor no tecido compacto de femures de pessoas de diferentes idades residentes em distritos abastecidos com água potável com 0,5mg/L de flúor^a. (MURRAY, 1992)
^aReproduzido com autorização de Weatherell, em *Handbuch der experimentellen pharmakologie*, Berlin, Springer, vol. 20

Observou-se um fenômeno interessante em indivíduos residentes em regiões cuja água potável continha um nível bastante elevado e, a seguir, passou a residir em zona deficiente em flúor. A excreção urinária de flúor manteve-se elevada durante um tempo considerável apesar de haver diminuído notavelmente sua ingestão diária. Esse modelo de excreção reflete

uma liberação de flúor pelo esqueleto, que se manterá até que se alcance um novo equilíbrio do composto. Esse equilíbrio ou nível estacionário aparente também pode ser observado no plasma. Depois de se ingerir muito flúor durante um longo período de tempo observa-se uma estreita relação entre seu grau de concentração no plasma e seu nível nos ossos (ERICSSON, 1973 apud MURRAY, 1992).

Excreção de flúor

Segundo Murray (1992), o rim é a via principal de excreção de flúor. Na regulação do processo de eliminação intervém tanto o fluxo urinário quanto o pH. Isto tem várias conseqüências práticas para o metabolismo do flúor. Um fluxo urinário rápido e uma urina alcalina darão lugar à eliminação rápida de flúor do plasma enquanto que a lentidão do fluxo urinário e a acidez da urina produzirão uma eliminação renal mais lenta. Em geral no adulto 40 a 60% da dose de flúor ingerida encontra-se na urina. Esta porcentagem pode variar muito, pois sofre a influência do grau de fixação dos ossos, o qual, por sua vez, é determinado pela idade do sujeito e pela ingestão atual ou anterior de flúor, de tal modo que a retenção desse composto em uma criança será, comumente, muito superior. Torna-se evidente, pois, que é o rim que regula, no curto prazo, o metabolismo geral do flúor no organismo. O osso em troca é “órgão” correspondente para a regulação a longo prazo.

A concentração de flúor na saliva reflete a do plasma e representa aproximadamente, 2/3 desta (EKSTRAND, 1977 apud MURRAY, 1992), porém apenas nas amostras de saliva tomadas diretamente nos orifícios de condutos salivares.

A quantidade de flúor que passa do sangue para o leite materno é limitada. A concentração de flúor no leite materno é afetada somente em pequena medida pela variação da concentração no plasma desta (EKSTRAND, 1977 apud MURRAY, 1992).

Efeitos do flúor no organismo

Segundo Oliveira e Domingues (1997), desde que se preconizou o ajuste das concentrações de flúor na água para efeito terapêutico sobre a cárie, que se trava uma guerra entre os defensores desta medida e os que são contrários a ela. A julgar pelo sucesso dos programas de fluoretação de águas e das aplicações tópicas, os que defendem a medida estão conseguindo mantê-la, mas, mesmo assim, com uma certa freqüência, a polêmica sobre os males que o flúor poderia causar ao organismo ressurgiu. Tentou-se responsabilizar a fluoretação de águas de causar deficiência no sistema imunológico, envelhecimento precoce e até câncer. Esta última surgiu de um discutido trabalho onde foram analisadas as taxas de mortalidade por câncer em cidades em que a água tinha ou não flúor e se verificou que, nas cidades em que a água tinha flúor, a taxa de mortalidade por câncer era maior. Este trabalho foi extensamente bombardeado pela comunidade científica, pois não levava em conta a taxa basal de mortalidade por câncer, chegando a responsabilizar o flúor por cerca de 35.000 mortes. Com o ajuste nas taxas se verificou que não havia nenhum aumento significativo.

Hoje após mais de 50 anos de uso rotineiro de flúor em saúde pública, nenhuma das “acusações” foi provada e o flúor é reconhecido por todas as organizações internacionais como um dos métodos mais seguros de prevenção da cárie. A polêmica ocorre, também, pelo fato da administração do flúor ser compulsória, o que fere certos princípios democráticos e culturais em alguns lugares, como é o caso do Japão.

O efeito maléfico do flúor no organismo, como toda substância, só ocorre quando utilizado em doses acima do preconizado. Neste caso, são observados episódios de intoxicação. A maioria dos autores divide a intoxicação por flúor em *aguda* e *crônica*. A intoxicação aguda está relacionada à ingestão de uma grande quantidade de uma só vez, ocasionando danos imediatos e a crônica relaciona-se a pequenas quantidades ingeridas por longo período de tempo.

Intoxicação aguda

O flúor antes de ser utilizado como agente preventivo da cárie era utilizado como fertilizante. Assim, ao se fazer um levantamento sobre os casos de intoxicação aguda por flúor e acidentes fatais, são encontrados muitos casos desde o início do século. Poucos deles, no entanto, estão relacionados com produtos odontológicos. Mesmo assim, alguns episódios de intoxicação e até mesmo morte foram registrados com produtos odontológicos à base de flúor, sendo, em sua maioria, decorrentes de uso incorreto.

Durante algum tempo se utilizou como medida padrão para a intoxicação aguda a Dose Certamente Letal (DCL), correspondente a 32 a 64mg de flúor/kg peso. Esta dose foi encontrada a partir da DL_{100} , ou seja, a dose que administrada provoca morte em cem por cento dos casos. Era necessário encontrar uma dose máxima permitida em que os primeiros sintomas da intoxicação fossem percebidos e, após muitas investigações, se chegou à Dose Provavelmente Tóxica (DPT), que corresponde a 5mg de flúor por kg de peso. Como se trata de um cálculo razoavelmente complicado de se fazer, foram elaboradas algumas combinações colocando as principais veiculações de flúor e a quantidade máxima que poderia ser ingerida em crianças de 10 e 20kg (cerca de 2,5 e 5 anos respectivamente), como exposto na Tabela 2.4.1 a seguir.

Tabela 2.4.1. Quantidades necessárias de acordo com cada método, para ser atingida a Dose Provavelmente Tóxica em crianças de 10 e 20kg.

Produto	Concentração			Total do composto e de flúor usado comumente		Total de produto necessário para a DPT	
	Composto	Fluoreto		Produto	Fluoreto	10kg	20kg
	%	%	mg/L				
Água fluoretada	-	0,0001	1	1.500ml	1,5mg	50L	100L
Sal fluoretado	NaF	0,025	250	-		166g	332g
Bochecho							
NaF	0,05	0,023	230	10ml	2,3mg	215mL	430mL
NaF	0,20	0,091	910	10ml	9,1mg	55mL	110mL
Dentifrício							
NaF	0,22	0,10	1.000	1g	1,0mg	50g	100g
MFP	0,76	0,10	1.000	1g	1,0mg	50g	100g
MFP	1,14	0,15	1.500	1g	1,5mg	33g	66g
ATF							
NaF	2,72	1,23	12.300	5ml	61,5mg	4,0mL	8mL
SnF ₂	8,0	1,94	19.400	1ml	19,4mg	2,5mL	5mL
Gotas							
NaF	1,0	0,47	4.700	0,05ml	0,023mg	10mL	20mL

Fonte: Whitford, G.M. (1992) e Curi. J.A.(1989) apud Oliveira e Domingues (1997)

De acordo com a Tabela 2.4.1, a maior preocupação com relação à intoxicação em crianças está relacionada com o flúor em gotas, pois 10mL (que correspondem a 200 gotas) já conteriam uma quantidade que inspiraria cuidados se ingerida por uma criança de 10kg. Os comprimidos também devem ser vistos com precaução, devendo-se evitar apresentações com muitos comprimidos, e sempre manter os frascos longe do alcance das crianças.

Com relação às aplicações tópicas, cuidados com a intoxicação aguda também devem ser tomados em virtude de casos de acidentes fatais já terem sido relatados.

A maior preocupação com as crianças submetidas a aplicações tópicas ocorre devido à acidez do gel que estimula a salivagem e induz à deglutição. Recomenda-se, portanto, o uso de sugador durante a aplicação e orientar a paciente que cuspa exaustivamente após os procedimentos de aplicação. Medições plasmáticas de flúor foram feitas em pacientes que

cuspiram exaustivamente após a aplicação e que não cuspiram, sendo observada uma diferença grande entre os níveis plasmáticos de flúor nos dois grupos. Níveis nefrotóxicos podem ser atingidos quando o paciente deglute todo o gel aplicado.

A quantidade média de flúor ingerido em aplicações tópicas foi de 20mg em uma pesquisa recente, o que representa para uma criança de 20kg, 1mgF/kg, uma dose cinco vezes menor que a DPT.

O tratamento para intoxicações agudas é a indução ao vômito e lavagem estomacal com sais de cálcio solúvel. Pode-se mandar ingerir magnésio de cálcio ou leite. Casos mais graves requerem hospitalização e a administração de gluconato de sódio.

Intoxicação crônica

O único efeito conhecido de intoxicação crônica por flúor é a fluorose dentária e óssea. A fluorose é uma anomalia do desenvolvimento que está ligada à estética do esmalte e sua severidade está relacionada à dose. É necessário que o flúor em excesso seja administrado ainda na fase de formação dos dentes permanentes.

Com relação a água fluoretada, as doses relacionadas aos estágios de fluorose estão ilustradas na Tabela 2.4.2 a seguir: A quantidade de “+” indicam o grau de severidade do efeito.

Tabela 2.4.2. Concentrações de flúor na água e respectivos efeitos sobre dente e osso.

Flúor na água (mg/L)	Fluorose Dentária	Fluorose Óssea
0,2	-	-
0,7	+	-
1,4	++	-
2,1	+++	-
2,8	++++	-
5,6	+++++	+

Adaptado de Cury, J.A.(1989) apud Oliveira e Domingues (1997)

A toxicidade crônica também se manifesta quando se utilizam comprimidos com flúor, principalmente administrados a indivíduos que também consomem água fluoretada, ocorrendo sobredose. Ao mastigar um comprimido de flúor (1,0mg) a concentração deste elemento na saliva será de 200mg/L, portanto de 10 a 15 mil vezes maior que a concentração mantida pela fluoretação da água.

De uma maneira geral, porém, todo método sistêmico de utilização de flúor para controle de cárie está envolvido com fluorose dentária. Já com relação aos métodos tópicos, cuidado deve ser tomado com relação à utilização de dentifrícios fluoretados por crianças com menos de 5 anos de idade, onde há ingestão de aproximadamente 30% da pasta utilizada na escovação. Levando-se em conta que se utiliza 1,0mg de pasta em cada procedimento, escovando-se os dentes 3 vezes por dia com uma pasta contendo 1.000mg/L de flúor, ingere-se em torno de 0,9mgF/dia. Caso toda essa quantidade seja absorvida, podem ocorrer casos de fluorose semelhantes aos da água fluoretada e comprimidos, entretanto até agora não foram relatados tais casos. Talvez porque as pessoas costumem escovar os dentes após as refeições estando portanto o estômago cheio, o que dificulta a absorção de flúor (OLIVEIRA e DOMINGUES, 1997).

De todo modo, têm sido muito discutidos, recentemente, os efeitos do excesso de flúor em crianças. Há uma tendência para que os dentifrícios voltados para crianças tenham uma concentração menor (250mg/L) que o usual (OLIVEIRA E DOMINGUES, 1997).

2.5 – O flúor no dente

Segundo Murray (1992), a fixação do flúor nos tecidos dentários também aumenta com a idade e com sua maior concentração na água de abastecimento público. O conteúdo de flúor na dentina e no esmalte é consideravelmente inferior ao observado nos ossos do mesmo indivíduo.

O conteúdo médio de flúor no esmalte em zonas com baixa concentração desses compostos na água vai se elevando de 50mg/kg aproximadamente aos 10 anos de idade até 100mg/kg aos 30 anos, enquanto que em zonas com maiores concentrações na água (1,5 a 2,0mg/L) essa média

passa de 170mg/kg aos 10 anos para um nível estabilizado de 350mg/kg aos 30 anos.

A dentina tem conteúdo de flúor aproximadamente quatro vezes maior que o do esmalte. Por sua vez, os resultados de estudos feitos com porções de esmalte e dentina evidenciaram que essa concentração não se distribui uniformemente nos tecidos duros dentários. Em zonas de elevada concentração, o nível de flúor na capa externa do esmalte pode ser de até 2.000 a 3.000 mg/kg (AASENDEN e PEEBLES, 1978 apud MURRAY, 1992). A máxima concentração na dentina encontra-se junto à capa odontoblástica.

Durante toda a vida do dente as concentrações de flúor são relativamente altas na superfície do esmalte. A maior parte desse composto presente na zona citada é adquirida antes da erupção do dente, provavelmente no período de maturação pré-eruptiva, quando a superfície adamantina parece ser bastante porosa.

Até pouco tempo depois da erupção é provável que o esmalte continue sendo suficientemente poroso para absorver flúor com relativa facilidade. Parece que o flúor é absorvido facilmente durante toda a vida, nos lugares onde o esmalte é poroso, inclusive quando a cárie começa a destruí-lo. Quando se trata de esmalte maduro com concentrações relativamente altas de flúor, como por exemplo, mediante aplicação tópica, o conteúdo de flúor no esmalte sadio aumentará, ainda que esse aumento não se realize de modo permanente.

Se o órgão do esmalte entra em contato com o excesso de flúor durante um período de formação, a modalidade de mineralização do dente será perturbada em maior ou menor grau. A manifestação clínica e microscópica dessa afecção que pode revestir-se de diversos graus de gravidade é conhecida como fluorose dentária.

A fluorose dentária é um distúrbio específico da formação dos dentes provocada pela ingestão excessiva de flúor durante essa formação. A fluorose dentária clínica caracteriza-se pelas manchas brancas opacas e sem brilho do esmalte, que pode estar estriado com proeminências pequenas e isoladas ou hipoplásicas, ou ainda com manchas de cor entre amarela e marrom escuro. Os dentes afetados podem apresentar periquimácias muito acentuadas e, nos casos mais graves, fossas descontínuas e zonas maiores de

hipoplasia (fossas confluentes) no esmalte de tal forma que o dente perde sua morfologia normal (MURRAY, 1992).

Ação do flúor no controle da doença cárie

Segundo Cury (2001), atualmente, há um consenso de que o flúor importante é aquele mantido constante na cavidade bucal, capaz de interferir com a dinâmica do processo de cárie, reduzindo a quantidade de minerais perdidos quando do fenômeno da desmineralização e ativando a quantidade repostada quando da remineralização salivar.

Assim, o flúor não é capaz de interferir nos fatores responsáveis pela doença, isto é, a formação de placa dental e a transformação de açúcares em ácido. A primeira relevância clínica deste conceito é que o flúor isoladamente não impede a doença cárie. Isto mostra a importância dos controles da placa dental e/ou dieta para que um efeito máximo seja obtido.

Por outro lado, embora o flúor não impeça a iniciação da doença, ele é extremamente eficiente em reduzir sua progressão. Esta redução da manifestação da doença, em termos dos seus sinais, é um fenômeno essencialmente físico-químico. Quando o açúcar é convertido em ácidos pela placa dental, atinge-se pH crítico para a dissolução dos minerais à base de apatita, porém devido à presença de flúor, uma certa quantidade desses minerais é simultaneamente repostada na forma de fluorapatita. Isto ocorre porque em determinado pH, o meio é subsaturante (deficiente) em relação a um tipo de mineral (HA) que assim dissolve-se, porém sendo super saturante (excesso) em relação a outro (FA) este forma-se, em acréscimo, quando o pH retorna ao normal, a saliva naturalmente tenta repor os minerais perdidos pelo dente sendo esta propriedade remineralizante ativada pela simples presença de flúor no meio (saliva, placa ou fluído do esmalte-dentina). Como resultado do efeito do flúor reduzindo a desmineralização e ativando a remineralização, há uma perda líquida de mineral menor do que se não houvesse flúor presente.

A segunda repercussão clínica deste efeito é que usando flúor, as pessoas poderão viver toda a vida com todos os dentes. Entretanto, seqüelas da doença cárie poderão ter ou não manifestação clínica. Assim,

estas reduções significativas de perdas de minerais poderão ficar num estágio subclínico ou se manifestar como uma lesão de cárie paralisada (CURY, 2001).

2.6 – Aspectos econômicos

Domingues e Oliveira (2000) citam inúmeros autores que afirmam que a fluoretação de águas se constitui em uma política pública com um custo muito baixo e que traz, como resultados, a redução da ordem de 40 a 60% da prevalência da doença bucal mais comum da humanidade: a cárie dentária.

O serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos da América estima que, para cada dólar gasto na fluoretação da água para consumo humano, podem ser economizados 36 dólares em tratamento de cárie dentária (BATALHA, 1985 apud DOMINGUES e OLIVEIRA, 2000).

Os custos relacionados a esta medida de Saúde Pública configuram-se muito mais no que se refere ao produto escolhido como insumo, ou seja, qual tipo de sal utilizado, pois os equipamentos que possuem um custo maior serão utilizados, quando com uma correta manutenção, por mais de dez anos e estes custos serão amortizados ao longo dos anos (DAVIES, 1974 apud DOMINGUES e OLIVEIRA, 2000).

Os trabalhos de Davies, a pedido da Organização Mundial de Saúde (OMS), constituem-se em uma grande contribuição no que se refere ao custo e benefício desta política de Saúde Pública quando comparados ao custo de procedimentos dentários em vários países da Europa, no início da década de 1970.

Nos trabalhos de Murray há uma minuciosa apresentação dos custos “per capita” da fluoretação em várias cidades dos EUA, Inglaterra e em Hong Kong. É demonstrado que, quando se amortiza a dívida dos equipamentos, custo maior na instalação desta medida, pelo período de tempo equivalente a sua duração, os custos maiores giram em torno de US\$ 0,20 per capita. Uma cidade como Denver, no estado do Colorado, por exemplo, possui o custo menor: US\$ 0,06 per capita (DOMINGUES e OLIVEIRA, 2000)

Libânio (2005) afirma que o impacto da fluoretação no custo da água tratada é desprezível e, estima que para uma ETA hipotética que

abasteça uma população de 110.000 habitantes o valor de R\$ 0,002/m³, e desconsiderando-se as despesas com o pessoal, estima o custo unitário do tratamento entre R\$ 0,10 e R\$.0,30/m³.

2.7 – Impactos na saúde pública

Água fluoretada

Segundo Cury (2001) trata-se de um método de uso coletivo do flúor consagrado no século XX como uma das principais medidas de saúde pública em função do seu impacto em reduzir os níveis de cárie na população. A eficiência deste método foi comprovada em dezenas de países através de centenas de avaliações. Isto também se confirmou no Brasil, e a Tabela 5 mostra os resultados na redução da prevalência de cárie em escolares de quatro cidades, em função do tempo decorrido após o início da agregação de flúor ao tratamento da água, e tendo como indicador o índice CPO-D (quantidade de dentes cariados perdidos ou obturados), aos doze anos de idade.

Os dados da Tabela 2.7.1, e de muitos outros estudos, mostram que a prevalência de cárie dentária no Brasil era muito alta antes da fluoretação da água, e decresceu atingindo índices moderados no início da década de 1990. Isto mostra a força do método que isoladamente reduziu em 50% a prevalência da cárie. Por outro lado, é possível constatar que após 1990, a redução foi mais rápida atingindo em 1995 valores de CPO-D¹² similares aos encontrados nos países desenvolvidos. Isto pode ser visto de uma maneira mais clara na Figura 2.7.1. Os dados dessa Figura podem ser interpretados à luz do conhecimento atual do mecanismo de ação do flúor no controle da cárie como doença.

Tabela 2.7.1 Prevalência de cárie dentária (CPO-D)¹² em crianças de 12 anos de idade em função do tempo após a fluoretação da água em municípios brasileiros selecionados.

cidades	H ₂ O F*	ano											
		71	75	77	80	81	89	92	93	94	95	96	97
Curitiba, PR	1958	-	-	-	-	10,1	6,0	-	3,5	-	-	2,2	1,8
Piracicaba, SP	1971	8,6	-	7,4	6,2	-	-	3,5	-	-	-	-	2,2
Paulínia, SP	1980	-	-	-	8,2	-	-	-	-	3,0	-	2,1	-
Santos, SP	1983	-	8,9	-	-	-	5,1	-	3,5	-	1,7	-	-

Basting et al., 1998; *início da agregação de flúor ao tratamento da água. apud Cury, 2001

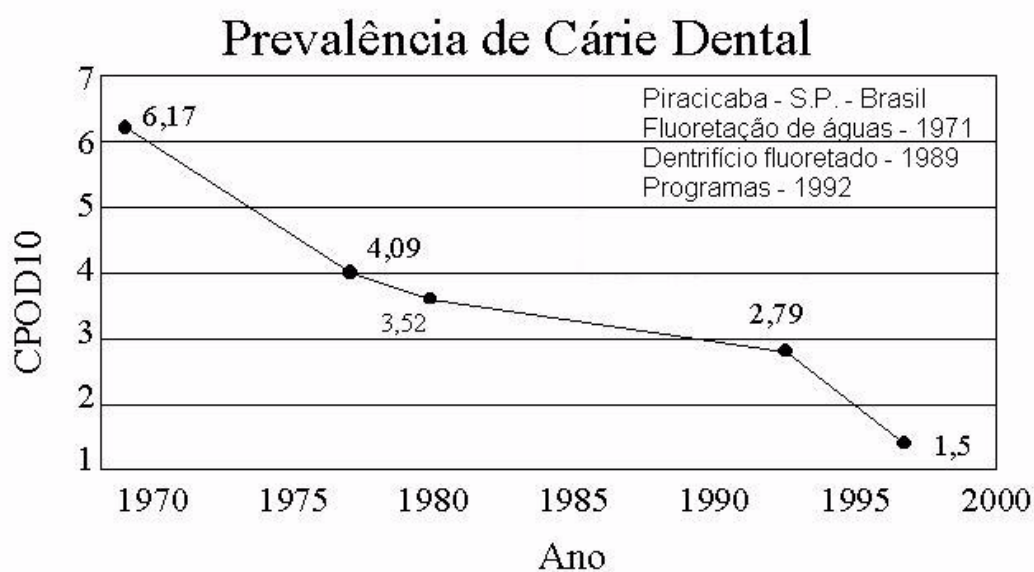


Fig. 2.7.1 Prevalência da cárie dental em escolares de 10 anos de idade em função do tempo de fluoretação de água de abastecimento público de Piracicaba (SP) (CURY, 2001)

Assim, o uso isolado de flúor pela água, de 1970 a 1990, foi capaz de reduzir em 50% a manifestação da doença. Entretanto, após 1990 ela se reduziu mais ainda, e isto obviamente não aconteceu porque as crianças de Piracicaba passaram a beber mais água. O fato comum, observado também em outras cidades, foi a implantação de programas para o controle da doença. A educação para a saúde bucal com escovação com dentifício fluoretado foi uma conquista do Sistema Único de Saúde (SUS), e os municípios que tornaram isto possível atualmente têm uma população infantil com dentes mais saudáveis. De acordo com análise feita por Capel et al (1999) apud CURY

(2001), a combinação “fluoretação da água + dentifrícios fluoretados + programas” também explicaria a redução de cárie em termos de Brasil.

Por outro lado, ao mesmo tempo em que a desorganização regular da placa dental se somaria ao efeito do flúor, e tendo em vista que atualmente todos os dentifrícios são fluoretados, o impacto da fluoretação da água pode não ser o mesmo de há 20 anos. Assim, enquanto para alguns países a fluoretação da água é considerada um método dispensável, para outros, ela ainda é importante medida em termos de saúde pública. Deste modo, quando no passado se agregava flúor ao tratamento da água, reduções da prevalência de cáries da ordem de aproximadamente 50% eram constadas. Atualmente o efeito da fluoretação da água tem sido diluído por outras medidas para o controle da doença, e o impacto se reduziu para valores de 20% com tendência a decrescer. É o que os sanitaristas denominam “atenuação relativa da força do método”. Na hipótese de remoção das variáveis que atuam concomitantemente a “força do método” voltaria a ser observada por inteiro.

Embora a relevância da fluoretação da água tenha diminuído, o método continua sendo importante para vários países (por ex. EUA e Reino Unido), e dados preliminares mostram menor prevalência de cárie no Brasil onde a água é fluoretada (Tabela 2.7.2). (CURY, 2001)

Tabela 2.7.2 Prevalência e redução de cárie no Brasil em 10 anos (CPO-D)¹⁰.

Regiões	1986	1996	diferença (%)
Norte	7,50	3,52	53,1
Nordeste	6,90	3,13	54,6
Centro-Oeste	8,53	2,82	66,9
Sudeste	5,95	2,34	60,7
Sul	6,31	2,41	61,8
Média nacional	7,04	2,84	59,6

Fonte: Cury J.A. 2001, uso do flúor e o controle da cárie como doença

2.8 – O flúor no aquífero Guarani

O Guarani é um aquífero do tipo poroso e confinado por cerca de 90% da sua área total. Encontra-se recoberto pelas espessas camadas de

rochas basálticas da Formação Serra Geral e, em algumas regiões, pelos sedimentos que constituem os grupos Bauru e Caiuá. À medida que se direciona para as partes centrais de bacia geológica, o Guarani é encontrado em maiores profundidades devido à sobreposição das unidades mencionadas acima.(REBOUÇAS et al 2002 apud BORGHETTI et al 2004)

A espessura total do aquífero varia de valores superiores a 800 metros Alegrete (RS) até a ausência completa em áreas internas da bacia Muitos Capões (RS). As menores espessuras foram verificadas na região da divisa entre os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (cerca de 70 a 100m). As maiores espessuras do aquífero foram verificadas na região de Alegrete (RS), com valores acima de 800m (ARAUJO et al., 1995 apud BORGHETTI et al., 2004)

As espessuras dos basaltos, por sua vez aumentam da borda em relação ao centro da bacia, sendo que a maior espessura dessas rochas sobrepostas ao aquífero, corresponde a 1.930m, na região de Cuiabá Paulista, no Estado de São Paulo. É exatamente neste estado que ocorrem, em área de confinamento, as maiores espessuras dessas rochas, entre 1.000 e 1.300m. Na porção noroeste do Paraná, entre os rios Paranapanema e Ivai, a soma das espessuras dos sedimentos do Grupo Caiuá e dos derrames basálticos da Formação Serra Geral atingem até 1.440m. (OEA, 2001 apud BORGHETTI et al., 2004)

Na região noroeste do Estado de São Paulo, se busca água na formação Pirambóia, onde o aquífero apresenta uma espessa camada de confinamento. A qualidade para consumo normalmente é prejudicada pela elevada concentração de sólidos dissolvidos e sulfatos, que além de elevar o pH para o entorno de 10, confere características organolépticas aversivas ao consumidor.

Oliveira et al (2006), verificaram que na bacia hidrográfica (Bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados) adjacente à de interesse neste estudo, a camada sobreposta ao aquífero está sofrendo exploração desordenada do recurso hídrico ali presente.

Com relação ao teor de flúor, raramente obtêm-se teores abaixo de 1,2mg/L. Há relatos de poços em: Londrina (PR) com 12,0mg/L,

Presidente Prudente (SP) com 13,30mg/L, Bofete (SP) com 17,60mg/L. (BERENHAUSER, 2001)

Essa anomalia decorre do grande tempo de residência das águas durante o confinamento.

2.9 – Aspectos legais

Segundo Domingues e Oliveira (2000), a Lei mais antiga, de âmbito federal, que se tem conhecimento foi promulgada na Irlanda, em 1960, com o nome de Health Act. Em seguida, outros países como os EUA, a Grécia e a Bulgária construíram um arcabouço jurídico que fizesse, da fluoretação das águas de abastecimento público, uma política obrigatória.

Entretanto, em nível de unidades federativas, alguns estados americanos são pioneiros. No Brasil, já na segunda metade da década de 1950, foram realizados debates institucionais para construir legislações estaduais que vislumbassem a obrigatoriedade da fluoretação de águas. Sendo esta uma medida atrelada a Políticas Públicas, sempre estão presentes interesses políticos em sua implementação. Um episódio ocorrido a esta época no Estado de São Paulo é ilustrativo. Em 1956, o deputado Homero Silva apresentou um projeto de Lei para que houvesse adição de flúor nas águas de abastecimento público, o qual atravessou pareceres e reedições de medidas regulamentares pelo governador Jânio Quadros, culminando em seu veto em 1958. Somente após a pressão exercida pela Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas (APCD), a fluoretação é regulamentada, entretanto sem a garantia de obrigatoriedade (BATALHA, 1985 apud DOMINGUES E OLIVEIRA, 2000).

Desta forma, é o Estado de Rio Grande do Sul (ANDRADE, 1995 apud DOMINGUES e OLIVEIRA, 2000), em 1956, o pioneiro no campo dos aspectos jurídicos relativos à fluoretação.

Na década de 1960 ocorre a entrada em cena de organismos internacionais, que, através de resoluções, contribuíram para a ampliação do alcance desta medida em vários países. Entre estas, pode-se exemplificar a resolução final da 22^a Assembléia da Organização Mundial da Saúde, realizada em Boston, em julho de 1969 a qual recomendou que os países membros

examinassem a possibilidade de iniciar a fluoretação dos sistemas públicos que não possuíam uma dosagem “ótima” de flúor (1mg/L)(resol. WHO 22.30 de 23.07.69) (BRANCO apud DOMINGUES e OLIVEIRA, 2000).

O valor de tal medida seria confirmado tanto pela resolução da reunião do Comitê Executivo da Organização Pan-Americana da Saúde em 1969, quanto pela reunião no Chile em 1972 dos ministros da saúde das Américas que, analisando o quadro epidemiológico da cárie dentária, adotariam em uma das suas recomendações: “Implantar sistema de fluoretação nas cidades de mais de 50.000 habitantes e desenvolver, até onde for possível, sistemas de fluoretação para outras áreas” (BRANCO apud DOMINGUES e OLIVEIRA, 2000).

Tais resoluções fortaleciam as ações de profissionais que possuíam uma preocupação em levar melhores condições de saúde a grandes parcelas da população com uma medida sanitária de longo alcance e de custo baixo.

Contribuindo com estas questões, foram iniciadas na década de 1970, ajudas financeiras de organismos internacionais, principalmente a Fundação Kellog (EUA), que contribuiria com seminários e cursos para qualificação técnica visando à ampliação da rede de fluoretação das águas na América Latina.

Estes acontecimentos iriam culminar com a consolidação, no Brasil, de forma pioneira na América Latina, em 1975, de um arcabouço de leis em nível Federal que objetivavam a obrigatoriedade da fluoretação das águas de abastecimento público.

Após dois anos desta vitória (1977), aproximadamente 9,5 milhões de brasileiros que recebiam água fluoretada sendo que somente no Estado do Rio Grande do Norte era percebida, em algumas localidades, fluoretação natural. Estes dados já demonstravam algum resultado significativo no que diz respeito à esta medida de Saúde Pública (DOMINGUES E OLIVEIRA, 2000)

No Brasil a primeira norma legal publicada foi a Lei nº 6.050 de 24/05/74, que dispunha sobre a fluoretação de água em sistemas de abastecimento quando existir estação de tratamento.

Em seguida publicou-se o Decreto 76.872 de 22/12/75 que regulamentava a Lei 6.050. E finalmente em 26/12/75, publicou-se a Portaria nº 635/Bsb, que aprovava normas e padrões sobre fluoretação da água em sistemas públicos de abastecimento destinado a consumo humano, vigente até os dias de hoje.

A Portaria 635/Bsb em seu inciso IV estabelece que: A concentração recomendada de íon fluoreto (mg/L) nas águas de abastecimento público é obtida pela equação (1):

$$C = 22,2/E, \text{ onde } E = 10,3 + 0,725T \quad (1)$$

T = Média de temperatura máxima diárias observadas durante um período mínimo de 1 ano (recomendado 5 anos) em graus centígrados

O anexo da Portaria 635/Bsb estabelece, entre outros tópicos, os limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias, reproduzidos na Tabela 2.9.1.

Tabela 2.9.1 – Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias

Média das temperaturas máximas diárias (°C)	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto (mg/L)		
	mínimo	máximo	ótimo
10,0 – 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 – 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 – 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 – 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 – 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 – 32,5	0,6	0,8	0,7

Está em vigor a Portaria do Ministério da Saúde nº 518 de 25/03/2004 que em seu caput escreve: “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”. No

anexo da referida Portaria, a substância flúor tem seu valor máximo permitido (VMP) em 1,5mg/L, entretanto ressalta que: "Os valores recomendados para a concentração de íon fluoreto devem observar a legislação específica vigente relativo à fluoretação da água, em qualquer caso devendo ser respeitado o VMP".

Isso gerou, e ainda gera, muita confusão. As empresas fornecedoras, especialmente as que exploram o aquífero artesianos, passaram a trabalhar com o valor referência de 1,5mg/L, negligenciando a Portaria 635/Bsb que define claramente o padrão 0,7mg/L na região de Araçatuba.

No âmbito Estadual foi publicada a Resolução SS-250 de 15/08/95, que estabeleceu como teor ideal da concentração de flúor na água destinada ao consumo humano o valor de 0,7mg/L, e considerando dentro do padrão de potabilidade teores entre 0,6 e 0,8mg/L.

Está em vigor também a Resolução SS-65 de 12/04/05, que: "Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no Estado de São Paulo e dá outras providências". O artigo 12 desta resolução estabelece: "Ficam os sistemas de abastecimento de água obrigados a manter a concentração de íon fluoreto no intervalo 0,6 a 0,8mg/L", e no parágrafo único estabelece: "Outros teores serão aceitos mediante comprovação do atendimento da Portaria 635/Bsb de 25/12/75 e Resolução Estadual SS-250 de 26.04.95, ou instrumento normativo que vier a substituí-los".

Em não se conseguindo comprovar que a média das temperaturas máximas diárias da região fique abaixo de 26,4°C, vale o intervalo de 0,6 a 0,8mg/L, como o padrão de potabilidade para o teor de flúor na água de abastecimento público para consumo humano.

2.10 - Técnicas de adição e remoção de flúor

Adição de flúor

Serviços públicos de água, via de regra, necessitam adicionar fluoretos à água de abastecimento visando atingir o teor de flúor recomendado pela Portaria 635/Bsb (ver capítulo anterior).

A American Water Works Association, estabelece que para essa tarefa, há que se fazer em projeto específico para cada sistema, levando-se em consideração necessariamente:

1. Tipo de composto fluoretado que se usará.
2. Uso que se fará da água.
3. Tipo de dosador a ser usado.
4. Quantidade de pontos de injeção na rede.
5. Características da água.
 - a. Teor natural de flúor presente.
 - b. Pressões disponíveis.
 - c. Tipo de vazão (variável ou constante).
6. Custos:
 - a. Implantação do sistema.
 - b. Operação e manutenção do sistema.
 - c. Dos produtos químicos.
7. Qualidade da mão-de-obra.
8. Leis e normas que regulam o assunto.

Em relação ao composto fluoretado, os mais utilizados são, fluoreto de sódio (NaF), fluossilicato de sódio (Na_2SiF_6), e ácido fluossilícico (H_2SiF_6), sendo este último, dentre todos, o preferido.

Saber o uso da água é fator importantíssimo, o enfoque a ser dado ao sistema que atende um asilo de idosos, por exemplo, é muito diferente ao que se dará a creches, enquanto que no primeiro o risco de fluorose dentária é nulo, no segundo o risco é grande.

Quanto ao tipo de dosador, existem inúmeros, não se usa, normalmente, dosadores de produtos secos, só compostos líquidos ou diluídos em água.

Se o regime de operação for com vazão constante (aplicação na saída do poço, por exemplo), pode-se usar dosador de membrana sincronizado com a bomba do poço, fixando-se uma concentração do composto fluoretado e regulando-se a vazão do dosador, para que se consiga o teor ótimo de flúor.

Sendo a vazão variável, situação mais real na maioria dos sistemas, atualmente dois tipos de dosadores são empregados:

1. A montante do ponto de aplicação, instala-se medidor de vazão capaz de informar ao equipamento dosador a vazão instantânea, este por sua vez, regula automaticamente a vazão de dosagem da solução de flúor.

2. Com medidor de teor de flúor a jusante do ponto de aplicação, o teor medido é informado por servo-controle ao dosador que corrigirá automaticamente a vazão de flúor dosado.

Remoção de flúor

Remoção de flúor é processo dispendioso, não há sistema que promova a defluoretação, dentro dos municípios em estudo.

Métodos para remoção de flúor incluem, precipitação, e troca iônica/processos de adsorção.

Na precipitação são adicionados produtos químicos e formados precipitados ou co-precipitados de fluoretos, posteriormente removidos. Usa-se sulfato de alumínio ou óxido de cálcio em pó (DROSTE, 1997).

Esses métodos de remoção de fluoreto por precipitação apresentaram desvantagens tais como: baixa capacidade de remoção, necessidade de grandes quantidades de material ou pH extremamente baixo ($\text{pH} < 3$), alto custo de implantação e regeneração e baixa especificidade em relação ao fluoreto (BERENHAUSER, 2001).

Nos processos de adsorção, o fluoreto é removido por troca iônica com o adsorvente em leitos de contato. Os adsorventes mais utilizados são a farinha de osso e alumina ativada, entretanto tem-se como pH ótimo para essa troca o valor de 5,5, alguns autores citam que o pH deve ser menor que 3, que inviabiliza a remoção em certas águas. Além disso para a execução do processo além de se reduzir o pH da água é preciso se proceder à regeneração do meio filtrante, aumentando custos de operação.

Russel L.Culp e Howard A. Stoltenberg (1958) publicaram trabalho sobre técnicas que implementaram na água de La Crosse (Canadá), reduzindo a concentração de fluoreto de 3,6mg/L para 1,5mg/L utilizando alumina ativada.

Frederick Rubel Jr. e Dale Woosley (1979) publicaram artigo onde mostram tecnologia de remoção de flúor também usando alumina ativada, em três sistemas nos Estados Unidos da América.

Mais sofisticados e eficientes são os processos de membrana, onde destacam-se a Osmose Reversa e a Eletrodialise. A diferença entre as duas está na força motriz, enquanto que na Osmose Reversa o gradiente de pressão é a força motriz, na Eletrodialise é o potencial elétrico que faz esse papel. Esses dois processos conseguem retirar mais de 90% do flúor presente na água.

Em 1972 foi estudada em Greenfield, Iowa, Estados Unidos, defluoretação por osmose reversa em poço que apresentava teor de flúor 1,0mg/L, o experimento foi capaz de tratar 570m³/dia. Como resultado obteve-se redução de 80% alcançando o valor 0,2mg/L de flúor. (BERENHAUSER, 2001).

A Sabesp de Registro (SP) ensaiou em 1990 técnica de remoção de flúor por eletrólise com chapas de alumínio. Após a correção do pH para 6,0, aplica-se corrente elétrica, quanto maior a corrente menor o tempo de contato.

No caso ensaiado reduziu-se a concentração de flúor de 5,0 para 1,1mg/L com 30 minutos de contato, consumindo-se 0,3kWh/m³ e 30mg/L de alumínio.

Já o mesmo processo aplicado em Presidente Prudente (SP), reduziu a concentração de flúor de 12,0 para 4,0mg/L com consumo de 0,75kWh/m³. Com 60 minutos de contato a concentração caiu para 2,0mg/L, mas o consumo foi de 1,5kWh/m³.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Municípios envolvidos e dados utilizados

Para o presente trabalho serão considerados os municípios que possuem sistemas públicos de água fiscalizados pela Vigilância Sanitária, sendo as análises de fiscalização executadas pelo Laboratório I da Direção Regional de Saúde de Araçatuba – DIR VI.

A Figura 3.1.1 ilustra a localização geográfica da região administrativa da DIR VI, alvo deste trabalho, detalha os municípios por faixa de população, e destaca os que têm seus sistemas operados pela Sabesp.

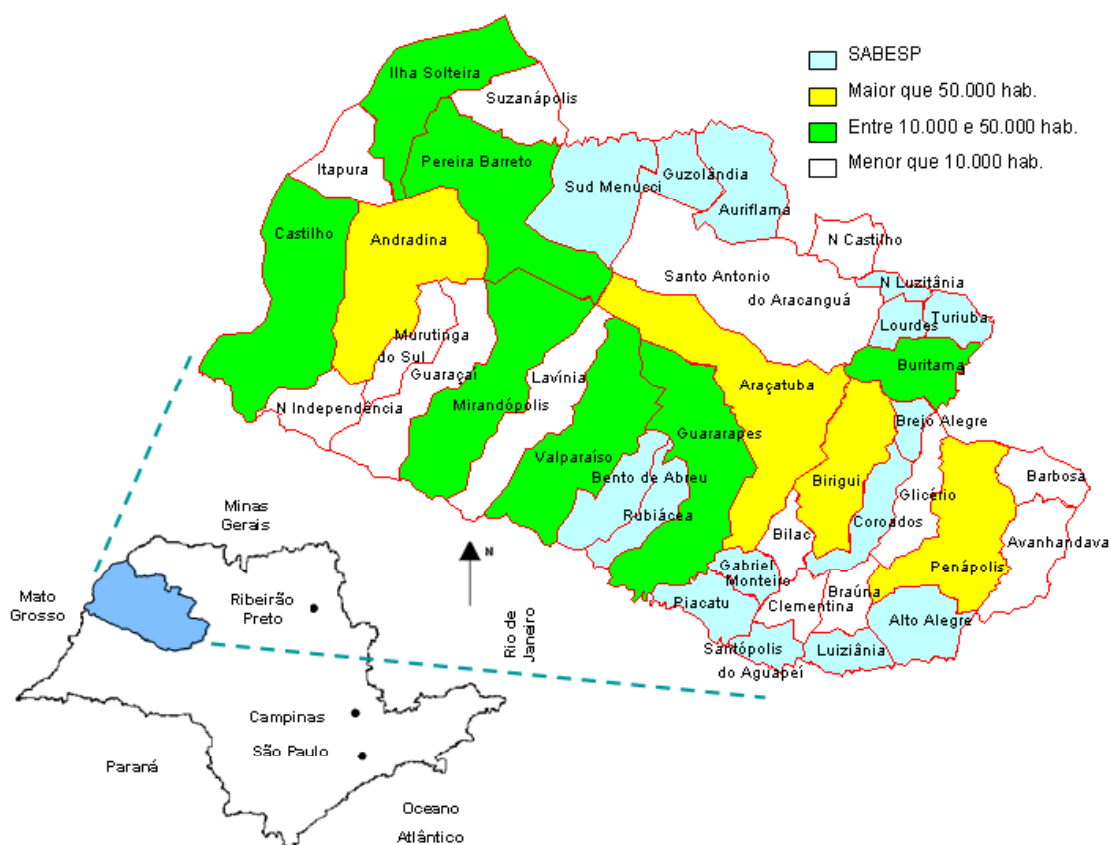


Figura 3.1.1 – Localização geográfica da região em estudo, com indicação da faixa populacional e presença da Sabesp.

A Tabela 3.1.1, a seguir, ilustra os 40 municípios envolvidos e sua população (IBGE para 2005).

Tabela 3.1.1 – População da região de estudo

Município	População	Município	População
Alto Alegre	3.934	Ilha Solteira	25.427
Andradina	56.883	Itapura	3.891
Araçatuba	179.717	Lavínia	4.939
Auriflama	13.982	Lourdes	2.220
Avanhandava	9.366	Luiziânia	4.344
Barbosa	6.123	Mirandópolis	26.877
Bento de Abreu	2.394	Murutinga do Sul	4.090
Bilac	6.483	Nova Castilho	1.026
Birigui	106.313	Nova Independência	2.110
Brauna	4.456	Nova Luzitânia	2.811
Brejo Alegre	2.513	Penápolis	58.613
Buritama	14.540	Pereira Barreto	24.681
Castilho	15.159	Piçatu	4.679
Clementina	5.729	Rubiácea	2.148
Coroados	4.657	Santo Antonio do Aracanguá	6.881
Gabriel Monteiro	2.887	Santópolis do Aguapei	3.805
Glicério	4.551	Sud Menucci	7.468
Guaraçai	9.273	Suzanápolis	2.886
Guararapes	30.196	Turiuba	1.777
Guzolândia	3.823	Valparaíso	19.839
		Total	693.491

Por ocasião da discussão dos resultados, será abordada com mais profundidade a questão do tipo de manancial explorado, em função dos resultados obtidos.

As amostras foram coletadas no período de 01/2001 a 06/2005, em todos os municípios, perfazendo 5.157 amostras distribuídas proporcionalmente à população local e ao risco epidemiológico envolvido na qualidade do sistema instalado.

As 5.157 amostras não são de controle de qualidade dos sistemas, e sim de fiscalização, cumprindo o Programa de Vigilância da Qualidade da Água, da Secretaria Estadual da Saúde, que no âmbito da

Regional de Saúde de Araçatuba é coordenado pelo autor deste trabalho. As análises, feitas pelo Laboratório I de Araçatuba, gozam de caráter oficial e têm fé pública.

As amostras foram coletadas em pontos aleatórios, procurando serem representativas de todo o sistema da rede de distribuição. Os pontos escolhidos são sempre os do cavalete, e na ausência de torneira neste, um outro ponto qualquer que seja abastecido diretamente pela rede de distribuição.

3.2 – Procedimentos de coleta

O procedimento de coleta é padronizado pela Secretária Estadual da Saúde, por meio do Centro de Vigilância Sanitária, e padrão em todas as Regionais de Saúde do Estado de São Paulo.

A coleta de amostras de água pode parecer uma tarefa simples, entretanto, significa mais do que encher um frasco com água proveniente da rede pública de abastecimento. Para que essa amostra seja representativa, as condições de manipulação devem ser controladas, de modo a não interferir no resultado.

Assim, para assegurar a representatividade e confiabilidade dos resultados das amostras de água é indispensável que a coleta seja feita por técnicos adequadamente capacitados.

A ficha de coleta de campo deve conter as seguintes informações:

- Número de identificação da amostra.
- Identificação do ponto de amostragem e sua localização
- Data e hora da coleta
- Procedência da água (rede pública, mina, poço, etc.)
- Medidas de campo (pH, cloro residual)
- Eventuais observações de campo
- Indicação dos parâmetros a serem analisados no laboratório
- Nome do responsável pela coleta

Visando garantir que a amostra seja representativa da rede pública deve-se observar os seguintes passos para a coleta:

- Verificar se o ponto de coleta recebe água diretamente da rede pública, de maneira a não coletar água de caixa ou de reservatórios domiciliares.
- Identificar previamente o frasco onde será feita a coleta.
- Verificar se a torneira de onde esta sendo retirada a água não apresenta vazamentos.
- Retirar os bocais de engate de mangueiras, fazer a limpeza externa das torneiras com álcool a 70%.
- Abrir a torneira e deixar escoar água durante pelo menos três minutos ou o tempo suficiente para eliminar impurezas e água acumulada na canalização domiciliar.
- Para a coleta de análises físico-químicas, dentre as quais se inclui o flúor, encher e esvaziar o frasco com a água corrente pelo menos seis vezes, caso o frasco seja reutilizável.
- A parte interna dos frascos e do material de coleta, como garrafas e tampas, não podem ser tocados com a mão, ou ficar expostos ao pó, fumaça e outras impurezas, tais como, gasolina, óleo e fumaça de exaustão de veículos, que podem ser grande fonte de contaminação das amostras. Cinzas e fumaças de cigarro podem, também, contaminar as amostras. Os coletores devem ter as mãos limpas, e jamais espirrar, tossir ou mesmo conversar sobre as amostras no momento da coleta.
- Imediatamente após a coleta e acondicionamento das amostras, deve-se mantê-las ao abrigo da luz solar.
- As amostras devem ser acondicionadas em caixas térmicas com gelo, porém sem contato direto com o mesmo.

Devido ao intervalo de tempo que geralmente existe entre a coleta das amostras e realização das análises, é preciso adotar métodos específicos de conservação e armazenamento das amostras, com a finalidade

de resguardar as condições similares do ponto amostrado e evitar contaminação ou perda dos constituintes a serem examinados.

As alterações químicas que podem ocorrer na estrutura dos constituintes acontecem em função das condições físico-químicas das amostras. Assim, metais podem precipitar-se como hidróxidos ou formar complexos com outros constituintes; os cátions e ânions podem mudar o estado de oxidação; outros constituintes podem dissolver-se ou volatilizar-se com o tempo e a possibilidade de adsorção de íons pela superfície do frasco da coleta. Justamente por esse motivo no caso de pesquisa de flúor na água, esta não pode ser acondicionada em frascos de vidro, já que a sílica presente na composição do vidro reage com o flúor e altera o resultado da determinação.

As amostras para o presente estudo, foram coletadas ou em frascos de polietileno de 500mL ou 1.000mL, reutilizáveis, ou em sacos plásticos de 1.000mL descartáveis, já que a mesma amostra serviu para a determinação de outros parâmetros físico-químicos, além de que uma maior quantidade de água coletada permite a reavaliação da análise em caso de alguma dúvida.

Tendo sido coletada e armazenada com critério, a amostra pode ser conservada por um mês. Alguns autores afirmam que a integridade da amostra para a determinação do flúor se mantém por até seis meses.

3.3 – O método laboratorial

O método potenciométrico com eletrodo íon-seletivo é adequado para concentrações de flúor de 0,1 até 10mg/L; a adição de tampão elimina interferências e portanto a necessidade de destilação prévia. Algumas substâncias presentes em resíduos industriais, tais como fluorobonatos, podem estar em concentrações suficientes para causar problemas em medidas potenciométricas. Medidas do flúor podem ser feitas com eletrodo íon seletivo e com pHmetro em escala expandida (mV) ou potenciômetro de íon seletivo, usualmente sem destilação, no tempo necessário para ser atingido o equilíbrio do eletrodo. Uma das vantagens deste método é a simplicidade e rapidez, além da alta seletividade.

O equipamento usado foi um Analisador de íons, marca Mettler – Toledo, com agitador magnético modelo 258 da Fanem

Princípio de medição

O eletrodo fluoreto é um sensor íon-seletivo. O elemento principal do eletrodo de fluoreto é um cristal de fluoreto de lantânio dopado tipo laser, através do qual um potencial é estabelecido pelas soluções de fluoreto de diferentes concentrações. O cristal entra em contato com a amostra em uma face e uma solução interna de referência com a outra face.

O eletrodo de íon fluoreto pode ser usado com um eletrodo de referência de calomelano e qualquer pHmetro moderno que tenha uma escala expandida em milivolt.

O eletrodo mede a atividade do íon fluoreto em solução, ao invés da concentração. A atividade de íon fluoreto depende da força iônica total, do pH da solução e das espécies complexantes de íon fluoreto. Adicionando-se um tampão apropriado, obtém-se um fundo aproximadamente uniforme de força iônica, ajusta-se o pH e desfaz-se os complexos, de forma que o eletrodo mede a concentração do íon fluoreto.

Substâncias interferentes na medição

O íon fluoreto forma complexos com vários cátions polivalentes, principalmente com os íons alumínio e ferro. A extensão da complexação depende do pH, concentrações relativas de fluoreto e das espécies complexantes. No entanto, o CDTA, (ácido 1,1 ciclo-hexileno-di-nitrilo-tetracético) que é um componente do tampão, complexa preferencialmente os cátions interferentes e libera os íons fluoretos. O íon alumínio interferente mais comum pode ser complexado em concentrações acima de 3,0mg/L. Em solução ácida, o íon fluoreto forma um complexo do tipo pouco ionizado, mas o tampão mantém um pH do meio acima de 5 unidades de pH, de forma que a formação deste complexo é minimizada. Em solução alcalina o íon hidróxido também pode interferir com a resposta do eletrodo, sempre que a concentração do íon hidróxido for maior que um décimo (1/10) da concentração do íon

fluoreto. O tampão mantém um valor de pH, no qual não ocorre interferência dos íons hidróxidos.

Os fluoroboratos são amplamente usados em processos industriais. Em soluções diluídas, os fluoroboratos e ácido fluorobórico hidrolizam liberando o íon fluoreto.

A destilação é necessária se a concentração de sólidos dissolvidos exceder 10.000mg/L.

A Tabela 3.3.1 mostra e compara o método eletrodo de íon seletivo com o colorimétrico (SPADNS), mostrando os valores máximos admitidos de alguns interferentes.

Tabela 3.3.1 - Valores de concentrações de algumas substâncias interferentes que causam erros entre 0,1 a 1,0mgF/L em determinações de flúor

Substância (em mg/L)	Método eletrodo	Método SPADNS
Alcalinidade (CaCO ₃)	7.000	5.000
Alumínio (Al ⁺³)	3,0	0,1
Cloreto (Cl ⁻)	20.000	7.000
Cloro	5.000	zero
Cor e turbidez	eliminar	eliminar
Ferro	200	10
Hexametáfosfato (NaPO ₃) ₆	50.000	1
Fosfato (PO ₄ ⁻³)	50.000	16
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	50.000	200

Precisão

Em análise de rotina, desvio padrão de 1mV é comum, sendo que os resultados analíticos freqüentemente se encontram na faixa de 5-10%. Com cuidados especiais esses erros podem ser reduzidos para a faixa de 1-2%.

Aparelhagem e acessórios

Potenciômetro

Eletrodo de referência
Eletrodo íon seletivo de fluoreto
Agitador magnético, com barra magnética recoberta com teflon
Balões volumétricos de 50, 100 e 1.000mL
Pipetas volumétricas de 5, 10 e 50mL
Béquer de 2.000mL

Reagentes

CDTA (ácido 1,1 ciclo-hexileno-di-nitrilo-tetracético)
Cloreto de sódio (ajuste da força iônica)
Acetato de sódio (fins tampão)
Indicador vermelho de cresol (informação da faixa ideal de pH)
Fluoreto de sódio (calibrador do aparelho)

3.4 – Metodologia de análises dos dados

A Portaria 635/Bsb em seu inciso IV estabelece que: A concentração recomendada de íon fluoreto (mg/L) nas águas de abastecimento público é obtida pela equação (1):

$$C = 22,2/E, \text{ onde } E = 10,3 + 0,725T \quad (1)$$

T = Média de temperatura máxima diárias observadas durante um período mínimo de 1 ano (recomendado 5 anos) em graus centígrados

Segundo dados da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Coordenaria de Assistência Técnica Integral, observações de temperatura, em Araçatuba, coletadas no período de 01/01/2000 a 28/03/2005, mostraram que a média máxima diária de temperatura no período foi 30,1°C, que aplicada à equação (1) revela que $C = 0,7\text{mg/L}$. Esta é a concentração definida para a distribuição de água de abastecimento público para a cidade de Araçatuba. Para os outros municípios, a rigor, deveria se proceder da mesma maneira, entretanto, não são todos que possuem estações medidoras de temperaturas

máximas diárias, aceitando-se para esta determinação valores obtidos para municípios próximos, de maneira que pode-se extrapolar que esta concentração vale para todos indistintamente.

O anexo da Portaria 635/Bsb estabelece os limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias, reproduzidos na Tabela 2.9.1.

É fácil perceber que para a região de Araçatuba a concentração calculada de 0,7mg/L, corrobora o previsto na Tabela 2.9.1 já que para a faixa 26,4 - 32,5°C, estabelece-se uma concentração ótima de 0,7mg/L, admitindo-se o intervalo 0,6–0,8mg/L de teor de flúor na água de abastecimento público dos municípios objeto do presente trabalho.

O presente estudo se propõe a analisar e discutir o resultado de 5.157 determinações laboratoriais de teor de flúor em redes públicas de abastecimento de água.

O elemento estudado tem uma característica peculiar, como já discutido anteriormente, de ter um teor específico “ótimo” (0,7mg/L) para consumo, admitindo-se um intervalo “aceitável” (0,6-0,8mg/L), de maneira que a análise em primeiro lugar poderá simplesmente enquadrar as análises em: atende (A) ou não atende (NA).

Rebuscando-se um pouco mais pode-se enquadrar em atende (A), não atende para baixo do intervalo (NA-), ou não atende para acima do intervalo (NA+), já que o não atendimento para abaixo apresenta uma conseqüência totalmente diferente do não atendimento para acima.

O intervalo merece ainda uma discussão, já que a norma legal estabelece que na região de Araçatuba o intervalo aceitável é de 0,6-0,8mg/L. Quando a norma foi estabelecida (1975), a quantidade de algarismos significativos era essa, uma casa depois da vírgula. Atualmente os aparelhos de leitura digital conseguem resoluções de até 3 casas depois da vírgula. Com isso outra discussão aflora, ao se considerar resultados como 0,58mg/L ou 0,84mg/L. Parece razoável o arredondamento para 0,6mg/L e 0,8mg/L, respectivamente. Neste caso a faixa aceitável se estenderia de 0,6-0,8mg/L para 0,56-0,85mg/L, aumentando assim a quantidade de amostras dentro do padrão.

Dos 40 municípios que foram analisados, 15 deles são operados pela Sabesp, que face ao gerenciamento operacional unificado, trabalham todos absolutamente com o mesmo padrão, e se servem de laboratório centralizado para as determinações laboratoriais, inclusive pelo mesmo processo do laboratório oficial. Por este motivo, os municípios operados pela Sabesp foram reunidos num único grupamento.

Dos 25 restantes, 4 foram classificados como grandes, a saber: Andradina, Araçatuba, Birigui e Penápolis. Contam com mais de 50.000 habitantes e merecem uma discussão agrupados, mesmo porque têm os quatro a maior quantidade de amostras do presente estudo.

Dos 21 restantes 7 foram classificados como médios, são eles: Buritama, Castilho, Guararapes, Ilha Solteira, Mirandópolis, Pereira Barreto, e Valparaíso. Têm população entre 10.000 e 50.000 habitantes e características de operação parecidas, bem como dificuldades semelhantes, principalmente com recursos humanos especializados para tão delicada tarefa.

Restam 14 municípios que contam com menos de 10.000 habitantes operados pela própria prefeitura municipal, e com, via de regra, carência total de recursos humanos, técnicos e financeiros para operar com um mínimo de qualidade aceitável. Muitos deles sequer, ainda hoje, adicionam flúor à água.

Outro corte de análise foi quanto ao tipo de manancial explorado: aquífero artesiano, lençol freático e águas superficiais. O lençol profundo conta com teor de flúor natural e variável no aquífero.

Em todas as discussões possíveis foram elaboradas estatísticas descritivas básicas dos diversos agrupamentos sugeridos e foram efetuados testes de hipóteses para verificar homogeneidade das amostras

3.5 – O teste Kruskal-Wallis

Pode-se encontrar na publicação da United States Geological Survey (USGS) em seu livro 4 sub-capítulo 14 (discrete relationships) do capítulo A3, (HELSEL, D.R. HIRSCH, R.M) estudo completo do teste Kruskal-Wallis.

Trata-se de um teste aplicado a dados ordinais, ou seja, quando os valores possíveis podem ser ordenados numa seqüência lógica, tal como baixo, médio e alto.

Os dados são ordenados numa matriz O_{ij} em que cada coluna corresponde a um grupo de dados, e cada linha corresponde às observações agrupadas numa mesma categoria.

Cada grupo de dados pode corresponder a repetições de um experimento, diferentes locais de amostragem, ou, no caso deste trabalho, diferentes mananciais e grupamentos populacionais.

As categorias de resposta adotadas neste trabalho foram: Não atende abaixo (NA-), atende (A) e não atende acima (NA+), correspondendo respectivamente a: $F < 0,6\text{mg/L}$, $0,6 \leq F \leq 0,8$ e $F > 0,8\text{mg/L}$.

O teste verifica se houve uma mudança na distribuição dos dados observados. O resultado do teste pode ser descrito como:

H_0 – A proporção de dados em cada categoria de resposta é a mesma para cada grupo.

H_1 – A proporção difere entre os grupos.

Calculando o teste:

Dado uma matriz O_{ij} define-se:

$$A_i = \sum_{j=1}^n O_{ij}$$

$$C_j = \sum_{i=1}^m O_{ij}$$

$$N = \sum A_i = \sum C_j = \sum O_{ij}$$

$$\begin{aligned} \bar{R}_x &= \sum_{i=1}^{x-1} A_i + (A_x + 1)/2 \\ \bar{D}_j &= \frac{\sum_{i=1}^m O_{ij} \bar{R}_i}{C_j} \\ K &= (N-1) \frac{\sum_{j=1}^k \left(C_j \bar{D}_j^2 \right) - N \left(\frac{N+1}{2} \right)^2}{\sum_{i=1}^m \left(A_i \bar{R}_i^2 \right) - N \left(\frac{N+1}{2} \right)^2} \end{aligned} \quad (3.6.1)$$

Para avaliar a significância (K encontrado), este é comparado a K esperado pela distribuição qui-quadrado com k-1 graus de liberdade, numa matriz MxN será (M-1)(N-1), que terá a seguinte notação $K_{lim(a;b)}$, sendo “a” a quantidade de graus de liberdade, e “b” o percentual de confiança.

Uma vez que diferença entre grupos tenha sido encontrada, usualmente interessa determinar qual grupo difere dos outros. Isto se faz com múltiplos testes de comparação, eliminando-se colunas até que se encontre H_0 .

Para a realização de múltiplos testes há que se recalcular a taxa de erro segundo a equação (3.6.2).

$$\begin{aligned} \alpha_p &= 1 - (1 - \alpha)^{p/k} && \text{para } p < (k - 1) \\ \alpha_p &= \alpha && \text{para } p \geq (k - 1) \end{aligned} \quad (3.6.2)$$

4 - RESULTADOS

4.1 – Quantidades e percentuais de amostras analisadas

As 5.157 amostras utilizadas neste trabalho foram coletadas por agentes públicos para fiscalização da qualidade da água do sistema. Este número é menor que o número de amostras coletadas para controle do próprio sistema, já que este tem que se reportar às exigências previstas na Portaria do Ministério da Saúde 518/04

Encontra-se em anexo a Tabela A1 contendo as quantidades de amostras encontradas em cada teor variando de 0,0 a 3,8mg/L em intervalos discretos de 0,1mg/L.

A Tabela 4.1.1 será referência em todas as comparações doravante discutidas. Nela constam todos os municípios envolvidos no presente trabalho, suas populações, as quantidades de amostras por faixa de teor de flúor, o administrador do sistema, o tipo de manancial explorado, bem como o percentual que cada manancial representa no abastecimento.

Em relação ao tipo de manancial explorado será usada a seguinte nomenclatura:

“Superficial” – Água captada de rios ou córregos represados ou não.

“Subterrânea” – Água captada de poço tubular profundo que explora o aquífero Bauru ou Serra Geral. (Poços com no máximo 200m de profundidade)

“Profundo” – Água captada de poço tubular profundo que explora os aquíferos Botucatu e Pirambóia, também conhecidos como Guarani. (poços que excedem os 1.000m de profundidade na região em estudo)

Tabela 4.1.1 - Número de amostras por município segundo a concentração de flúor, populações, administrador do sistema, tipo e percentual de participação de cada manancial.

Município	População	Quantidade de amostras analisadas por faixa de teor de flúor (mg/L)		Total de amostras	Administração do sistema	Tipo de manancial - % de participação		
		F < 0,6	0,6 ≤ F ≤ 0,8			Superf.	Subter.	Prof.
Alto Alegre	3.934	30	60	99	Sabesp	100		
Andradina	56.883	196	83	329	Prefeitura	85	15	
Araçatuba	179.717	162	305	489	Prefeitura	69	1	30
Aurifloma	13.982	6	3	9	Sabesp			100
Avanhandava	9.366	20	10	30	Prefeitura	100		
Barbosa	6.123	78	14	92	Prefeitura	100		
Bento de Abreu	2.394	46	70	116	Sabesp	100		
Bilac	6.483	74	25	114	Prefeitura	100		
Birigui	106.313	82	186	346	Prefeitura	47	3	50
Brauna	4.456	24	0	24	Prefeitura	100		
Brejo Alegre	2.513	19	39	64	Sabesp	100		
Buritama	14.540	120	0	120	Prefeitura	100		
Castilho	15.159	35	48	112	Prefeitura	100		
Clementina	5.729	103	8	115	Prefeitura	100		
Coroados	4.657	9	97	120	Sabesp	100		
Gabriel Monteiro	2.887	19	77	102	Sabesp	100		
Glicério	4.551	85	20	106	Prefeitura			100
Guaraçai	9.273	98	18	123	Prefeitura	100		
Guararapes	30.196	54	104	178	Prefeitura	55		45
Guzolândia	3.823	12	63	75	Sabesp			100

Tabela 4.1.1 - Número de amostras por município segundo a concentração de flúor, populações, administrador do sistema, tipo e percentual de participação de cada manancial.

Município	População	Quantidade de amostras analisadas por faixa de teor de flúor (mg/L)		Total de amostras	Administração do sistema	Tipo de manancial - % de participação	
		F < 0,6	0,6 ≤ F ≤ 0,8			Superf.	Subter.
Ilha Solteira	25.427	36	135	192	Prefeitura		100
Itapura	3.891	43	65	133	Prefeitura		100
Lavínia	4.939	141	25	174	Prefeitura		100
Lourdes	2.220	39	43	82	Sabesp		100
Luiziânia	4.344	17	28	45	Sabesp		100
Mirandópolis	26.877	77	86	177	Prefeitura	75	25
Murutinga do Sul	4.090	34	45	112	Prefeitura		100
Nova Castilho	1.026	32	72	122	Prefeitura		100
Nova Independência	2.110	15	67	102	Prefeitura		100
Nova Luzitânia	2.811	17	29	46	Sabesp		100
Penápolis	58.613	74	183	290	Prefeitura	100	
Pereira Barreto	24.681	24	98	176	Prefeitura		100
Piacatu	4.679	10	70	83	Sabesp		100
Rubiácea	2.148	21	42	71	Sabesp		100
Santo Ant. Aracanguá	6.881	140	6	147	Prefeitura		100
Santópolis do Aguapei	3.805	8	52	60	Sabesp	100	
Sud Menucci	7.468	29	64	93	Sabesp		100
Suzanópolis	2.886	29	46	122	Prefeitura		100
Turiuba	1.777	21	33	54	Sabesp		100
Valparaíso	19.839	13	78	113	Prefeitura		50
Total	693.491	2.092	2.497	568			5.157

A Tabela 4.1.1 mostra que dos 40 municípios envolvidos, 8 se suprem, sendo 4 exclusivamente, de manancial superficial, 7 buscam, sendo 2 exclusivamente, água no aquífero Guarani, 28 se suprem exclusivamente do manancial subterrâneo. A Figura 4.1.1 ilustra esta situação.

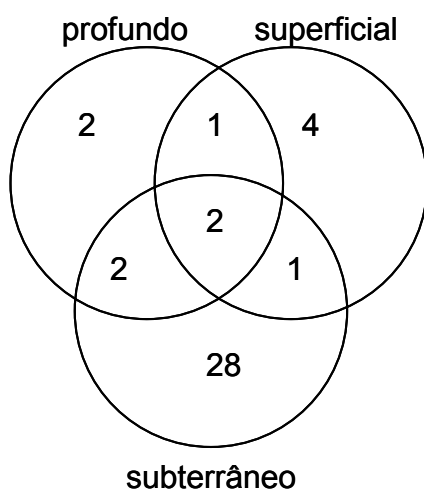


Figura 4.1.1 Número de municípios dentro de seus respectivos mananciais explorados

Tendo em vista que a presença de flúor em níveis inadequados no manancial pode representar maior dificuldade no atendimento aos padrões, apresenta-se a Tabela 4.1.2 com os teores de flúor presentes na água bruta.

Tabela 4.1.2 – Teor de flúor natural nos poços que exploram o aquífero Guarani.

Município	Poço	Teor de flúor natural (mg/L)	Percentual na produção de cada sistema
Andradina	Único	2,20	15
Araçatuba	P1	0,80	15
	P2	0,90	15
Auriflama	Único	0,65	100
Birigui	P1	1,10	25
	P2	1,00	25
Guararapes	Único	1,40	45
Pereira Barreto	Único	1,10	100
Valparaíso	único	1,10	50

Verifica-se na Tabela 4.1.2 que os únicos poços com água bruta atendendo aos padrões são o P1 de Araçatuba e o de Auriflama.

A distribuição percentual das amostras nas três faixas adotadas na análise é mostrada na Figura 4.1.2

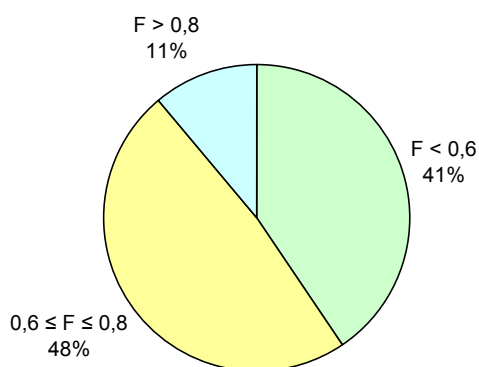


Figura 4.1.2 - Representação dos percentuais de faixa de teor de flúor de todas as amostras

A Figura 4.1.2 mostra que mais da metade das amostras (51,6%) não atende o padrão de fluoretação (0,6-0,8mg/L). Como as datas de amostragem são aleatórias, pode-se extrapolar a porcentagem de amostras para a porcentagem de ocorrência no tempo dos teores de flúor. Isto implica que a uma população de mais de 600.000 pessoas na região de Araçatuba está consumindo água que não atende o padrão durante mais da metade do tempo.

Os dados da amostra estudada estão distribuídos por 40 municípios dos mais variados tamanhos populacionais, capacidade de investimentos, capacitação técnica e tipos de mananciais explorados. Estes percentuais serão detalhados visando evidenciar características comuns que possam explicar o desempenho dos sistemas abrangendo os aspectos que contribuem tanto negativamente quanto positivamente.

A análise será efetuada, inicialmente, sob dois aspectos, a saber: tipo de manancial e tipo de administração e estrutura do sistema de abastecimento.

a) Tipo de manancial

Quanto ao tipo de manancial explorado, numa primeira análise, agruparam-se os 8 municípios que se suprem total ou parcialmente de águas superficiais, doravante denominados grupamento superficial, comparando-os com os 32 que utilizam exclusivamente água subterrânea, conforme ilustra a Figura 4.1.3 doravante denominados grupamento subterrâneo.

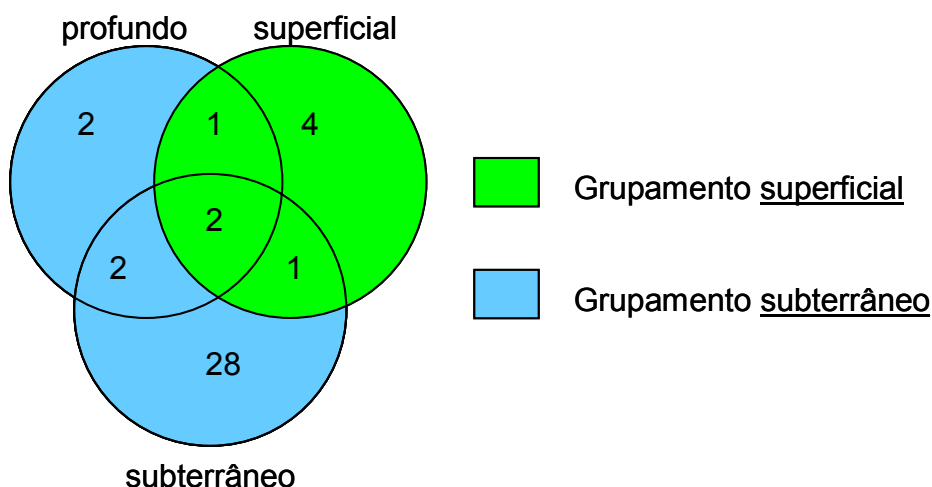


Figura 4.1.3 – Representação esquemática dos grupamentos superficial e subterrâneo.

Considerando-se a importância e as características diferenciadas do aquífero Guarani, o tipo de manancial foi estudado ainda com um segundo enfoque. 7 municípios que se suprem total ou parcialmente do aquífero profundo (Guarani) foram reunidos no grupamento doravante denominado profundo comparando seu desempenho com os outros 33, doravante denominados demais. A Figura 4.1.4 ilustra esta situação.

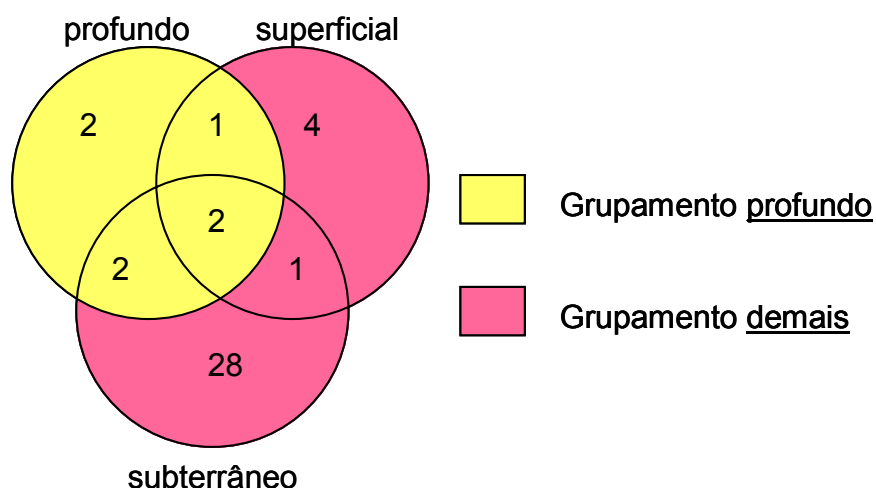


Figura 4.1.4 – Representação esquemática dos grupamentos profundo e demaís.

b) Tipo de administração e estrutura

A análise quanto ao tipo de administração combinado com a estrutura do sistema deve considerar inicialmente o grupo dos sistemas sob concessão à Sabesp, independentemente de outras características, tendo em vista o padrão único de operação da Companhia.

O outro grupo seria naturalmente o dos sistemas sob administração direta tendo em vista que não há distribuição terceirizada na região no período estudado. Entretanto, este grupo será subdividido tendo em vista as diferenças de estrutura dos sistemas envolvidos. O critério utilizado para avaliar a estrutura foi a população dos municípios, que está correlacionada com a complexidade do sistema.

Desta forma o desdobramento com relação à estrutura contará com os seguintes grupamentos populacionais: Grandes (G), constituído pelos municípios com mais de 50.000 habitantes; Médios (M), cujas populações estão entre 10.000 e 50.000 habitantes e Pequenos (P), com população menor que 10.000 habitantes. A Figura 4.1.5 ilustra esta situação.

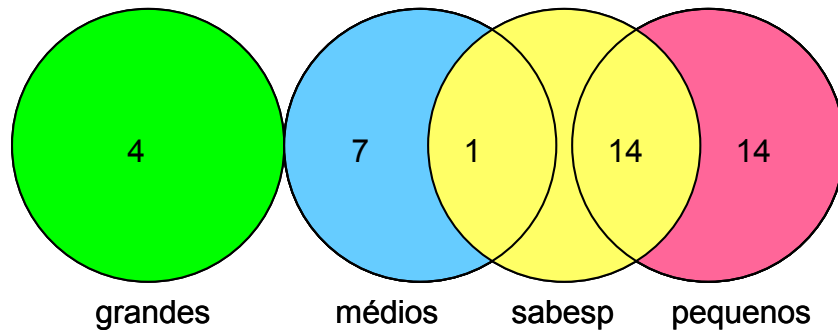


Figura 4.1.5 – Representação esquemática dos grupamentos de estrutura.

Resumo das comparações objeto de análise :

A – mananciais explorados

A1 – superficial x subterrâneo

A2 – profundo x demais.

B – administração e estrutura

B1 – Sabesp (S) x Grandes (G) x Médios (M) x Pequenos (P)

A Tabela 4.1.3 mostra os resultados obtidos por faixa de teor de flúor considerando os grupamentos superficial e subterrâneo.

Tabela 4.1.3 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos superficial e subterrâneo.

Grupamento	Abaixo		Atende		Acima		Total
	Número	%	Número	%	Número	%	
<u>Superficial</u>	496	29,6	1.003	60,0	173	10,4	1.672
<u>Subterrâneo</u>	1.596	45,8	1.494	42,9	395	11,3	3.485
Região (total)	2.092	40,6	2.497	48,4	568	11,0	5.157

Obs. Abaixo → $F < 0,6\text{mg/L}$; Atende → $0,6 \leq F \leq 0,8$; Acima → $F > 0,8\text{mg/L}$

A Tabela 4.1.3 mostra que os sistemas que exploram mananciais de superfície têm clara vantagem, sobre o outro grupo, no quesito atendimento ao padrão de teor de flúor. A razão para tal superioridade, sem dúvida, se deve ao fato que captação de água superficial requer obrigatoriamente instalações físicas de tratamento, recursos humanos e laboratoriais, via de regra não presentes em sistemas que exploram o subsolo.

A Tabela 4.1.4 mostra os resultados obtidos por faixa de teor de flúor considerando grupamentos profundo e demais.

Tabela 4.1.4 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos profundo e demais.

Grupamento	Abaixo		Atende		Acima		Total
	Número	%	Número	%	Número	%	
<u>Profundo</u>	537	32,7	857	52,3	246	15,0	1.640
<u>Demais</u>	1.555	44,2	1.640	46,6	322	9,2	3.517
Região (total)	2.092	40,6	2.497	48,4	568	11,0	5.157

Obs. Abaixo → $F < 0,6 \text{ mg/L}$; Atende → $0,6 \leq F \leq 0,8$; Acima → $F > 0,8 \text{ mg/L}$

Vale destacar na Tabela 4.1.4 a grande diferença na faixa acima de 0,8mg/L, sendo que o maior valor pelos mananciais profundos se explica pela ocorrência natural deste íon na água captada. Nenhum sistema promove a defluoretação, somente a diluição em alguns casos.

A Tabela 4.1.5 indica a quantidade de análises por faixa de teor de flúor no grupamento populacionais.

Tabela 4.1.5 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura.

Grupamento	Abaixo		Atende		Acima		Total
	Número	%	Número	%	Número	%	
Sabesp	303	27,1	770	68,8	46	4,1	1.119
Grandes	514	35,4	757	52,1	183	12,6	1.454
Médios	359	33,6	549	51,4	160	15,0	1.068
Pequenos	916	60,4	421	27,8	179	11,8	1.516
Região (total)	2.092	40,6	2.497	48,4	568	11,0	5.157

Obs. Abaixo → $F < 0,6 \text{ mg/L}$; Atende → $0,6 \leq F \leq 0,8$; Acima → $F > 0,8 \text{ mg/L}$

A leitura da Tabela 4.1.5 começa a sugerir que quanto melhor a estrutura melhor o atendimento ao teor de fluoretação. Os maiores sistemas requerem instalações mais complexas e conseqüentemente recursos humanos mais qualificado para operá-las, enquanto que em municípios menores vale a improvisação

4.2 – Estatística básica

A Figura 4.2.1 apresenta o histograma de freqüência de todos os municípios envolvidos no estudo

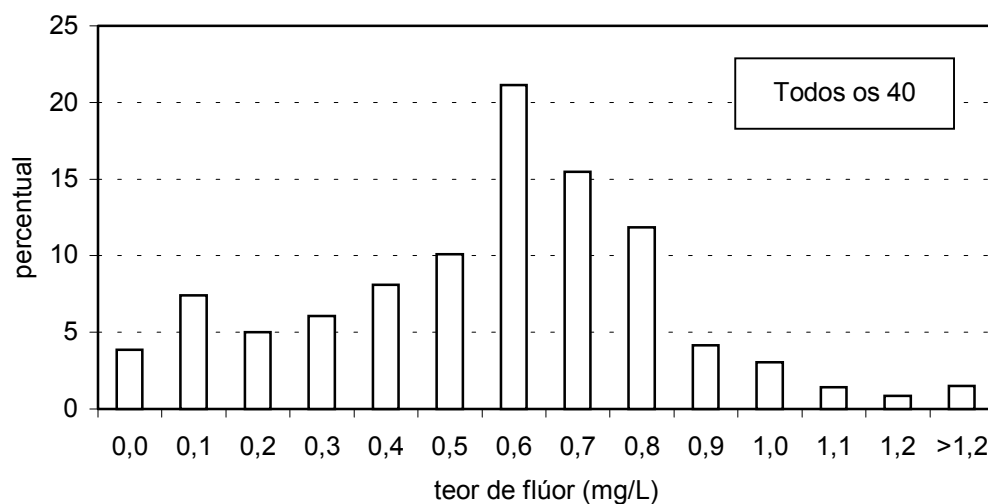


Figura 4.2.1 – Histograma de freqüências das amostras de flúor de todos os municípios em estudo.

O histograma geral apresenta assimetria positiva, ou seja, mostra um desvio para os teores de flúor abaixo do intervalo preconizado (0,6-0,8mg/L).

O histograma de freqüência do grupamento superficial está apresentado na Figura 4.2.2.

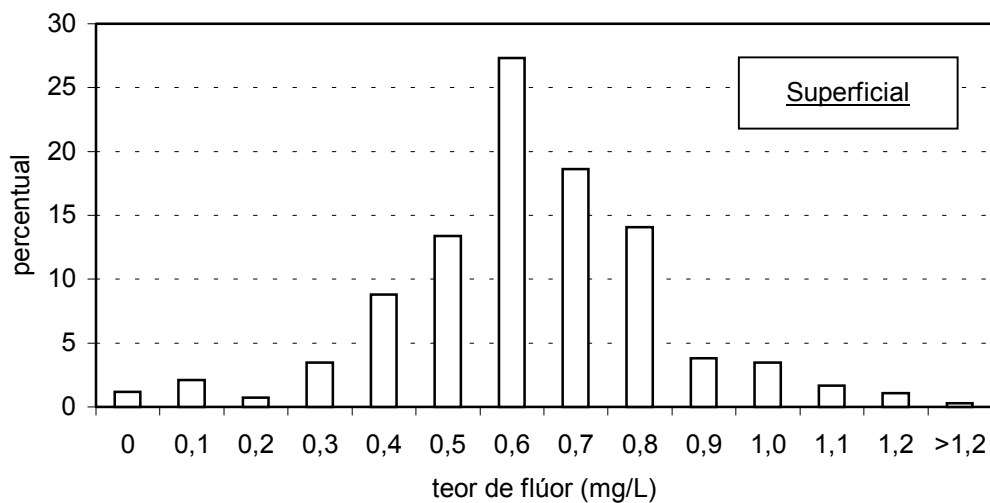


Figura 4.2.2 – Histograma de frequências das amostras de flúor no grupamento superficial.

O histograma da Figura 4.2.2 mostra uma distribuição bem definida com características aproximadamente simétricas em relação ao valor modal, e destaca-se que a frequência no intervalo 0,6–0,8mg/L (60%) supera as demais.

Analogamente o histograma dos municípios do grupamento subterrâneo está apresentado na Figura 4.2.3.

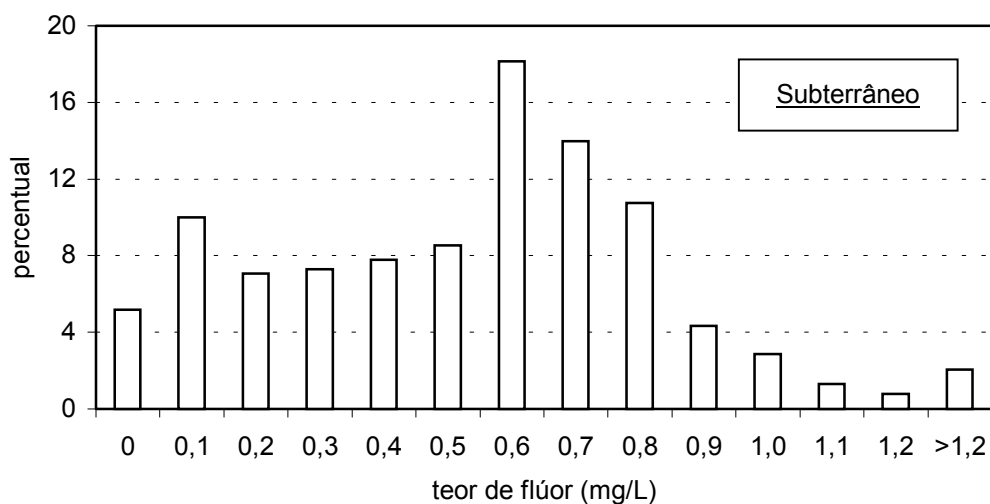


Figura 4.2.3 – Histograma de frequências das amostras de flúor no grupamento subterrâneo.

A distribuição das amostras nesse caso apresenta uma prevalência de valores abaixo do valor mais freqüente (moda), indicando uma assimetria positiva, característica de uma amostra de população que não apresenta distribuição normal.

No histograma anterior destaca-se que a freqüência no intervalo 0,6–0,8 (43%) fica abaixo das outras.

O histograma de freqüência dos municípios do grupamento profundo está apresentado na Figura 4.2.4.

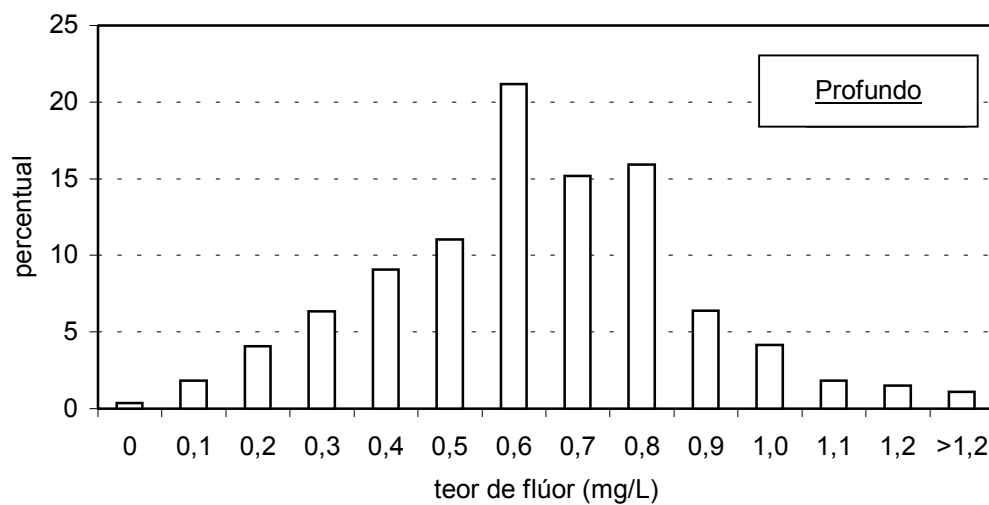


Figura 4.2.4 – Histograma de freqüências das amostras de flúor do grupamento profundo.

No histograma anterior destaca-se a freqüência no intervalo 0,6–0,8 (52%) superior às outras.

A comparação ente os histogramas do grupamento subterrâneo (Fig 4.2.3) e profundo (Fig.4.2.4) mostra que a maior ocorrência de amostras abaixo da faixa deve-se à contribuição dos sistemas abastecidos pelos poços da formação Serra Geral

O histograma de freqüência dos municípios do grupamento demaís está apresentado na Figura 4.2.5.

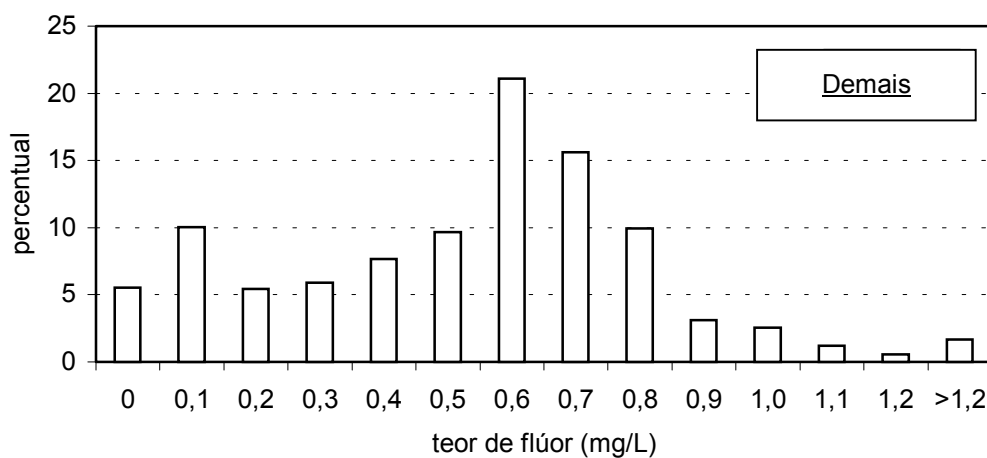


Figura 4.2.5 – Histograma de freqüências das amostras de flúor do grupamento demais.

Assim como o histograma do grupamento subterrâneo, a distribuição da Figura 4.2.5 é irregular, devido, neste caso, à ocorrência de mais valores abaixo da moda, e destaca-se que a freqüência no intervalo 0,6–0,8 (47%) é inferior às demais.

Como se pode verificar na Figura 4.1.4, o grupamento demais inclui superficial e o subterrâneo. Assim, comparando a Figura 4.2.5 com a distribuição do grupamento superficial (Fig. 4.2.2), pode-se verificar que as freqüências indesejadas no intervalo (0-0,6) do grupamento demais deve-se ao fraco desempenho dos municípios abastecidos por água subterrânea (formação Bauru e Serra Geral).

Tendo apresentado os histogramas divididos segundo a análise quanto ao tipo de manancial, apresenta-se agora, nas figuras 4.2.6 a 4.2.9 as distribuições segundo a estrutura do sistema.

O histograma de freqüência do grupamento Sabesp está apresentado na Figura 4.2.6.

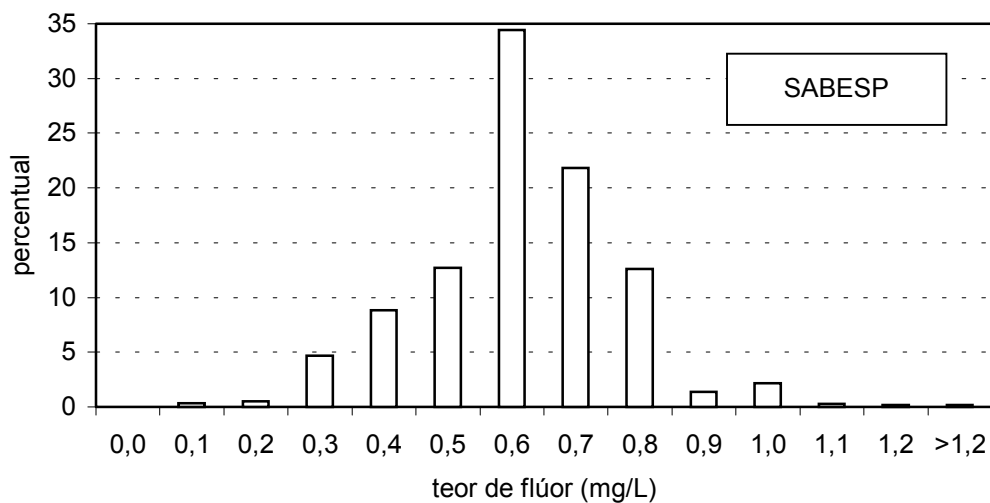


Figura 4.2.6 – Histograma de frequências das amostras de flúor do grupo Sabesp.

No histograma anterior destaca-se que a frequência no intervalo 0,6–0,8mg/L (69%) supera em muito as outras.

Analogamente produz-se o histograma de frequência do grupo grandes apresentado na Figura 4.2.7.

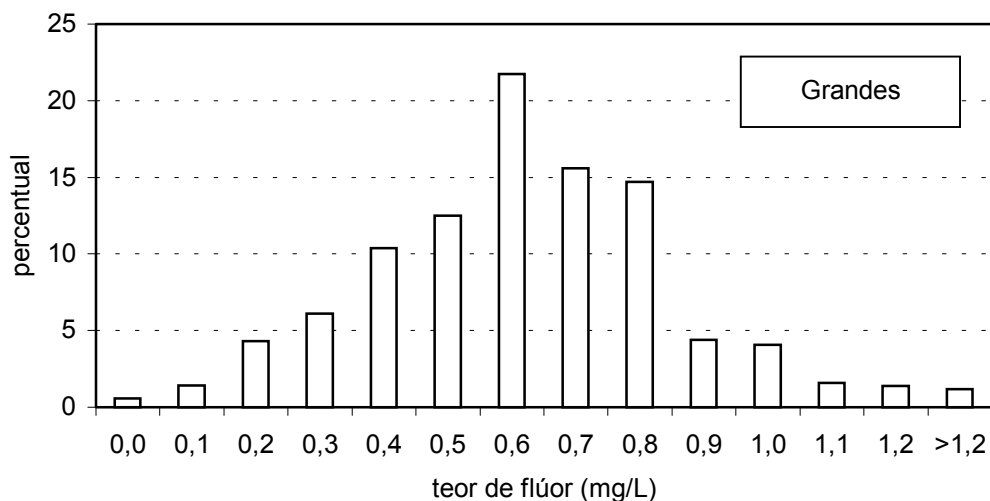


Figura 4.2.7 – Histograma de frequências das amostras de flúor no grupo grandes.

No histograma anterior destaca-se que a frequência no intervalo 0,6–0,8mg/L (52%) supera as outras.

Observa-se ainda na Figura 4.2.7 que o grupamento grandes apresenta percentuais semelhantes ao grupamento Sabesp (Fig 4.2.6) de teores 0,3-0,5. O menor controle do processo por parte de grandes fica mais evidente nas faixas 0-0,2, praticamente inexistentes em Sabesp. Na distribuição de teores acima de 0,6 a diferença entre os dois grupamentos é mais acentuada, com uma redução abrupta dos percentuais em Sabesp e percentuais sistematicamente mais altos de grandes.

A Figura 4.2.8 apresenta o histograma de freqüência do grupamento médios.

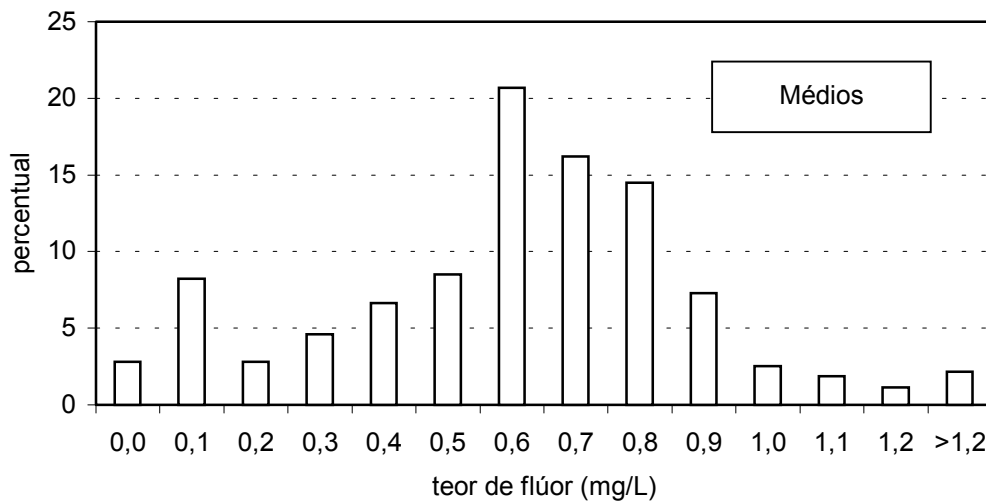


Figura 4.2.8 – Histograma de freqüências das amostras de flúor no grupamento médios.

No grupamento médios destaca-se que a freqüência no intervalo 0,6–0,8mg/L (51%) é praticamente igual às outras, sendo também praticamente igual à encontrada no grupamento grandes (52%). Todavia, vale destacar o alto percentual do teor 0,1mg/L, bem como do teor 0,9mg/L, ambos bastante superiores aos encontrados no grupamento grandes.

A Figura 4.2.9 apresenta o histograma de freqüência do grupamento pequenos.

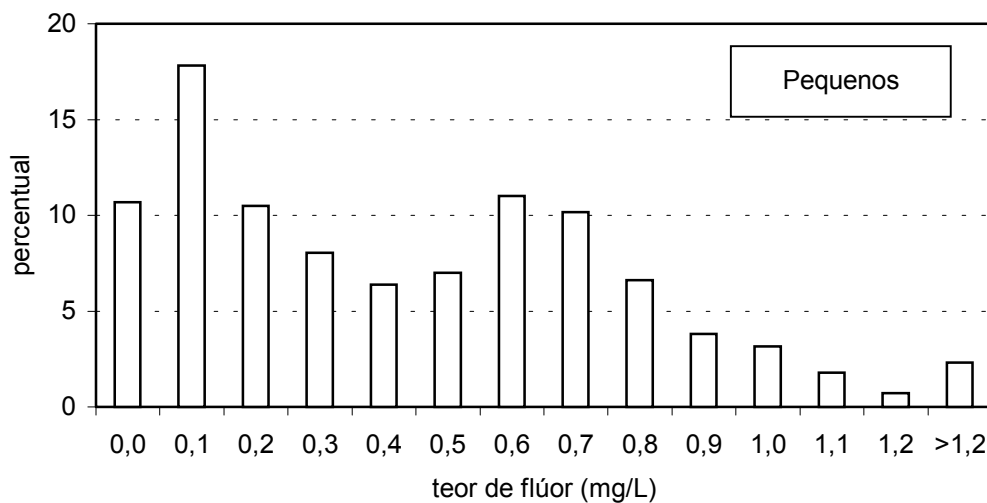


Figura 4.2.9 – Histograma de frequências das amostras de flúor do grupamento pequenos.

O histograma da Figura 4.2.9, que representa o grupamento pequenos, apresenta forte assimetria positiva. É o único entre todos analisados onde o valor modal é 0,1mg/L, enquanto os outros oito anteriores apresentam 0,6mg/L.

Pode-se verificar que a distribuição de pequenos apresenta dois picos, sendo o maior no teor 0,1mg/L e um secundário no teor 0,6mg/L. É digno de nota também o alto percentual do teor 0,0mg/L, indicando ausência de flúor. Isto parece indicar que o grupamento pequenos reúne além dos municípios que não adicionam flúor, dois tipos de sistemas, sendo um deles mais apto a manter teores na faixa ideal e o outro mais precário, com maiores erros sistemáticos

Em relação à moda, nenhum dos grupamentos apresentou o valor de 0,7mg/L, teor ideal para a água de consumo humano na região em estudo.

As figuras 4.2.10 a 4.2.12 retomam a análise já efetuada nos histogramas anteriores quanto ao manancial e estrutura, agrupando-se os teores em três faixas conforme apresentado na metodologia.

A Figura 4.2.10 ilustra a distribuição percentual das amostras segundo o intervalo de concentração de flúor comparando-se os grupamentos

superficial e subterrâneo, lembrando que superficial é o nome dado aos sistemas que têm ao menos um manancial superficial que os supra.

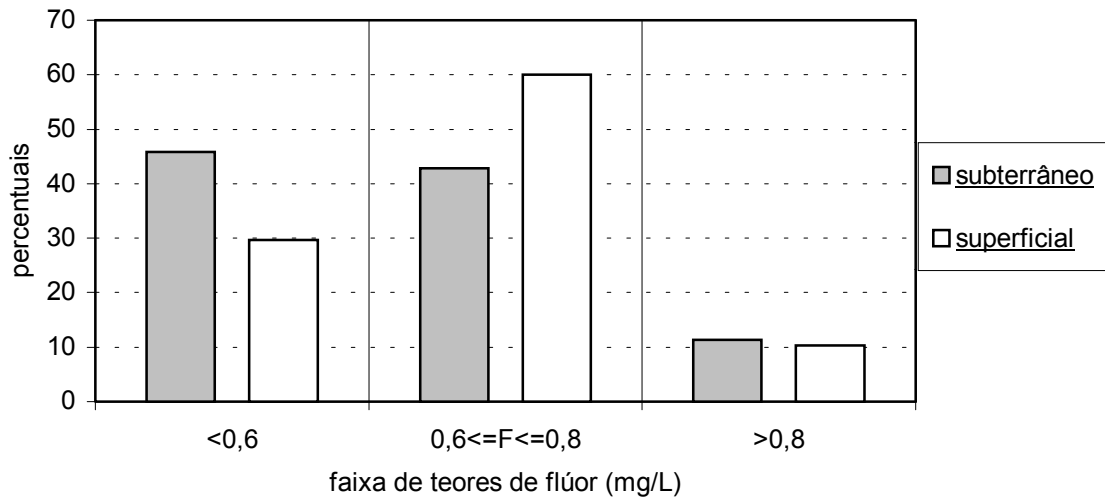


Figura 4.2.10 – Diagrama de freqüências segundo o intervalo de concentração de flúor para municípios dos grupamentos superficial e subterrâneo.

A Figura 4.2.10 mais uma vez mostra maior eficiência dos sistemas que exploram os mananciais superficiais no atendimento à faixa preconizada (0,6-0,8mg/L).

A Figura 4.2.11 ilustra a distribuição percentual das amostras segundo o intervalo de concentração de flúor comparando-se os grupamentos profundo e demais, lembrando que profundo agrupa os sistemas que têm ao menos um poço tubular profundo que explora o aquífero Guarani.

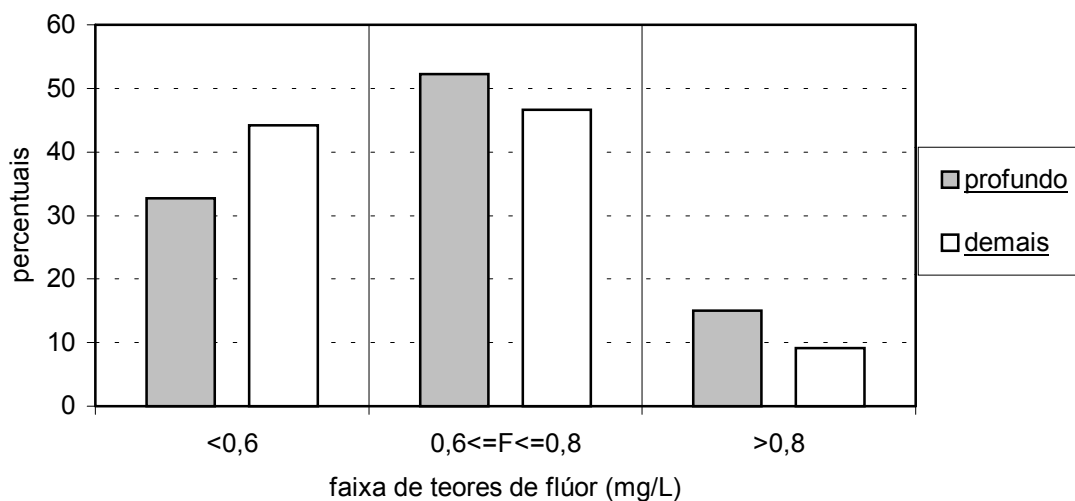


Figura 4.2.11 – Diagrama de freqüências segundo o intervalo de concentração de flúor para os grupamentos profundo e demais.

A Figura 4.2.11 permite visualizar que o grupamento profundo apresenta aproximadamente 60% de amostras a mais que o grupamento demais no intervalo acima do preconizado, isso se deve, como exposto na revisão bibliográfica, ao fato desses poços atravessarem as formações geológicas Botucatu e Pirambóia, que apresentam flúor naturalmente nas águas ali presentes.

A Figura 4.2.12 ilustra a distribuição percentual das amostras segundo o intervalo de concentração de flúor dos grupamentos segundo a estrutura.

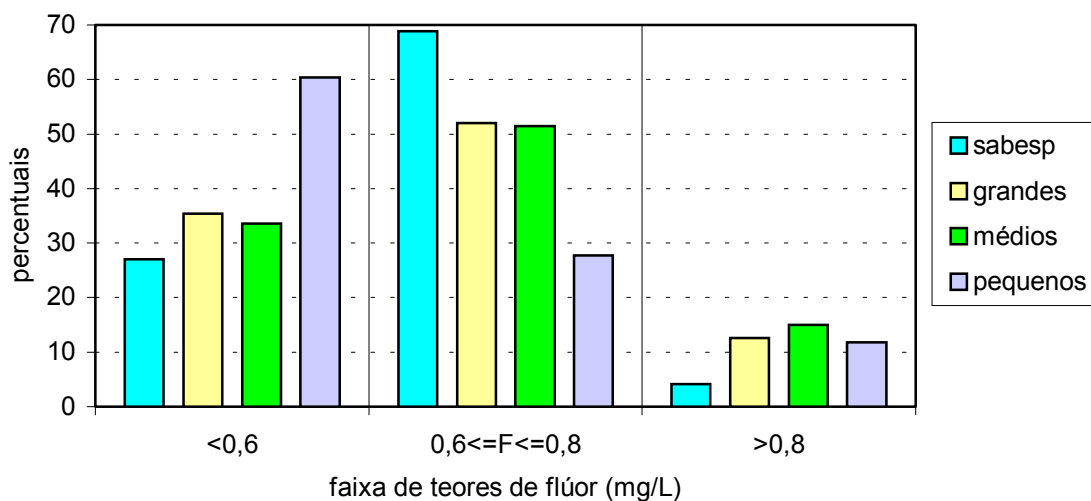


Figura 4.2.12 – Diagrama de freqüências segundo o intervalo de concentração de flúor para municípios dos quatro grupamentos de estrutura.

A Figura 4.2.12 destaca uma maior eficiência do grupamento Sabesp, uma grande similaridade entre grupamentos grandes e médios e desempenho pífio do grupamento pequenos.

A Tabela 4.2.1. mostra a média, a mediana e o desvio padrão de todas as análises efetuadas dentro dos grupamentos estabelecidos.

Tabela 4.2.1 – Média, mediana e desvio padrão dos teores de flúor encontradas nas 5.157 amostras divididas em grandes grupos.

Grupamento	mediana	média	desvio padrão
<u>Superficial</u>	0,60	0,63	0,22
<u>Subterrâneo</u>	0,60	0,54	0,35
<u>Profundo</u>	0,60	0,64	0,26
<u>Demais</u>	0,60	0,54	0,33
Sabesp	0,60	0,62	0,16
Grandes	0,60	0,62	0,25
Médios	0,60	0,62	0,34
Pequenos	0,40	0,45	0,39
Total	0,60	0,57	0,31

As médias e desvios-padrão encontrados merecem alguns comentários.

a) – Fica clara a supremacia do grupamento superficial, que conta com apenas oito municípios sendo quatro exclusivamente abastecidos por água superficial, tanto no quesito média como no desvio-padrão.

b) – o mesmo comentário se aplica ao grupamento profundo, que conta com apenas sete municípios, sendo dois exclusivamente abastecidos por água do aquífero Guarani, sobre demais.

c) – No grupamento de estrutura, desprezando-se o grupamento pequenos, verifica-se uma incrível coincidência da média entre os outros três. O diferencial fica por conta do desvio-padrão com clara vantagem do grupamento Sabesp seguido pelos grandes e médios.

Para o conjunto de todos os teores de flúor amostrados, tem-se um máximo de 3,8mg/L um mínimo de 0,0mg/L, o quartil de 25% em 0,4mg/L, mediana de 0,6mg/L e quartil de 75% de 0,7mg/L

A Figura 4.2.13 ilustra os valores máximo, mínimo, e os quartis dos grupamentos superficial e subterrâneo.

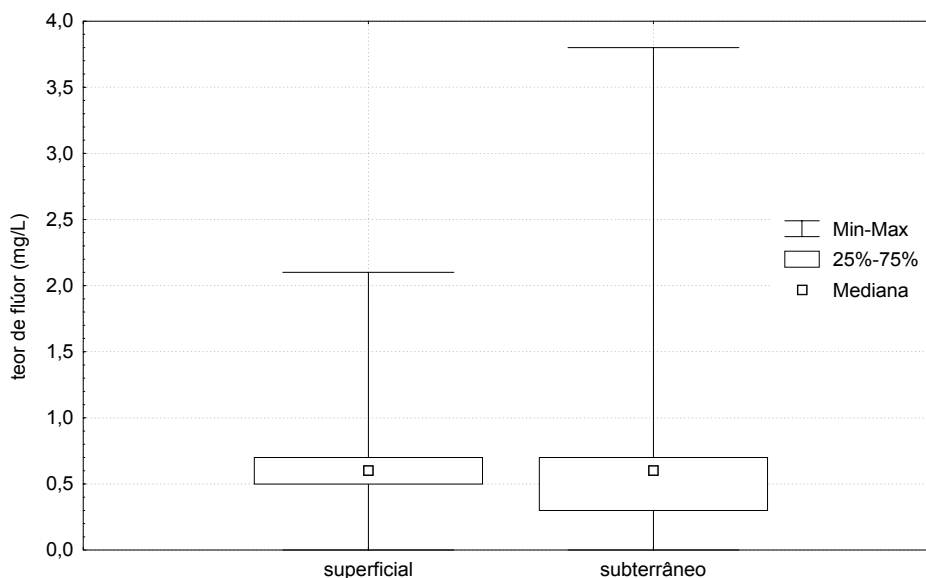


Figura 4.2.13 – Boxplot da concentração de flúor das amostras dos grupamentos superficial e subterrâneo.

Na Figura 4.2.13 vale destacar o valor apresentado pelo quartil 25% do subterrâneo abaixo do grupamento superficial.

A Figura 4.2.14 ilustra o valor máximo, mínimo, e os quartis dos grupamentos profundo e demais.

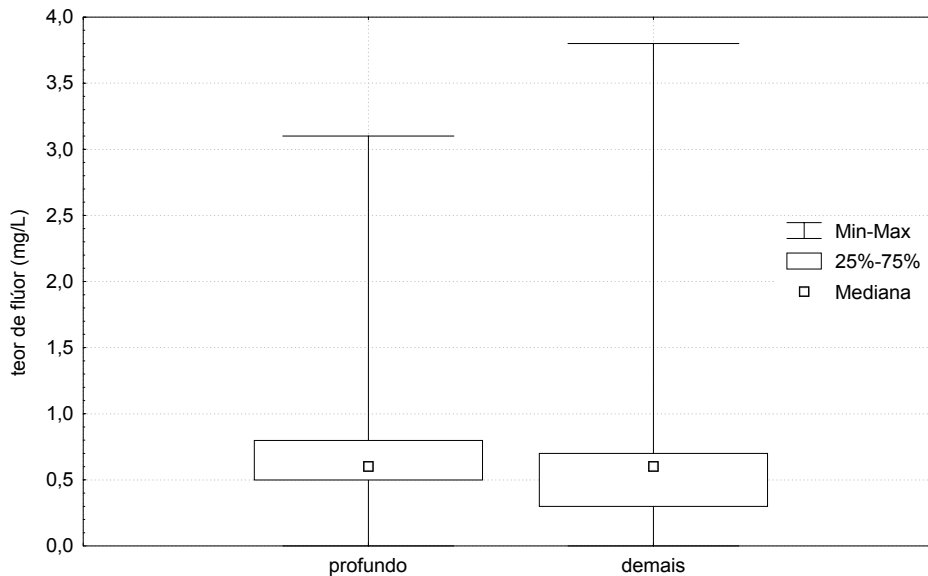


Figura 4.2.14 – Boxplot da concentração de flúor das amostras dos grupamentos profundo e demais.

A Figura 4.2.14 mostra assim como mostrou o histograma, o quartil de 75% de profundo acima de demais.

A Figura 4.2.15 ilustra os valores máximo, mínimo, e os quartis do total de amostras dos quatro grupamentos de estrutura.

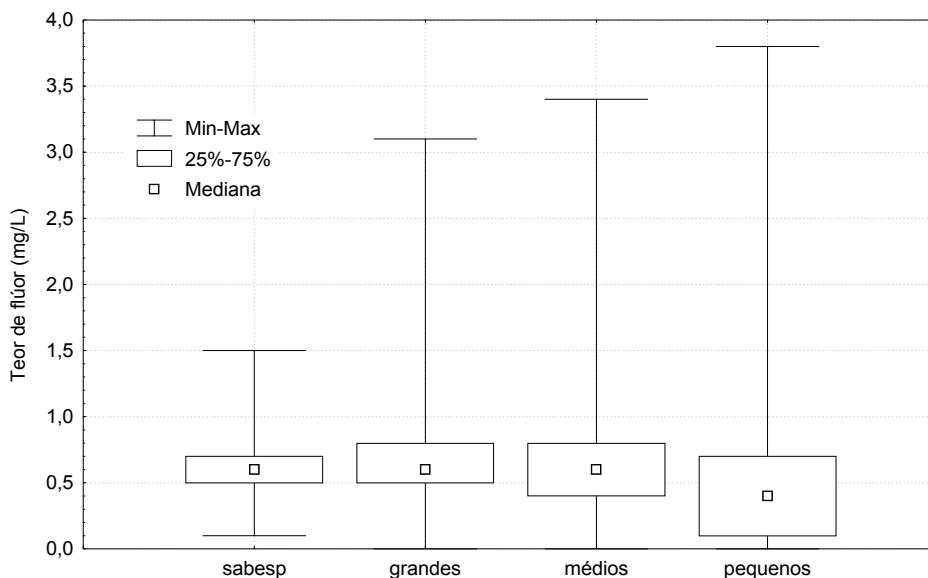


Figura 4.2.15 – Boxplot da concentração de flúor de todas as amostras dos quatro grupamentos de estrutura.

A Figura 4.2.15 mostra, a exemplo da Tabela de médias e desvios-padrão, a maior adequação do grupamento Sabesp, seguido por grandes e médios.

Pode-se observar Sabesp e grandes com os mesmos valores de quartis de 25% e 50%, e grandes e médios com os mesmos quartis de 50% e 75%.

A Figura 4.2.16 refere-se ao boxplot do percentual de atendimento ao padrão de flúor nos grupamentos superficial e subterrâneo.

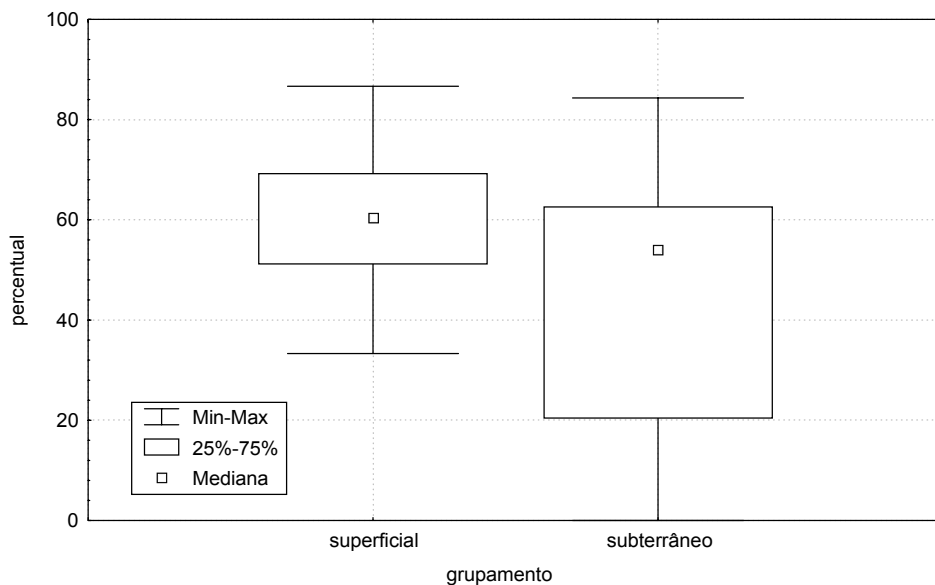


Figura 4.2.16 – Boxplot do atendimento ao padrão de flúor dos grupamentos superficial e subterrâneo.

Um sistema pertencer ao grupamento superficial constitui um bom indicativo de desempenho relativo porque mostra uma maior homogeneidade no atendimento ao padrão de flúor, conforme a Figura 4.2.16.

O grupamento subterrâneo não demonstrou desempenho tão homogêneo, o que mostra que existe algum fator adicional responsável pela dispersão de resultados observada. Esta questão já foi analisada com a divisão segundo a aquífero explorado com os grupamentos profundo e demais.

A Figura 4.2.17 refere-se ao boxplot do percentual de atendimento ao padrão de flúor nos grupamentos profundo e demais.

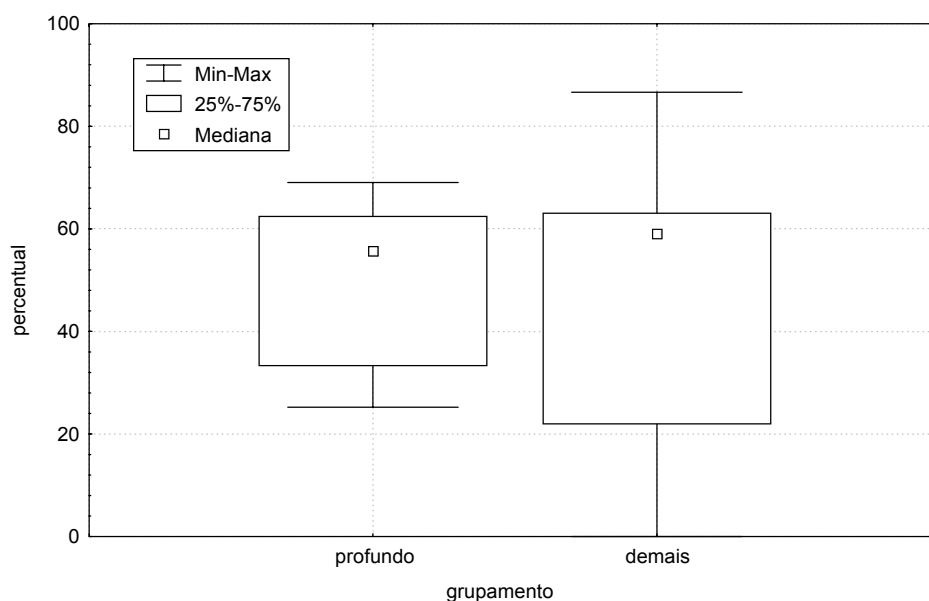


Figura 4.2.17 – Boxplot do atendimento ao padrão de flúor dos grupamentos profundo e demais.

Verificou-se que o grupamento profundo apresentou comportamento mais homogêneo, embora sua porcentagem de não atendimento acima do padrão tenha sido maior.

Como normalmente os poços do grupamento profundo apresentam grandes vazões, acarretam sistemas mais simples para controlar, em oposição às redes com vários poços normalmente presentes em caso de manancial subterrâneo no aquífero Bauru e Serra Geral.

Portanto, a divisão dos municípios abastecidos por água subterrâneo segundo o aquífero explorado, que resultam nos grupamentos profundo e demais, reflete mais a estrutura do sistema incluindo padrões de gerenciamento e qualidade de recursos humanos do que as possíveis dificuldades advindas do abastecimento com excesso de flúor, que poderiam ocorrer nos municípios com manancial subterrâneo.

A Figura 4.2.18 refere-se ao boxplot do percentual de atendimento ao padrão de flúor nos grupamentos de estrutura.

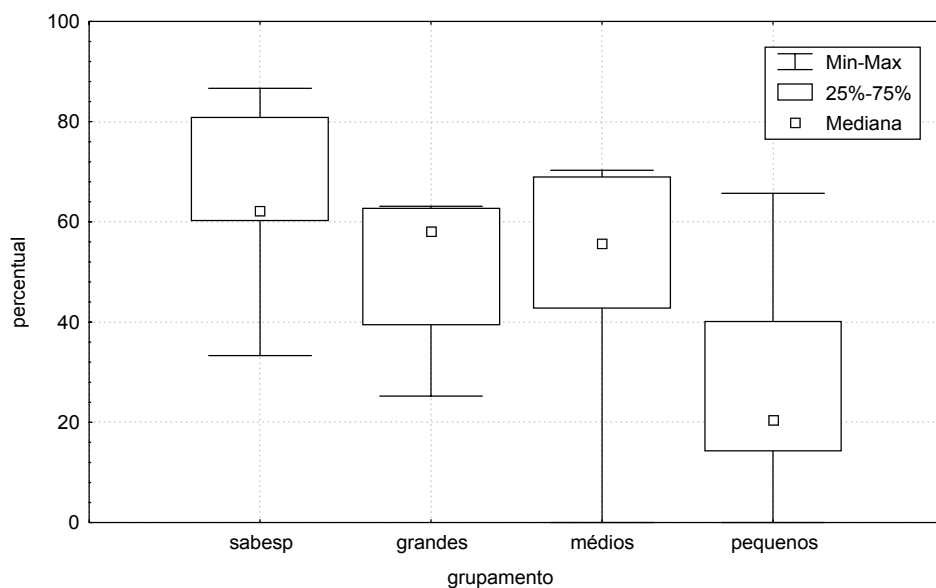


Figura 4.2.18 – Boxplot do atendimento ao padrão de flúor dos grupamentos de estrutura.

O boxplot anterior mostra que considerar apenas a população como indicativo da estrutura do sistema está introduzindo algumas distorções na distribuição entre grandes e médios. Isto se deve ao pequeno número de municípios grandes (4), além do que, dentre eles encontra-se Andradina, um município que destoa dos outros três grandes da amostra, como se pode deduzir a partir das quantidades de amostras que não atendem à legislação, apresentadas da Tabela 4.1.1.

A Tabela 4.2.16 mostra clara vantagem de superficial sobre os outros, embora inclua um município com problemas, a saber, Avanhadava.

Surge uma questão ainda não respondida: existe correlação entre a presença de flúor inadequado no manancial e percentual de não atendimento acima? A Figura 4.2.19 procura esclarecer esta questão mostrando a correlação entre a concentração natural de flúor no aquífero Guarani e o percentual de não atendimento acima do padrão do grupamento profundo.

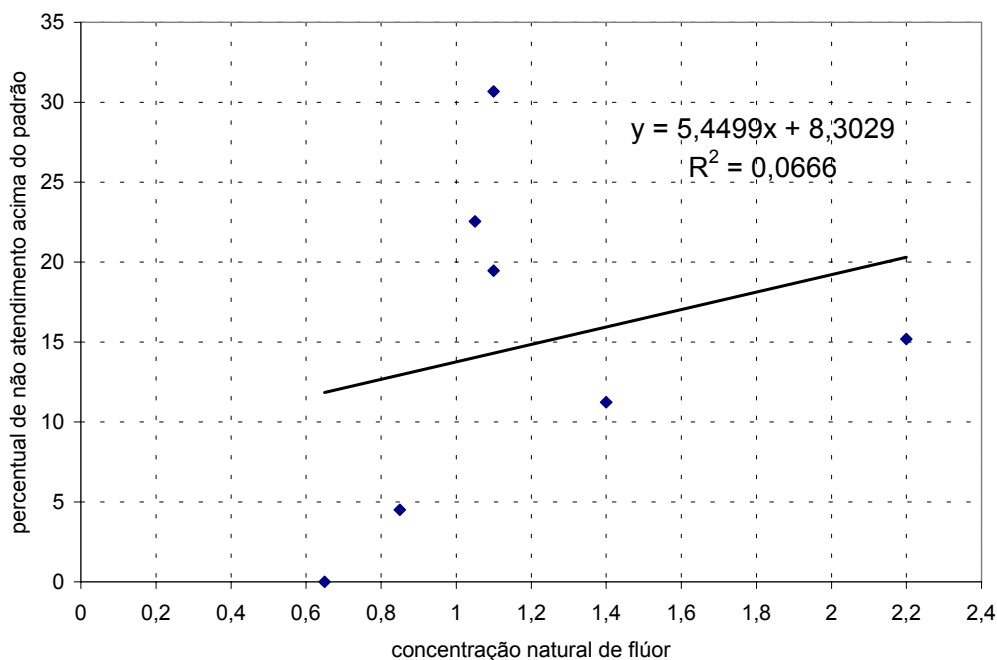


Figura 4.2.19 – Correlação entre o teor de flúor natural e o percentual de não atendimentos acima do padrão.

O diagrama de dispersão mostra que não existe uma relação matemática direta entre o teor de flúor na água bruta e o percentual de não atendimento acima. Entretanto, todos os municípios que recebem água bruta com teor excessivo apresentaram percentuais significativos de não atendimento acima.

4.3 – Aplicação do Teste Kruskal-Wallis

Com os resultados obtidos pode-se aplicar o teste Kruskal-Wallis dentre os grupos estabelecidos para verificar a relação entre a distribuição destes resultados. A hipótese H_0 é que os grupamentos são semelhantes entre si.

Para os grupamentos superficial e subterrâneo tem-se a matriz representada pela Tabela 4.3.1.

Tabela 4.3.1 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos superficial e subterrâneo

Teor de flúor (mg/L)	<u>Superficial</u>	<u>Subterrâneo</u>
F<0,6	496	1.596
0,6≤F≤0,8	1.003	1.494
F>0,8	173	395

K = 78,49	$K_{lim(2;95)} = 5,99$	H ₀ é rejeitado
-----------	------------------------	----------------------------

Sendo estatisticamente diferentes pode-se concluir, face aos percentuais de atendimento à norma legal, expostos na Tabela 4.1.3 e Figura 4.2.10, que há supremacia do grupamento superficial, representados por oito municípios sendo quatro exclusivamente abastecidos por água de superfície, sobre o grupamento subterrâneo.

Para os grupamentos profundo e demais tem-se a matriz representada pela Tabela 4.3.2.

Tabela 4.3.2 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos profundo e demais

Teor de flúor (mg/L)	<u>Profundo</u>	<u>Demais</u>
F<0,6	537	1.555
0,6≤F≤0,8	857	1.640
F>0,8	246	322

K = 76,72	$K_{lim(2;95)} = 5,99$	H ₀ é rejeitado
-----------	------------------------	----------------------------

Sendo estatisticamente diferentes pode-se concluir, face aos percentuais de atendimento à norma legal, expostos na Tabela 4.1.4 e Figura 4.2.11, que há supremacia do grupamento profundo, representado por sete municípios sendo dois abastecidos exclusivamente pelo aquífero Guarani, sobre o grupamento demais.

Para os grupamentos de estrutura tem-se a matriz representada pela Tabela 4.3.3.

Tabela 4.3.3 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura.

Teor de flúor (mg/L)	Sabesp	Grandes	Médios	Pequenos
F<0,6	303	514	359	916
0,6≤F≤0,8	770	757	549	421
F>0,8	46	183	160	179

K = 235,06	$K_{lim(6;95)} = 12,59$	H ₀ é rejeitado
------------	-------------------------	----------------------------

Tendo sido rejeitado implica que pelo menos um dos grupamentos é diferente dos demais, exclui-se uma das colunas e se aplica o teste novamente.

A Tabela 4.3.4 mostra os resultados obtidos, excluindo-se os dados dos municípios pequenos.

Tabela 4.3.4 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura, excluindo-se o grupamento pequenos.

Teor de flúor (mg/L)	Sabesp	Grandes	Médios
F<0,6	303	514	359
0,6≤F≤0,8	770	757	549
F>0,8	46	183	160

K = 2,41	$K_{lim(4;95)} = 9,49$	H ₀ não é rejeitado
----------	------------------------	--------------------------------

Estatisticamente não há diferenças entre os dados dos grupos analisados, portanto o grupo destoante é o de pequenos municípios.

Face ao percentual de atendimento mostrado na Tabela 4.1.5 e ilustrado na Figura 4.2.12, pode-se concluir que Pequenos tem desempenho inferior, e que Sabesp, Grandes e Médios têm desempenho semelhante.

Tendo-se estabelecido a comparação em três faixas de atendimento (NA-, A, e NA+) pode-se aplicar o teste de Kruskal-Wallis para resultados de teores de flúor que atendem (A) ou não atendem (NA) o intervalo preconizado.

Para os grupamentos superficial e subterrâneo encontra-se:

K = 132,55	$K_{lim(1;95)} = 3,84$	H_0 é rejeitado
------------	------------------------	-------------------

Sendo estatisticamente diferentes pode-se concluir, face aos percentuais de atendimento à norma legal (60%) contra (43%) pela supremacia do grupamento superficial sobre o grupamento subterrâneo.

Para os grupamentos profundo e demais tem-se

K = 14,17	$K_{lim(1;95)} = 3,84$	H_0 é rejeitado
-----------	------------------------	-------------------

Sendo estatisticamente diferentes pode-se concluir, face aos percentuais de atendimento à norma legal (52% contra 47%), pela supremacia, ainda que pouca, do grupamento profundo sobre o grupamento demais.

Para os grupamentos de estrutura tem-se a matriz representada pela Tabela 4.3.5.

Tabela 4.3.5 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura.

Teor de flúor	Sabesp	Grandes	Médios	Pequenos
Atende	770	757	549	421
Não atende	349	697	519	1095

K = 456,58	$K_{lim(3;95)} = 7,81$	H_0 é rejeitado
------------	------------------------	-------------------

Tendo sido rejeitado implica que pelo menos um dos grupamentos é diferente dos demais, exclui-se uma das colunas e se aplica o teste novamente.

A Tabela 4.3.6 mostra os resultados obtidos, excluindo-se os dados dos municípios pequenos que sugere ser o mais destoante entre os grupos.

Tabela 4.3.6 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura excluindo-se os pequenos.

Teor de flúor	Sabesp	Grandes	Médios
Atende	770	757	549
Não atende	349	697	519

K = 91,78	$K_{lim(2;95)} = 5,99$	H_0 é rejeitado
-----------	------------------------	-------------------

Tendo sido rejeitado implica que pelo menos um dos grupamentos é diferente dos demais, exclui-se uma das colunas e se aplica o teste novamente.

A Tabela 4.3.7 mostra os resultados obtidos, considerando-se os grupamentos grandes e médios, já que o grupamento Sabesp sugere ser destoante entre eles.

Tabela 4.3.7 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura excluindo-se Sabesp e pequenos.

Teor de flúor	Grandes	Médios
Atende	757	549
Não atende	697	519

K = 0,11	$K_{lim(1;97,5)} = 5,02$	H_0 não é rejeitado
----------	--------------------------	-----------------------

Neste caso o grupo Sabesp destoa de fato.

Resta então a comparação entre grupamentos pequenos e um a escolher entre grandes e médios.

A Tabela 4.3.8 mostra os resultados obtidos, considerando-se os grupamentos médios e pequenos.

Tabela 4.3.8 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura, excluindo-se Sabesp e grandes.

Teor de flúor		Médios	Pequenos
Atende		549	421
Não atende		519	1095

K = 149,21	$K_{lim(1;97,5)} = 5,02$	H_0 é rejeitado
------------	--------------------------	-------------------

Com este resultado conclui-se que o grupo de municípios pequenos destoa também.

Sendo estatisticamente diferentes pode-se concluir, face aos percentuais de atendimento à norma legal, que Sabesp com 69% de atendimento é melhor que grandes com 52% de atendimento que é estatisticamente igual a médios com 47%, e que todos por sua vez são muito melhores que pequenos com 28% de atendimento.

4.4 - Análise das amostras do manancial subterrâneo

Neste item far-se-á um corte onde serão considerados apenas os resultados dos municípios abastecidos pelo mesmo tipo de manancial, no caso foram retirados do estudo aqueles que exploram o aquífero Guarani e os que exploram manancial superficial. Decorrente disto foram retirados todos os municípios grandes, Araçatuba, Andradina, Birigui e Penápolis; pela Sabesp saíram Auriflama, Gabriel Monteiro, e Santópolis do Aguapei; pelos médios saíram Guararapes, Mirandópolis, Pereira Barreto e Valparaíso e pelos pequenos saiu Avanhandava.

As 2.858 amostras que sobraram revelaram o resultado mostrado na Figura 4.4.1

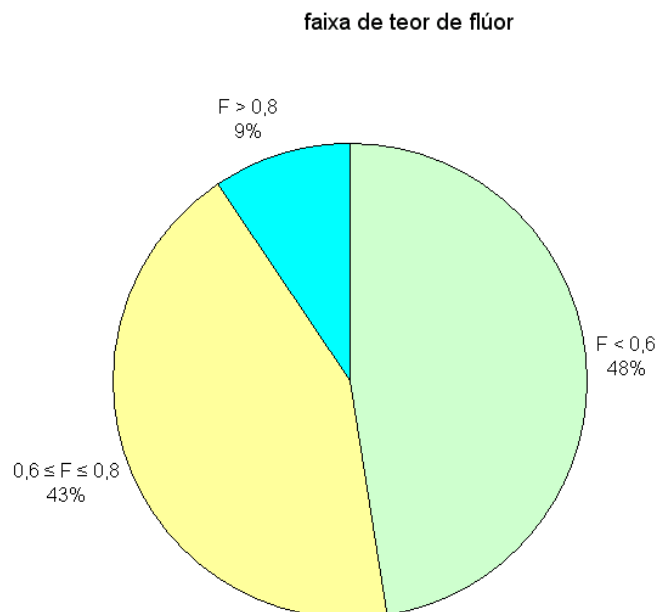


Figura 4.4.1 – Distribuição das amostras, do manancial subterrâneo, segundo suas faixas de concentrações de flúor em mg/L.

O novo critério estabelecido retro, agravou a condição de não atendimento dos sistemas como um todo, conforme mostra a Figura 4.4.1, já que este percentual se elevou a 56,9%.

Essa quantidade de dados, distribuídos por 28 municípios, será analisada sob o aspecto estrutural já descrito anteriormente e este novo conjunto será denominado grupamento 28.

A Tabela 4.4.1 indica o número de análises por faixa de teor de flúor no grupamento 28.

Tabela 4.4.1 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento no grupamento 28.

Grupamento	Abaixo		Atende		Acima		Total
	Número	%	Número	%	Número	%	
Sabesp	270	28,5	638	67,3	40	4,2	948
Médios	191	45,0	183	43,2	50	11,8	424
Pequenos	896	60,3	411	27,7	179	12,0	1.486
Região (total)	1.357	47,5	1.232	43,1	269	9,4	2.858

Obs. Abaixo → $F < 0,6$ mg/L; Atende → $0,6 \leq F \leq 0,8$; Acima → $F > 0,8$ mg/L

A leitura da Tabela 4.4.1 mostra uma clara hierarquia entre os três grupos e diferença bem nítida entre os três.

Estatística básica

A Figura 4.4.2 representa o histograma de freqüências de todos os 28 municípios envolvidos no estudo, abastecidos exclusivamente com água subterrânea.

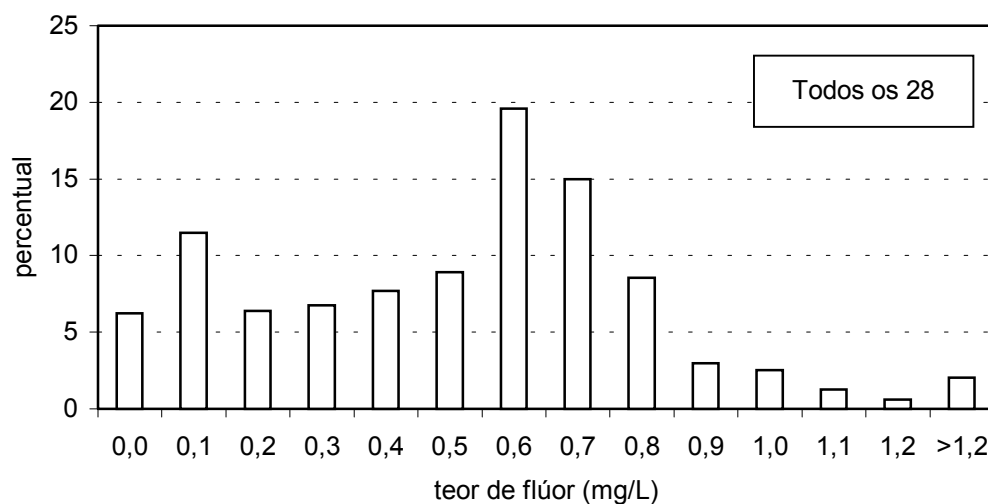


Figura 4.4.2 – Histograma de freqüências das amostras de flúor de todos os 28 municípios em estudo.

O histograma geral apresenta assimetria positiva.

O histograma de freqüências do grupamento Sabesp está apresentado na Figura 4.4.3

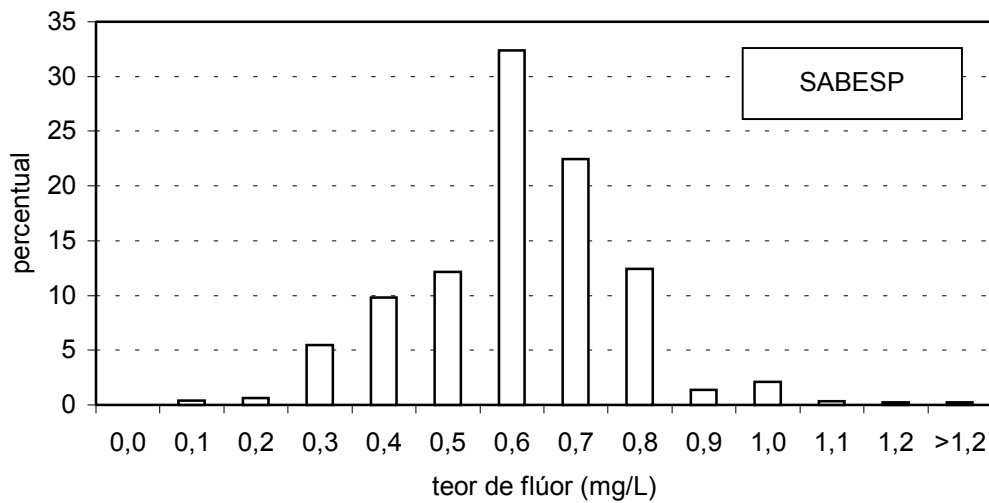


Figura 4.4.3 – Histograma de frequências das amostras de flúor do grupamento Sabesp.

No histograma anterior destaca-se a grande semelhança com a Figura 4.2.6, indicando que a retirada dos dois sistemas com manancial superficial e de um sistema que explora o aquífero Guarani não resultou em modificações sensíveis na distribuição de frequência dos teores de flúor. Este fato corrobora a hipótese de ser o padrão de administração homogênea por parte da Sabesp, mais que as demais variáveis envolvidas, o responsável pelos resultados do grupamento.

A Figura 4.4.4 apresenta o histograma de frequências do grupamento médios.

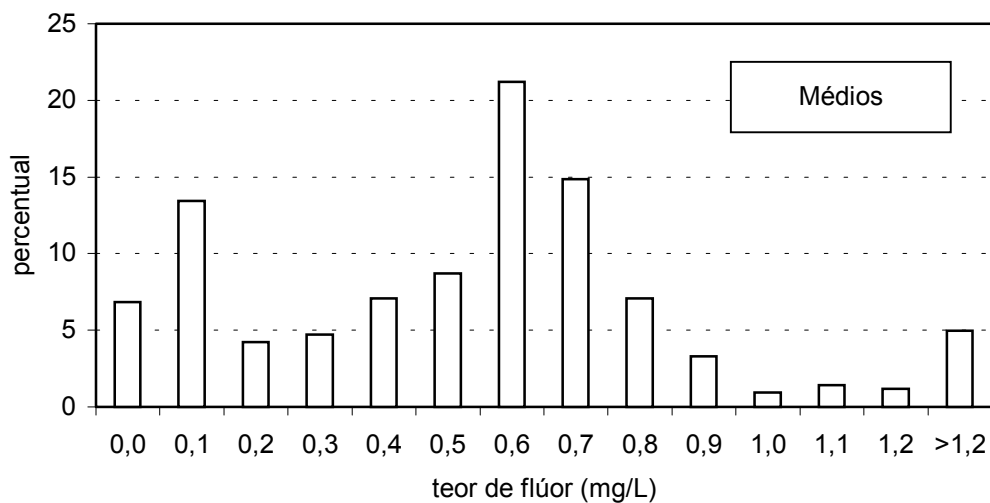


Figura 4.4.4 – Histograma de freqüências das amostras de flúor no grupamento médios.

Vale destacar no histograma anterior a freqüência de 0,1mg/L.

No histograma anterior destaca-se que a freqüência no intervalo 0,6 – 0,8 (43,2%) abaixo das demais.

A Figura 4.4.5 apresenta o histograma de freqüências do grupamento pequenos.

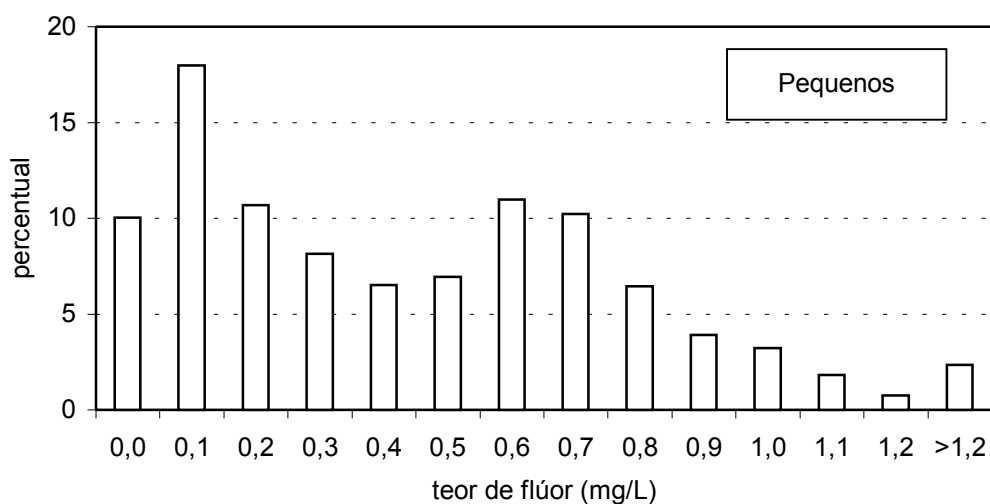


Figura 4.4.5 – Histograma de freqüências das amostras de flúor do grupamento pequenos.

Histograma da Figura 4.4.5 que apresenta forte assimetria positiva, é o único entre todos analisados onde o valor modal é 0,1mg/L, os outros todos apresentam 0,6mg/L.

A Figura 4.4.6 ilustra a distribuição percentual das amostras segundo o intervalo de concentração de flúor do grupamento 28.

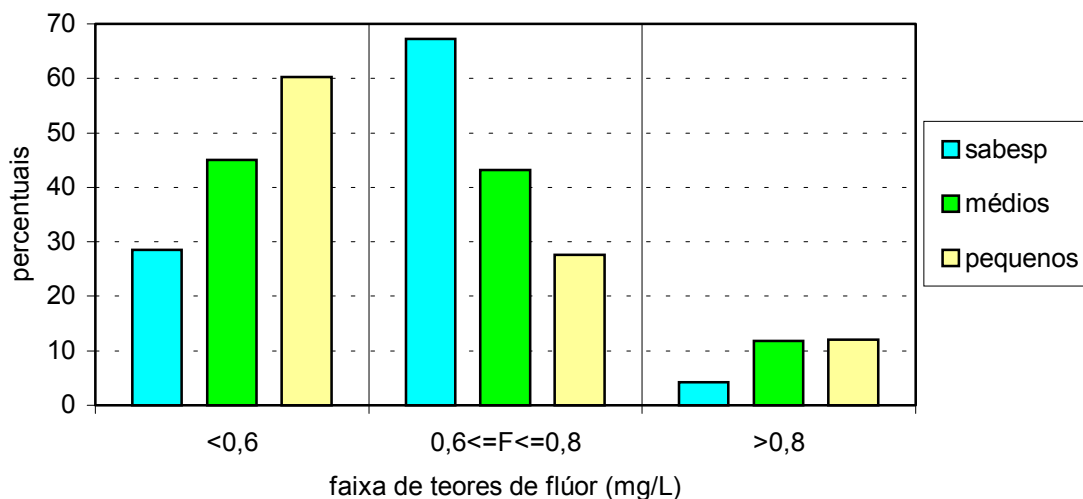


Figura 4.4.6 – Diagrama de freqüências segundo o intervalo de concentração de flúor para municípios do grupamento 28.

A Figura 4.4.6 destaca uma maior eficiência do grupamento Sabesp e uma grande diferença entre grupamentos médios e pequenos.

A Tabela 4.4.2. mostra a média e o desvio padrão de todas as análises efetuadas dentro do grupamento 28.

Tabela 4.4.2 – Média e desvio padrão dos teores de flúor encontradas nas amostras do grupamento 28.

Grupamento	mediana	média	desvio padrão
Sabesp	0,60	0,61	0,16
Médios	0,60	0,56	0,45
Pequenos	0,40	0,45	0,39
Total	0,60	0,52	0,35

As médias e desvios-padrão encontrados merecem alguns comentários.

Mais uma vez a Sabesp destaca-se dos outros dois grupamentos tanto no quesito média como no desvio-padrão.

Para o conjunto de todos os teores de flúor amostrados, temos um máximo de 3,8mg/L um mínimo de 0,0mg/L, o quartil de 25% em 0,4mg/L, mediana de 0,6mg/L e quartil de 75% de 0,7mg/L

A Figura 4.4.7 ilustra os valores máximo, mínimo, os quartis de 25%, 50% e 75% do total de amostras do grupamento 28.

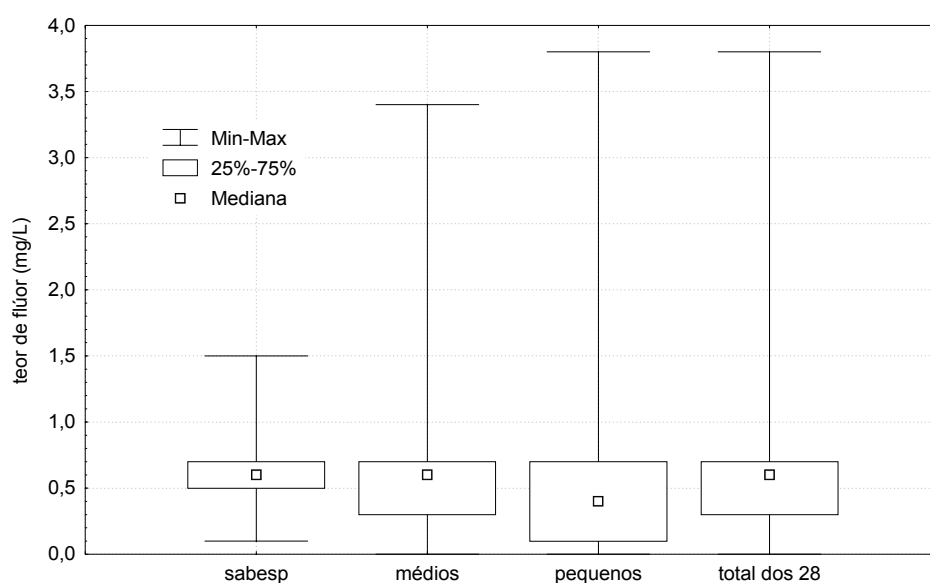


Figura 4.4.7 – Boxplot da concentração de flúor de todas as amostras do grupamento 28.

A Figura 4.4.7 revela a exemplo da Tabela de médias e desvios-padrão, a maior adequação do grupamento Sabesp, seguido por médios e pequenos.

Observa-se que mesmo no caso de abastecimento com água subterrânea, que em geral exige estruturas mais simples que as requeridas pelo abastecimento com águas superficiais, a variável estrutura ainda foi eficiente para diferenciar o comportamento dos municípios médios e pequenos. Provavelmente esta diferenciação ocorre devido a diferenças de qualificação dos recursos humanos envolvidos.

Interessante notar que o quartil de 75% é igual para todos os grupamentos.

Aplicação do Teste Kruskal-Wallis

Com os resultados obtidos pode-se aplicar o teste Kruskal-Wallis dentre os grupos estabelecidos para verificar a relação entre a distribuição destes resultados. A hipótese H_0 é que os grupamentos são semelhantes entre si.

O que se verifica é que não há homogeneidade para a comparação entre as três faixas (NA-, A, NA+), os teste entre Sabesp, médios e pequenos resultou em $K = 132,71$, quando se retira Sabesp, a comparação entre médios e pequenos resultou em $K = 22,36$. Para as faixas atende (A) e não atende (NA), resulta $K = 370,72$ e $K = 36,98$ respectivamente, todos acima do K_{lim} .

Face ao percentual de atendimento mostrado na Tabela 4.4.1, pode-se concluir que Sabesp é superior a médios e, por sua vez, é superior a pequenos.

4.5 – Outros cortes

O que se verificou, até aqui, quanto ao atendimento do padrão de fluoretação de águas, foi a melhor condição da Sabesp, quando se analisa sob a ótica de atende (A) ou não atende (NA), envolvendo os 40 ou os 28 municípios. Em vista disso serão analisados outros cortes segundo o manancial e estrutura, excluindo-se a Sabesp

Para isso foi criado o grupamento 25 incluindo os 25 municípios abastecidos por manancial superficial e subterrâneo. Dentre esses municípios foi criado ainda o grupamento 19, excluindo-se os que se suprem de manancial superficial.

a) Análise do grupamento 25

Este grupamento foi utilizado para verificar a influência do manancial e para tanto contrapuseram-se os grupamentos superficial ao subterrâneo.

A Figura 4.5.1 ilustra a distribuição dos municípios para a nova análise.

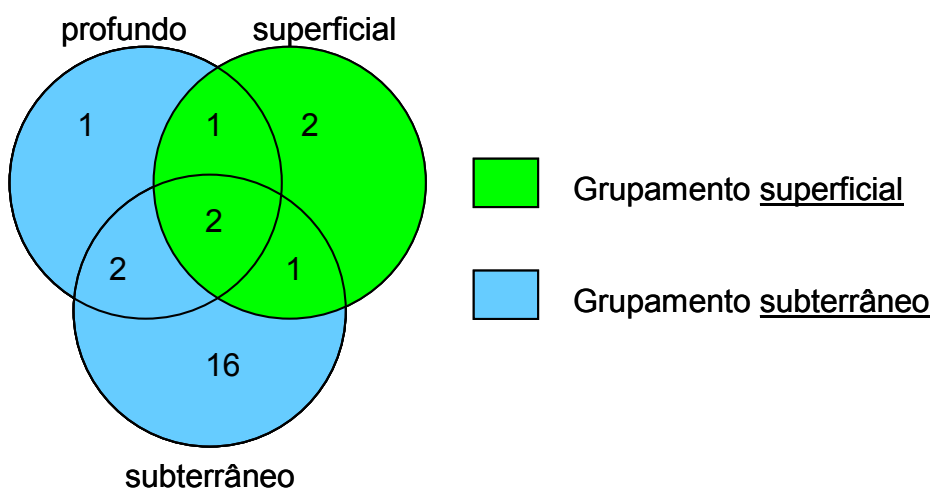


Figura 4.5.1 – Números de municípios segundo os grupamentos superficial e subterrâneo excluindo-se a Sabesp.

A Tabela 4.5.1 mostra a quantidade e os percentuais de amostras resultante dos novos grupamentos excluindo-se a Sabesp.

Tabela 4.5.1 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos superficial e subterrâneo excluindo-se a Sabesp.

Grupamento	Abaixo		Atende		Acima		Total
	Número	%	Número	%	Número	%	
<u>Superficial</u>	469	31,0	874	57,9	167	11,1	1.510
<u>Subterrâneo</u>	1.320	52,2	853	33,7	355	14,0	2.528
total	1.789	44,3	1.727	42,8	522	12,9	4.038

Obs. Abaixo $\rightarrow F < 0,6\text{mg/L}$; Atende $\rightarrow 0,6 \leq F \leq 0,8$; Acima $\rightarrow F > 0,8\text{mg/L}$

Pode-se perceber uma clara supremacia dos sistemas superficiais sobre subterrâneos no quesito atendimento ao padrão (57,9% X 33,7%). O teste KW revelou um $K = 95,64$, e o $K_{\text{lim}(2;95)} = 5,99$ portanto indicou uma rejeição na hipótese H_0 , corroborando a afirmação retro.

b) Análise do grupamento 19

b1) Manancial

Com relação ao manancial, o grupamento 19 foi dividido em profundo e não profundo.

A Figura 4.5.2 ilustra a distribuição dos municípios segundo o novo rearranjo.

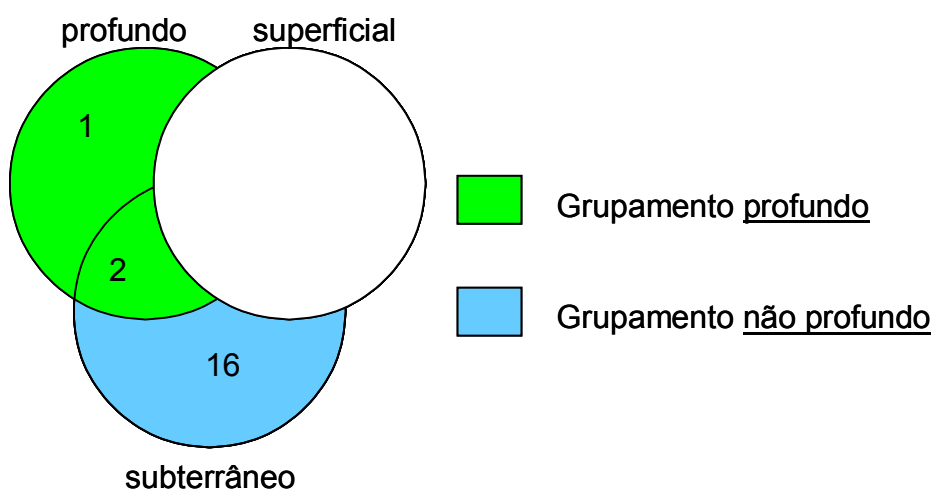


Figura 4.5.2 – Quantidades de municípios segundo os grupamentos profundo e não profundo excluindo-se a Sabesp e mananciais superficiais.

A Tabela 4.5.2 mostra a quantidade e os percentuais de amostras resultante dos novos grupamentos excluindo-se a Sabesp e mananciais superficiais.

Tabela 4.5.2 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos profundo e não profundos.

Grupamento	Abaixo		Atende		Acima		Total
	Número	%	Número	%	Número	%	
Profundo	233	37,2	259	41,9	126	20,4	618
Demais	1.087	56,9	594	31,1	229	12,0	1.910
total	1.320	52,2	853	33,7	355	14,1	2.528

Obs. Abaixo $\rightarrow F < 0,6\text{mg/L}$; Atende $\rightarrow 0,6 \leq F \leq 0,8$; Acima $\rightarrow F > 0,8\text{mg/L}$

Pode-se perceber supremacia dos sistemas profundo sobre não profundo no quesito atendimento ao padrão (41,9% X 31,1%). O teste KW revelou um $K = 72,25$, e o $K_{lim(2;95)} = 5,99$ portanto detectou uma rejeição na hipótese H_0 , corroborando a afirmação retro.

b2) Estrutura

A análise quanto à estrutura do grupamento 19 foi realizada com o critério populacional, criando-se três grupamentos, conforme ilustra a Figura 4.5.3, com a distribuição dos municípios segundo a novo rearranjo.

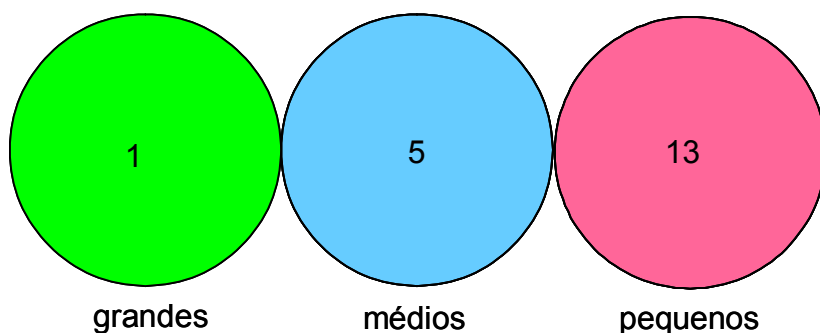


Figura 4.5.3 – Quantidades de municípios segundo a estrutura dos sistemas.

Tabela 4.5.3 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento segundo a estrutura dos sistemas.

Grupamento	Abaixo		Atende		Acima		Total
	Número	%	Número	%	Número	%	
Grandes	196	59,6	83	25,2	50	15,2	329
Médios	228	32,0	359	50,3	126	17,7	713
Pequenos	896	60,0	411	27,7	179	12,0	1.486
total	1.320	52,2	853	33,7	355	14,1	2.528

Obs. Abaixo $\rightarrow F < 0,6\text{mg/L}$; Atende $\rightarrow 0,6 \leq F \leq 0,8$; Acima $\rightarrow F > 0,8\text{mg/L}$.

O teste KW para as três faixas e os três grupamentos, encontra-se $K = 133,93$ e $K_{lim(4;95)} = 9,49$ portanto rejeita H_0 . Eliminando-se o grupamentos médios da análise encontra-se $K = 0,38$ e $K_{lim(2;95)} = 5,99$ portanto não rejeitando H_0 .

O teste foi capaz de detectar que o município grande presente na análises (Andradina) tem desempenho semelhante aos municípios pequenos.

Quando se considera municípios abastecidos apenas por água subterrânea o agrupamento segundo a estrutura revelou que os municípios médios têm desempenho bem superior, da ordem de duas vezes o desempenho de pequenos no quesito atendimento ao padrão legal quando se considera as três faixas de análise.

4.6 - Resumo do teste Kruskal-Wallis

A Tabela 4.6.1 resume todos os testes KW feitos até este ponto apenas para facilitar a visualização dos resultados tendo em vista que os mesmos já foram discutidos à medida que se apresentaram.

É interessante notar que o teste foi capaz de detectar diferenças estatisticamente significantes ($K=91,78$) entre Sabesp e grandes, na análise de não atendimento e atendimento, todavia quando a análise se processa envolvendo não atendimento abaixo e não atendimento acima o teste não detecta diferenças. É possível que, com maior número de dados, o teste seja capaz de detectar esta diferença tendo em vista que a variância das distribuições tende a não crescer tão acentuadamente quanto os graus de liberdade utilizados no teste.

Tabela 4.6.1 – Resumo dos testes KW

Grupamento	Faixas de análise	Teste entre	K	K _{lim}	Rejeita	%atendimento	conclusão	
Todos os 40 municípios	A, NA-, NA+	SUP x SUB	78,49	5,99	sim	60,0 x 42,9	SUP>SUB	
		PROF x DEM	76,72	5,99	sim	52,3 x 46,6	PROF>DEM	
	S x G x M x P	S x G x M x P	235,06	12,59	sim	68,8x52,1x51,4x27,8	Diferentes	
		S x G x M	2,41	9,49	não	68,8 x 52,1 x 51,4	Iguais, logo S=G=M>P	
Todos os 40 municípios	A, NA	SUP x SUB	132,55	3,84	sim	60,0 x 42,9	SUP>SUB	
		PROF x DEM	14,17	3,84	sim	52,3 x 46,6	PROF>DEM	
		S x G x M x P	S x G x M x P	456,88	7,81	sim	68,8x52,1x51,4x27,8	Diferentes
			S x G x M	91,78	5,99	sim	68,8 x 52,1 x 51,4	Diferentes
		G x M	0,11	5,02	não	52,1 x 51,4	iguais	
		M x P	149,21	5,02	sim	51,4 x 27,8	diferentes, logo S>G=M>P	
Grupamento 28	A, NA-, NA+	S x M x P	132,71	9,49	sim	67,3 x 43,2 x 27,7	diferentes	
		M x P	22,36	3,84	sim	43,2 x 27,7	diferentes, logo S>M>P	
Grupamento 28	A, NA	S x M x P	370,72	5,99	sim	67,3 x 43,2 x 27,7	diferentes	
		M x P	36,98	3,84	sim	43,2 x 27,7	diferentes, logo S>M>P	
Grupamento 25	A, NA-, NA+	SUP x SUB	95,64	5,99	sim	57,9 X 33,7	SUP>SUB	
Grupamento 19	A, NA-, NA+	PROF x N.PROF	72,25	5,99	sim	41,9 X 31,1	PROF>NÃO PROFUNDO	
		G x M x P	133,93	9,49	sim	25,2 X 50,3 X 27,7	diferentes	
		G x P	0,38	5,99	não	50,3 X 27,7	Iguais, logo M>G=P	
S (Sabesp)	G (Grandes)	M (médios)	P (Pequeno)	PROF (Profundos)	DEM (Demais)	SUP (Superficial)		
SUB (Subterrâneo)	N.PROF. (Não Profundos)							

4.7 – Comportamento histórico

A fluoretação artificial de águas de abastecimento público passa por evoluções tecnológicas proporcionadas pelo surgimento de novos equipamentos de dosagem, também se processam transformações na composição da mão-de-obra que opera sistemas de tratamento de água e surgem de tempos em tempos financiamentos governamentais para a implementação de fluoretação de águas. Há também a conscientização dos governos municipais da importância do benefício do flúor na população, e finalmente há a ação sanitária fiscalizadora do cumprimento do teor de flúor entre 0,6 e 0,8mg/L previsto na norma legal. Tudo isso mostra a importância da avaliação do comportamento histórico do teor de flúor das águas de consumo humano, tema deste item.

O comportamento histórico de fluoretação pode servir também de subsídio para programas de saúde coletiva na área obstétrica e odontológica, visando à preservação da formação do esmalte dentário.

A Figura 4.7.1 ilustra o comportamento do não atendimento abaixo da faixa 0,6-0,8mg/L dos grupamentos superficial e subterrâneo.

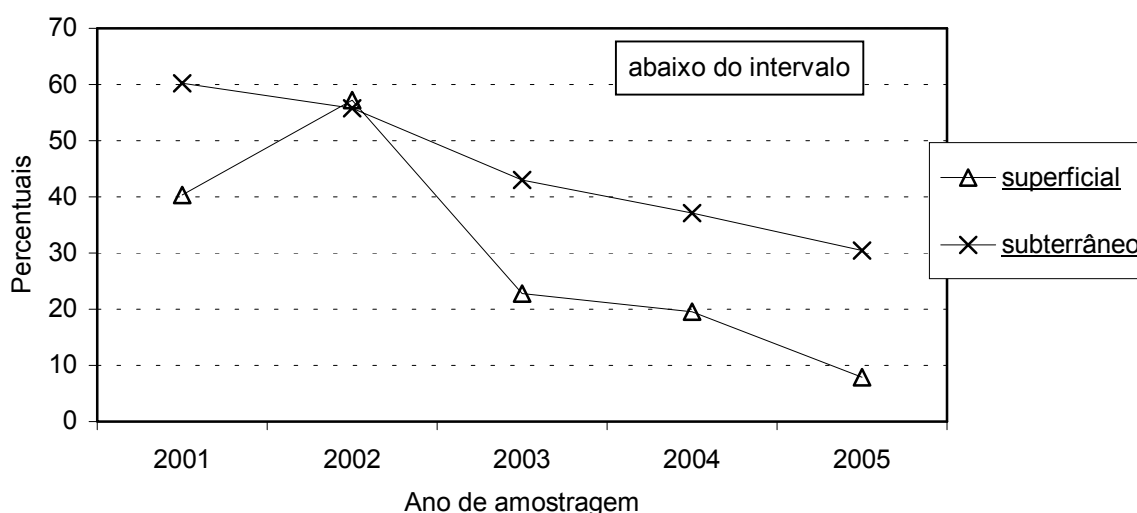


Figura 4.7.1 – Comportamento histórico do não atendimento abaixo da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos superficial e subterrâneo.

A Figura 4.7.2 ilustra o comportamento do não atendimento abaixo da faixa 0,6-0,8mg/L dos grupamentos profundo e demaís.

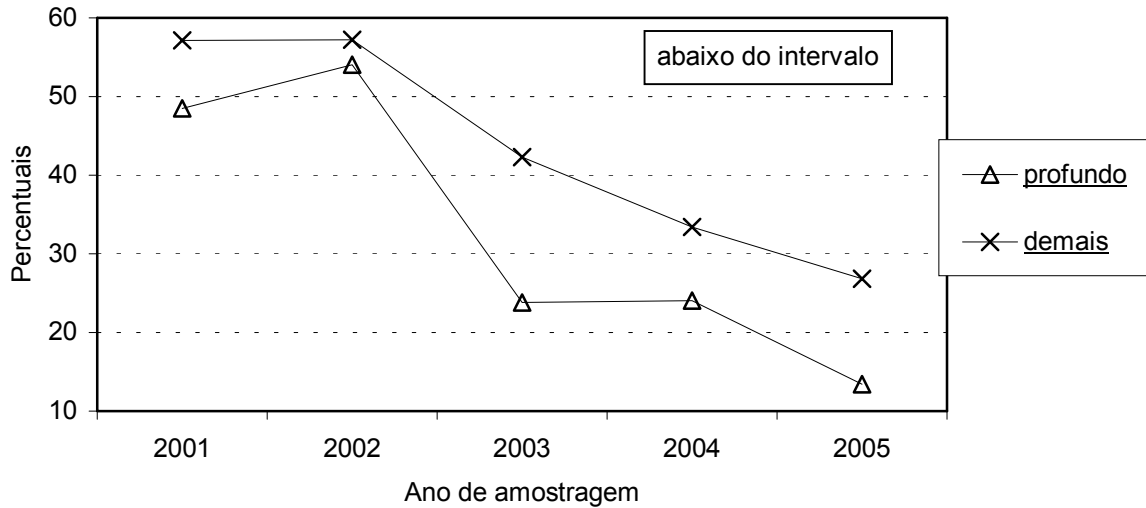


Figura 4.7.2 – Comportamento histórico do não atendimento abaixo da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos profundo e demaís.

A Figura 4.7.3 ilustra o comportamento do não atendimento abaixo da faixa 0,6-0,8mg/L nos municípios dos quatro grupamentos de estrutura.

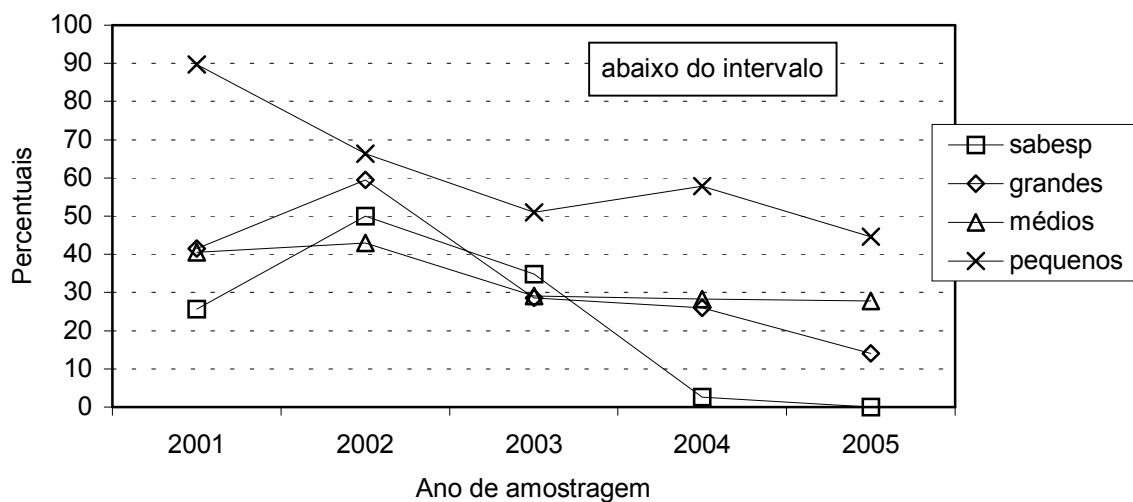


Figura 4.7.3 – Comportamento histórico do não atendimento abaixo da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos municípios dos quatro grupamentos de estrutura.

O que se observa nas três figuras anteriores é:

- a) – Tendência de queda em todos os grupamentos.
- b) – Similaridade entre as duas primeiras figuras.
- c) – Índice zero de não atendimento da Sabesp em 2005.
- d) – O grupamento mais problemático neste quesito, os pequenos, reduziram pela metade o não atendimento em 4 anos.

A Figura 4.7.4 ilustra o comportamento ao atendimento à faixa 0,6-0,8mg/L dos grupamentos superficial e subterrâneo

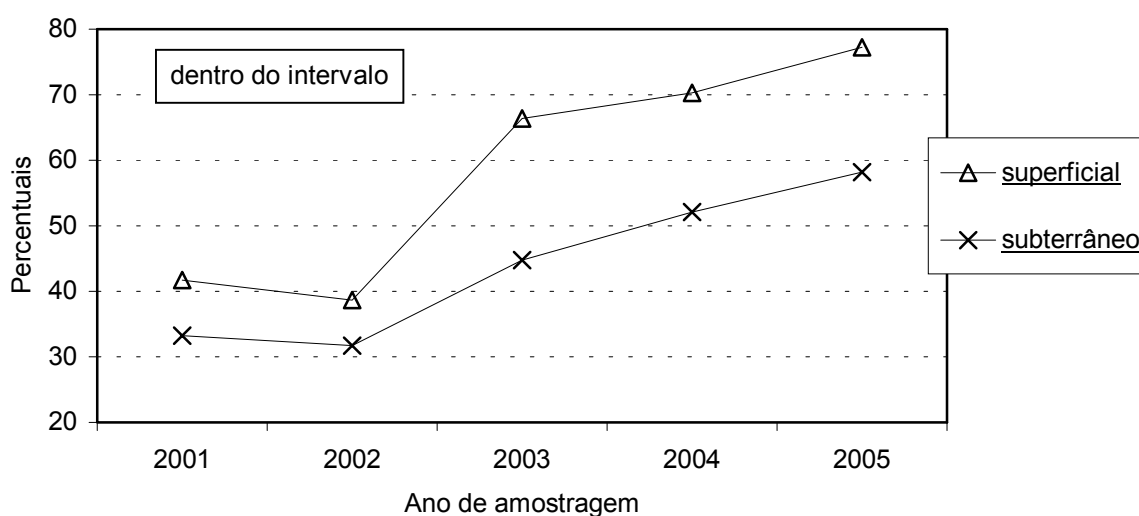


Figura 4.7.4 – Comportamento histórico do atendimento à faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos superficial e subterrâneo.

A Figura 4.7.5 ilustra o comportamento ao atendimento à faixa 0,6-0,8mg/L dos grupamentos profundo e demais.

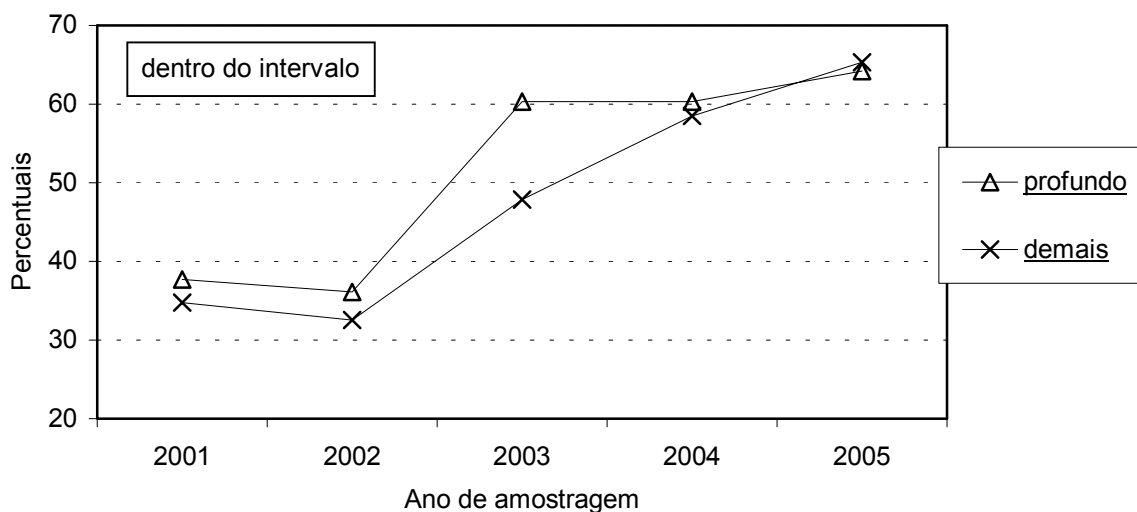


Figura 4.7.5 – Comportamento histórico do atendimento à faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos profundo e demais.

A Figura 4.7.6 ilustra o comportamento do atendimento à faixa 0,6-0,8mg/L dos municípios dos quatro grupamentos de estrutura.

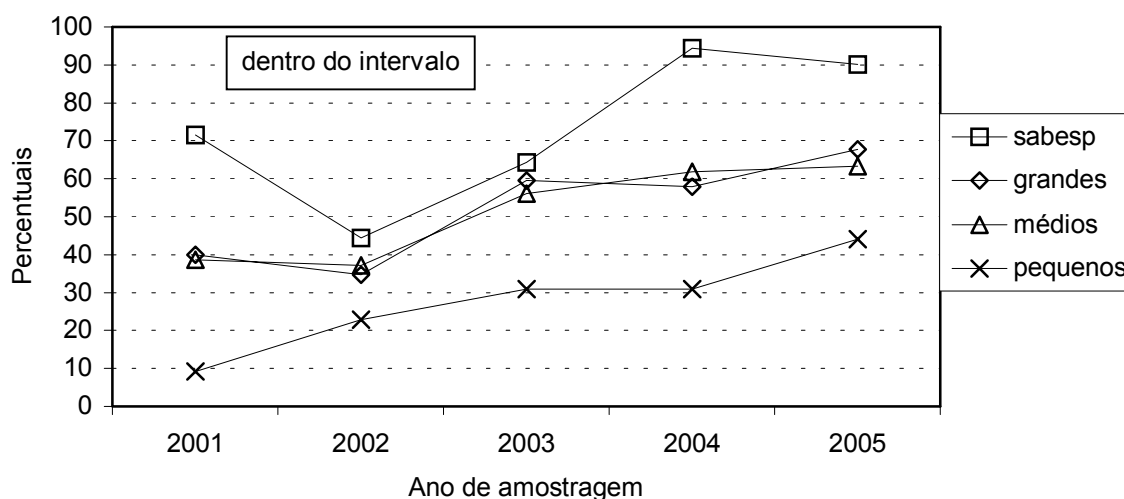


Figura 4.7.6 – Comportamento histórico ao atendimento à faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos municípios dos quatro grupamentos de estrutura.

Com relação às três últimas figuras pode-se destacar:

a) – Tendência de evolução positiva neste quesito, com aparente alcance de patamar pela Sabesp.

b) – Pequenos quintuplicaram seu desempenho positivo

c) – Curvas similares entre grandes e médios.

A Figura 4.7.7 ilustra o comportamento do não atendimento acima da faixa 0,6-0,8mg/L dos grupamentos superficial e subterrâneo.

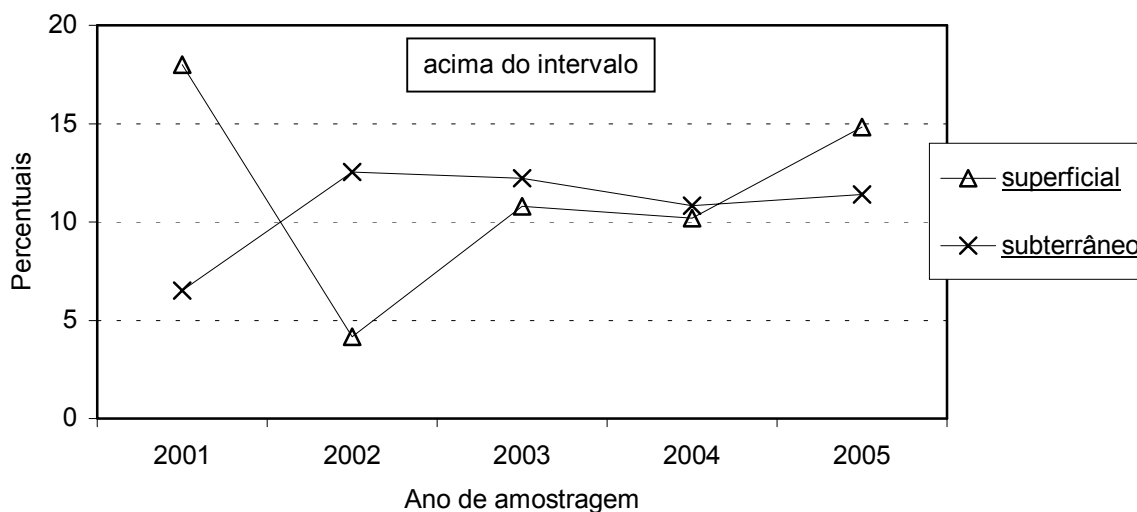


Figura 4.7.7 – Comportamento histórico do não atendimento acima da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos superficial e subterrâneo.

A Figura 4.7.8 ilustra o comportamento do não atendimento acima da faixa 0,6-0,8mg/L dos grupamentos profundo e demaís.

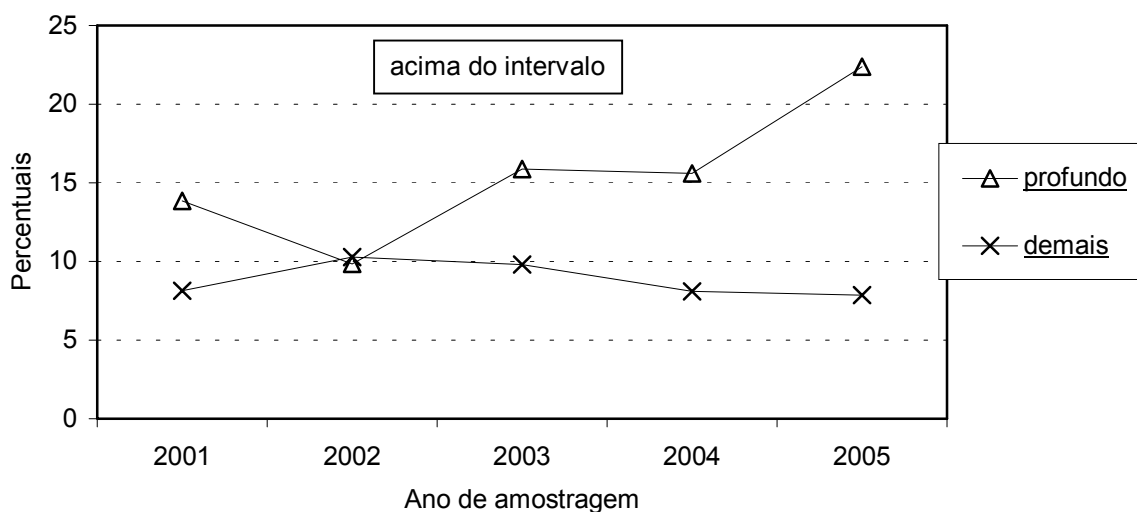


Figura 4.7.8 – Comportamento histórico do não atendimento acima da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor dos grupamentos profundo e demaís.

A Figura 4.7.9 ilustra o comportamento do não atendimento acima da faixa 0,6-0,8mg/L nos municípios dos quatro grupamentos de estrutura.

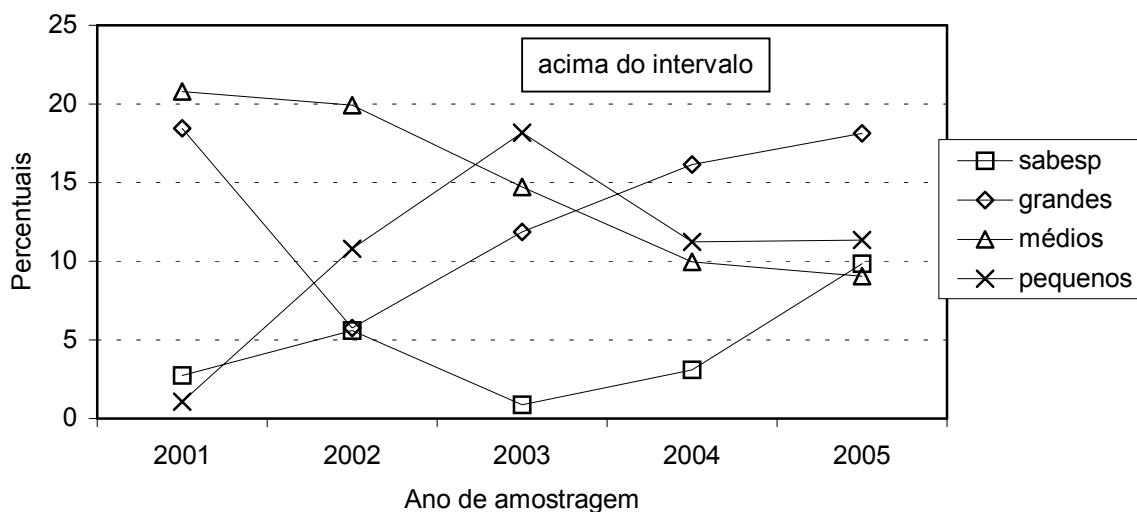


Figura 4.7.9 – Comportamento histórico do não atendimento acima da faixa 0,6-0,8mg/L da concentração de flúor nos municípios dos quatro grupamentos de estrutura.

Em relação às três últimas figuras pode-se destacar:

- a) – Não há tendência generalizada.
- b) – Profundos a partir de 2002 pioraram neste quesito, sem dúvida, devido ao incremento da fatia que representa no volume total distribuído.

O comportamento histórico ocorrido entre 2001 e 2005 mostra que o processo de fluoretação passou por transformações significativas levadas adiante em três vertentes:

- a) – Entrada em operação de novos mananciais profundos.
- b) – Incremento nas ações institucionais para o cumprimento do teor de flúor entre 0,6 e 0,8mg/L previsto na norma legal.
- c) – Implantação do ISO 9.002 pela Sabesp.

4.8 – Análise de cloro residual livre

A seguir haverá uma breve exposição do comportamento do cloro residual livre registrado no mesmo período nos municípios em estudo. O cloro é um elemento que não ocorre na água da natureza, e assim como o flúor é adicionado à água dos sistemas públicos.

Com esses dados será possível uma comparação entre os resultados obtidos com o flúor.

Apesar do estudo se passar no mesmo período de tempo, há mais dados de cloro registrados, pois em todas as amostras foi medida a concentração de cloro enquanto que o de flúor eventualmente não, por problemas de manutenção do equipamento.

Assim como no caso do flúor as análises do presente estudo são de fiscalização, representam uma fração do número de análises de controle que devem ser executadas pelo sistema e reguladas pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde,

A Portaria do Ministério da Saúde nº 518 de 25/03/04 e suas antecessoras estabelecem o teor de cloro residual livre em 0,2mg/L. Doravante será usado o termo atende (A) para concentrações maiores ou iguais a 0,2mg/L, e não atende (NA) para concentrações menores que 0,2mg/L.

As 6.772 amostras de teores de cloro são apresentadas na Tabela A2 em anexo, segundo o padrão de atendimento, distribuídas por município para cada ano abrangido no trabalho.

A Tabela 4.8.1 mostra os resultados para os grupamentos superficial e subterrâneo.

Tabela 4.8.1 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos superficial e subterrâneo.

Grupamento	Atende		Não atende		Total
	Número	%	Número	%	
<u>Superficial</u>	2.119	93,7	143	6,3	2.262
<u>Subterrâneo</u>	4.035	89,5	475	10,5	4.510
Região (total)	6.154	90,9	618	9,1	6.772

Obs. Atende → Cl ≥ 0,2mg/L,, Não atende → Cl < 0,2mg/L

A Tabela 4.8.1 mostra, a princípio, que os grupamentos superficial e subterrâneo têm diferença nos resultados obtidos. O teste Kruskal-Wallis esclarecerá esta questão.

A Tabela 4.8.2 mostra o número de resultados de análises de cloro nos grupamentos profundo e demaís.

Tabela 4.8.2 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos profundo e demaís.

Grupamento	Atende		Não atende		Total
	Número	%	Número	%	
<u>Profundo</u>	1.972	92,6	158	7,4	2.130
<u>Demaís</u>	4.182	90,1	460	9,9	4.642
Região (total)	6.154	90,9	618	9,1	6.772

Obs. Atende → $Cl \geq 0,2mg/L$, Não atende → $Cl < 0,2mg/L$

Esta Tabela também mostra, a princípio, que os grupamentos profundo e demais tem alguma diferença nos resultados obtidos. O teste Kruskal-Wallis esclarecerá esta questão.

A Tabela 4.8.3 mostra o número de resultados de análises de cloro no grupamento de estrutura.

Tabela 4.8.3 – Distribuição das amostras em relação ao padrão de atendimento nos grupamentos de estrutura.

Grupamento	Atende		Não atende		Total
	Número	%	Número	%	
Sabesp	1.425	97,1	42	2,9	1.467
Grandes	1.670	92,4	137	7,6	1.807
Médios	1.044	88,7	133	11,3	1.177
Pequenos	2.015	86,8	306	13,2	2.321
Região (total)	6.154	90,9	618	9,1	6.772

Obs. Atende → $Cl \geq 0,2mg/L$, Não atende → $Cl < 0,2mg/L$

A Tabela 4.8.3 mostra, a princípio, uma hierarquia de qualidade que começa com a Sabesp e termina com os pequenos. O teste Kruskal-Wallis esclarecerá.

Aplicação do Teste Kruskal-Wallis

Com os resultados obtidos pode-se aplicar o teste Kruskal-Wallis dentre os grupos estabelecidos para verificar a relação entre a distribuição destes resultados. A hipótese H_0 é que os grupamentos são semelhantes entre si.

Para os grupamentos superficial e subterrâneo tem-se a matriz representada pela Tabela 4.8.4.

Tabela 4.8.4 – Distribuição de amostras de teor de cloro dos grupamentos superficial e subterrâneo.

Teor de cloro residual	<u>Superficial</u>	<u>Subterrâneo</u>
Cl \geq 0,2mg/L (A)	2.119	4.035
Cl < 0,2mg/L (NA)	143	475

K = 32,20	Klim _(1;95) = 3,84	H ₀ é rejeitado
-----------	-------------------------------	----------------------------

Sendo estatisticamente diferentes pode-se concluir, face aos percentuais de atendimento à norma legal, expostos na Tabela 4.8.1, que há supremacia do grupamento superficial sobre o grupamento subterrâneo.

Para os grupamentos profundo e demais tem-se a matriz representada pela Tabela 4.8.5.

Tabela 4.8.5 – Distribuição das amostras de cloro dentro dos grupamentos profundo e demais.

Teor de cloro residual	<u>Profundo</u>	<u>Demais</u>
Cl \geq 0,2mg/L (A)	1.972	4.182
Cl < 0,2mg/L (NA)	158	460

K = 10,93	Klim _(1;95) = 3,84	H ₀ é rejeitado
-----------	-------------------------------	----------------------------

Sendo estatisticamente diferentes pode-se concluir, face aos percentuais de atendimento à norma legal, expostos na Tabela 4.8.2, que há supremacia do grupamento profundo sobre o grupamento demais.

Para os grupamentos de estrutura tem-se a matriz representada pela Tabela 4.8.6

Tabela 4.8.6 – Distribuição das amostras de teor de cloro dentro do grupamento de estrutura.

Teor de cloro residual	Sabesp	Grandes	Médios	Pequenos
Cl \geq 0,2mg/L (A)	1.425	1.670	1.044	2.015
Cl < 0,2mg/L (NA)	42	137	133	306

K = 127,36	$K_{lim(3;95)} = 7,81$	H ₀ é rejeitado
------------	------------------------	----------------------------

Tendo sido rejeitado, implica que pelo menos um dos grupamentos é diferente dos demais, exclui-se uma das colunas e se aplica o teste novamente.

A matriz 4.8.7 mostra os resultados obtidos, excluindo-se os dados dos municípios Sabesp.

Tabela 4.8.7 – Distribuição das amostras de teor de cloro dentro do grupamento de estrutura, excluindo-se o grupamento Sabesp.

Teor de cloro residual	Grandes	Médios	Pequenos
Cl \geq 0,2mg/L (A)	1.670	1.044	2.015
Cl < 0,2mg/L (NA)	137	133	306

K = 33,25	$K_{lim(2;95)} = 5,99$	H ₀ é rejeitado
-----------	------------------------	----------------------------

Tendo sido rejeitado implica que pelo menos um dos grupamentos é diferente dos demais, exclui-se uma das colunas e se aplica o teste novamente.

A Tabela 4.8.8. mostra os resultados obtidos, excluindo-se os dados dos municípios Grandes.

Tabela 4.8.8. Distribuição das amostras de teor de cloro dentro do grupamentos de estrutura, excluindo-se os grupamentos Sabesp e Grandes.

Teor de cloro residual	Médios	Pequenos
Cl \geq 0,2mg/L (A)	1.044	2.015
Cl < 0,2mg/L (NA)	133	306

K = 2,53	$K_{lim(1;97,5)} = 5,02$	H ₀ não é rejeitado
----------	--------------------------	--------------------------------

Neste caso os grupamentos Sabesp e grandes destoam e, o teste KW mostra que médios e pequenos são estatisticamente iguais.

Para os grupamentos Sabesp e Grandes tem-se a matriz representada pela Tabela 4.8.9

Tabela 4.8.9 - Distribuição das amostras de teor de cloro dentro do grupamentos de estrutura, excluindo-se os grupamentos Médios e Pequenos.

Teor de cloro residual	Sabesp	Grandes
Cl \geq 0,2mg/L (A)	1.425	1.670
Cl < 0,2mg/L (NA)	42	137

K = 34,87	$K_{lim(1;97,5)} = 5,02$	H ₀ é rejeitado
-----------	--------------------------	----------------------------

Sendo estatisticamente diferentes pode-se concluir, face aos percentuais de atendimento à norma legal, expostos na Tabela 4.8.3, que há supremacia do grupamento Sabesp sobre Grandes e estes dois sobre Médios e Pequenos.

A Tabela 4.8.10, resume os teste Kruskal-Wallis para o cloro

Tabela 4.8.10. Resumo do teste KW para faixa de teores de cloro de não atendimento ou atendimento nos 40 municípios analisados

teste entre	K	Klim	rejeita	%Atendimento	conclusão
SUP X SUB	321,20	3,84	sim	93,7 x 89,5	SUP>SUB
PROF X DEM	10,93	3,84	sim	92,6 x 90,1	PROF>DEM
S x G x M x P	127,36	7,81	sim	97,1x92,4x88,7x86,8	Diferentes
G x M x P	33,25	5,99	sim	92,4 x 88,7 x 86,8	Diferentes
M x P	2,53	5,02	não	88,7 x 86,8	iguais
S x G	34,87	5,02	sim	97,1 x 92,4	diferentes, logo S>G>M=P

Nos grupamentos quanto ao tipo de manancial não houve diferença na hierarquia dos grupamentos com relação ao flúor e ao cloro. Desempenho de superficial melhor que subterrâneo e profundo melhor que demaís.

No grupamento segundo a estrutura administrativa dos sistemas ocorreram algumas diferenças:

Flúor – S > G = M > P

Cloro – S > G > M = P

4.9 - Correlação entre flúor e cloro

As figuras 4.9.1 a 4.9.9 mostram as correlações entre o percentual do padrão de atendimento do teor de flúor contra o percentual de atendimento do padrão de cloro residual livre de todos os 40 municípios envolvidos no presente trabalho e dos grupamentos já utilizados na análise dos teores de flúor e cloro.

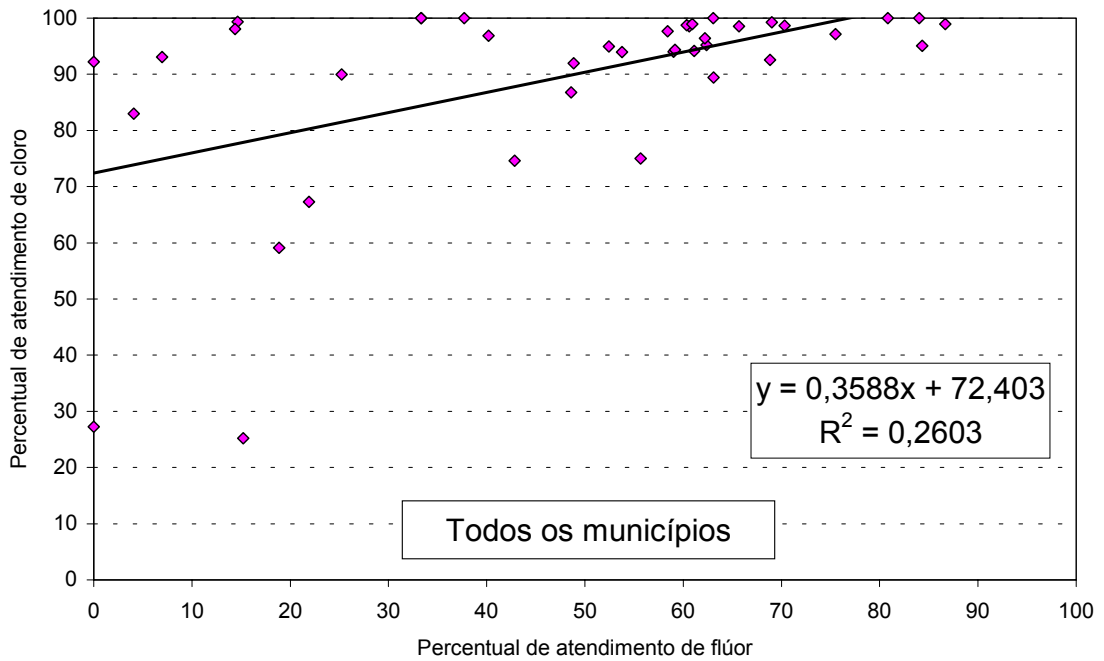


Figura 4.9.1 - Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre nos 40 municípios envolvidos.

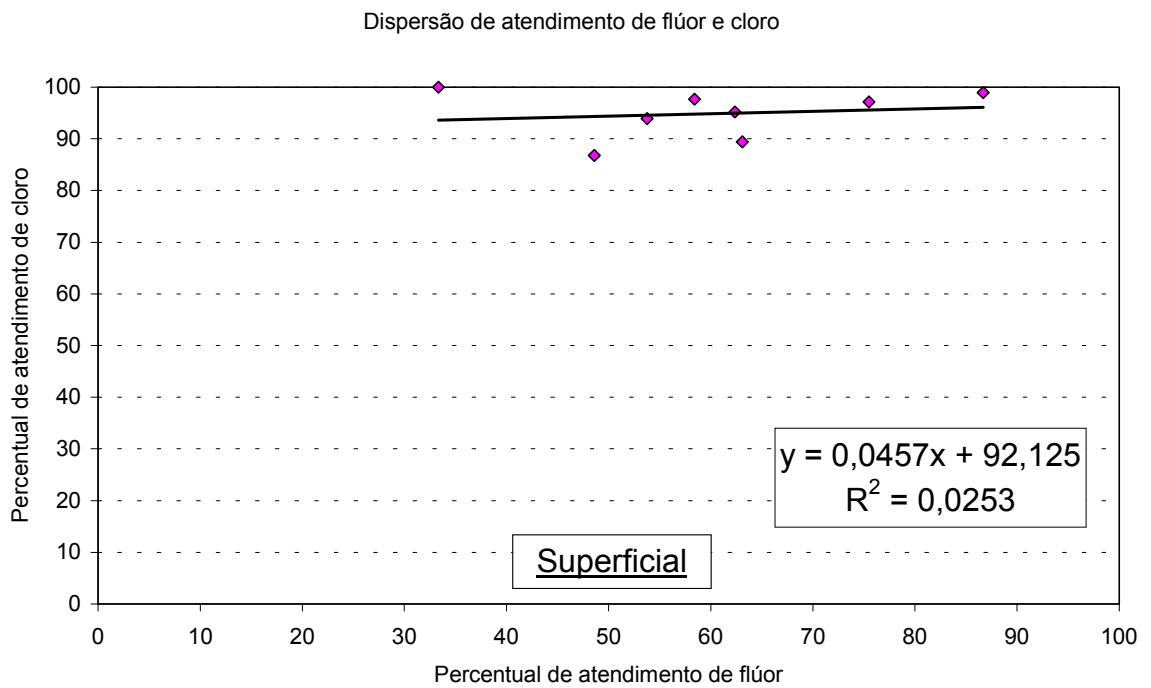


Figura 4.9.2 - Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento superficial.

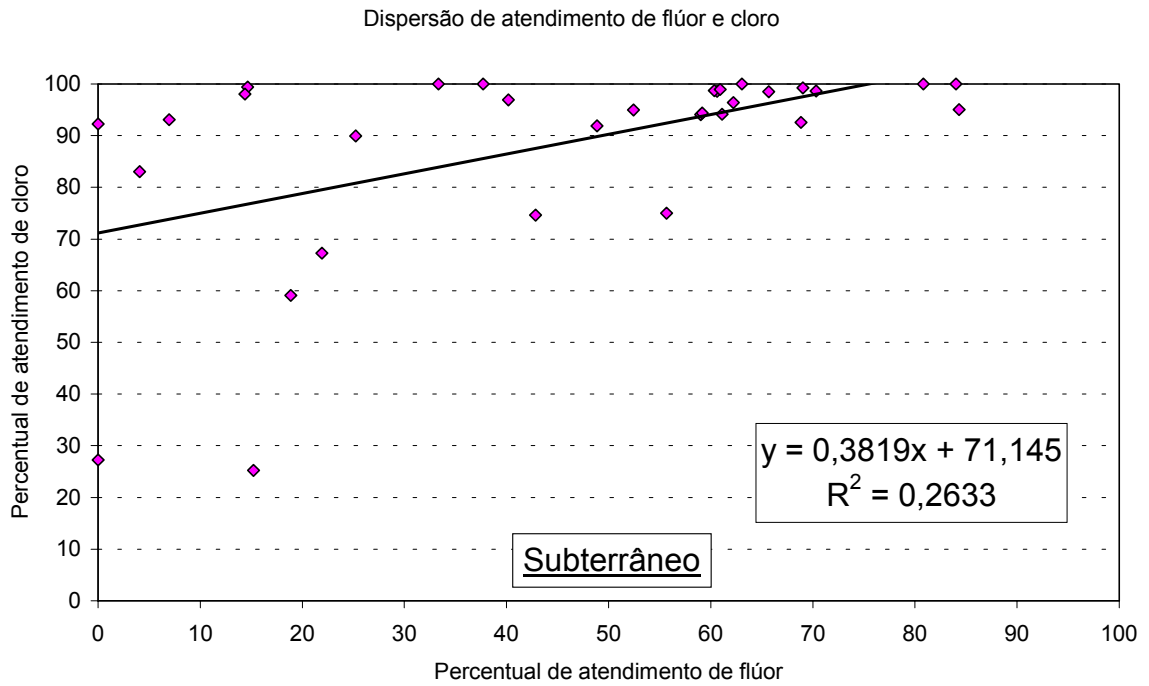


Figura 4.9.3 - Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento subterrâneo.

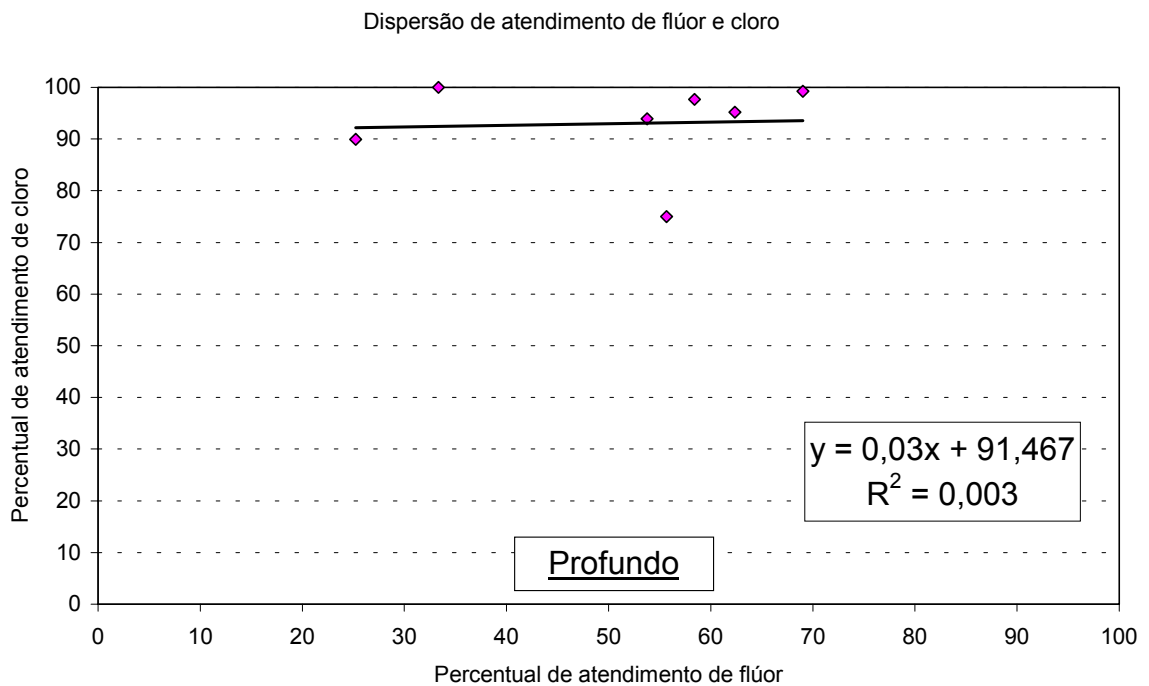


Figura 4.9.4 - Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento profundo.

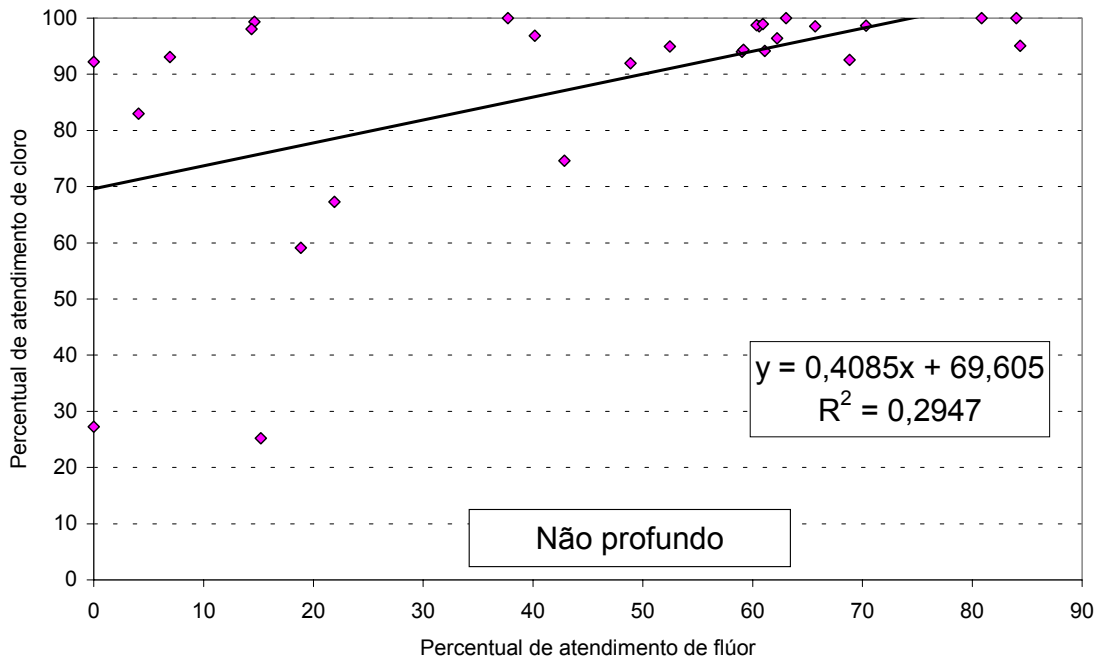


Figura 4.9.5 - Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento não profundo.

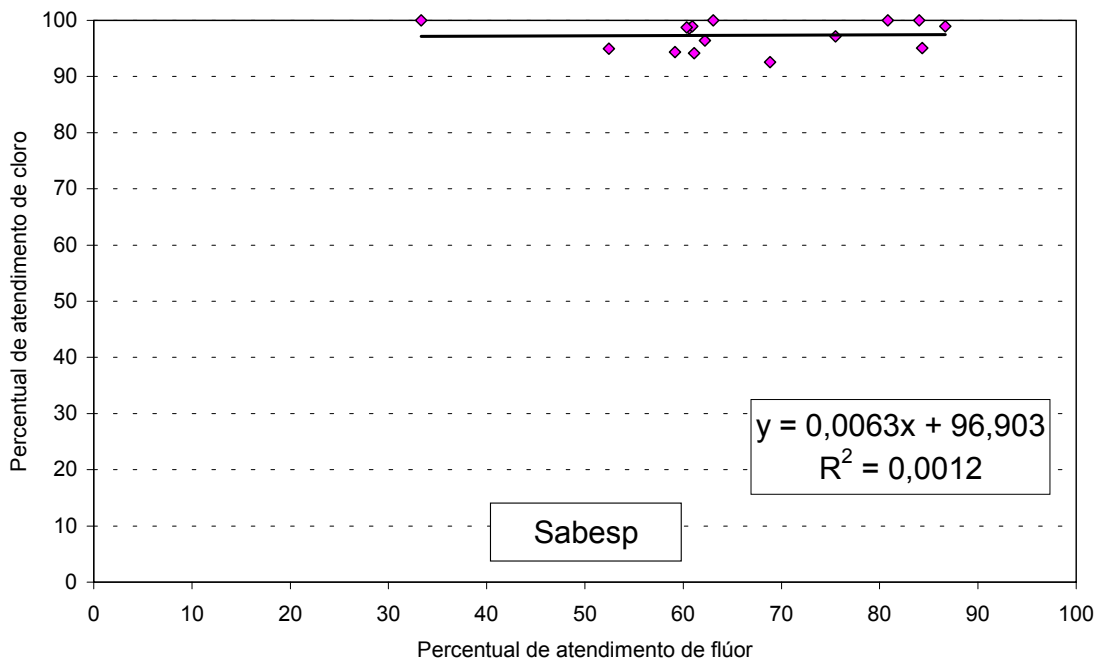


Figura 4.9.6 - Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento Sabesp.

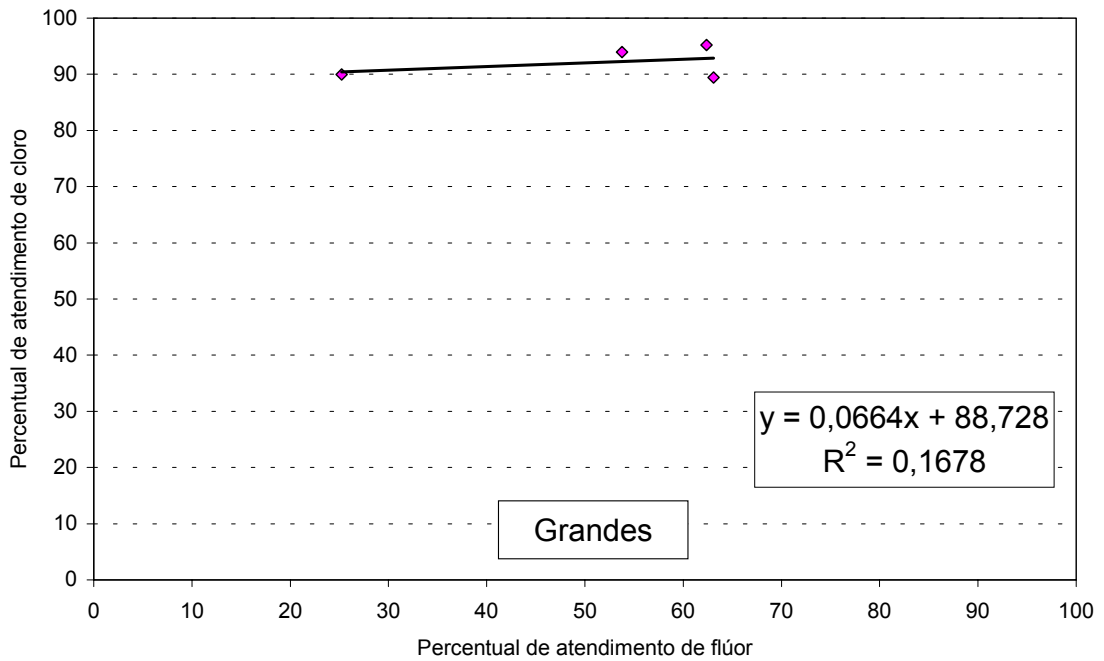


Figura 4.9.7 - Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento Grandes.

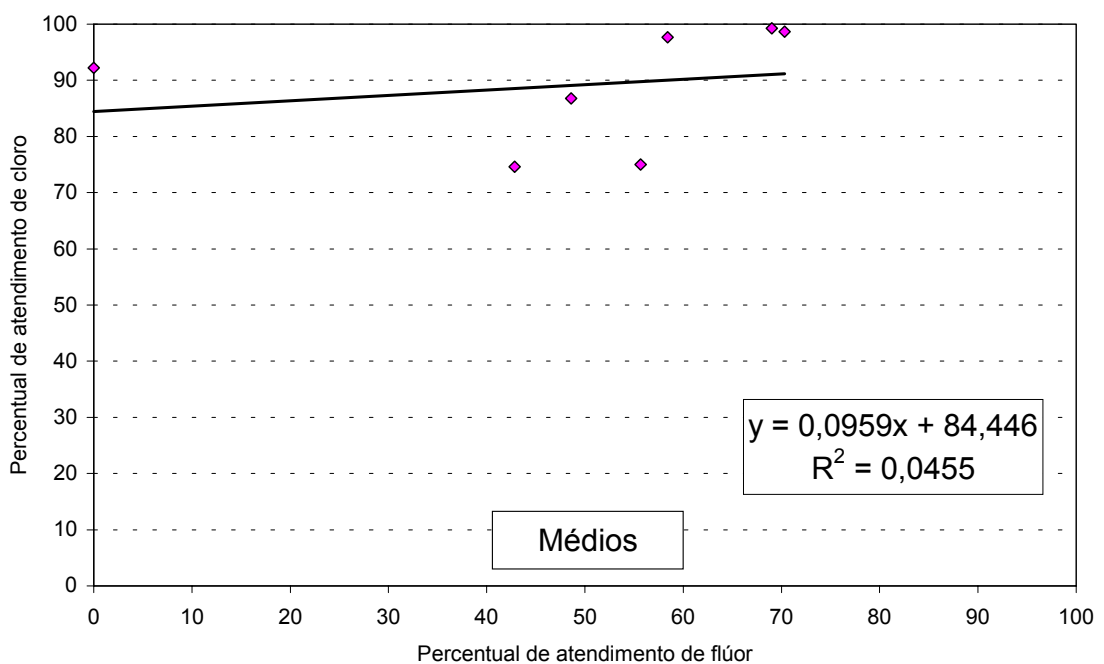


Figura 4.9.8 - Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento Médios.

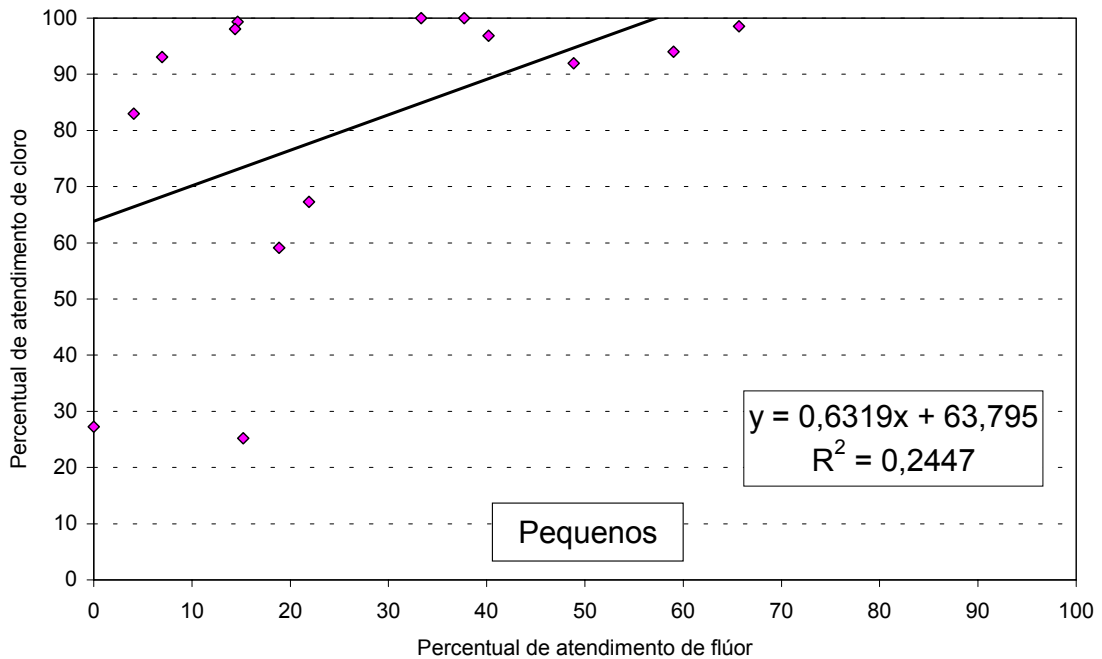


Figura 4.9.9 - Correlação entre o padrão de atendimento de flúor e cloro residual livre no grupamento Pequenos.

Com relação aos gráficos de dispersão apresentados nas Figuras 4.9.1 a 4.9.9 pode-se tecer os seguintes comentários.

Não existe nenhuma correlação entre o percentual de atendimento à norma de cloro e a de flúor, nos grupamentos analisados no trabalho, segundo o tipo de manancial e estrutura do sistema.

Pode-se definir uma categoria de sistemas precários, que são incapazes de atender os padrões de cloro em mais que 70% das amostras. Se um sistema for precário seu atendimento à norma de flúor fica abaixo de 30%.

Todos os sistemas precários da região utilizam manancial subterrâneo, conforme a Figura 4.9.3.

Embora seja possível afirmar que um sistema de desempenho precário quanto à cloração muito provavelmente também o será quanto ao flúor, o inverso não é verdadeiro. A região conta com cinco municípios com percentual de atendimento de flúor abaixo de 30% mas com percentuais de atendimento de cloro acima de 90%.

Os municípios do grupamento médios apresentam o pior desempenho relativo no atendimento a cloro, com quatro municípios atendendo acima de 90% e 3 abaixo de 90%. Pode-se argumentar que a complexidade

das redes aumenta mais rapidamente que o aparelhamento dos sistemas para enfrentá-la, no caso das cidades médias. No grupamento pequenos esta proporção é de nove sistemas acima de 90% e cinco abaixo, sendo que deste cinco quatro são precários ou seja, abaixo de 70%.

Os outros grupamentos de estrutura não apresentam nenhum sistema com atendimento ao teor de cloro abaixo de 90%.

5 – CONCLUSÕES

Mais da metade das amostras (51,6%) não atende ao padrão de fluoretação. Impactando uma população de mais de 600.000 pessoas na região de Araçatuba.

Nenhum município da região atende os padrões de flúor em mais de 90% das amostras. Excetuando-se cinco municípios com sistemas administrados pela Sabesp, nenhum sistema da região atende aos padrões de flúor mais que 70% de tempo. Pelo desempenho dos municípios pequenos, pode-se concluir que estes estão fluoretando seus sistemas de maneira precária, com atendimento de 28%.

Com relação à estrutura observou-se o desempenho, em relação à fluoretação, de Sabesp (69%) melhor que Grandes (52%) que por sua vez é estatisticamente semelhante a Médios (47%) melhor que Pequenos (28%).

No caso de abastecimento apenas com água subterrânea, analisado com o grupamento 28, os testes estatísticos revelaram diferença significativa da estrutura no atendimento ao padrão legal de flúor do grupamento Sabesp (67,3%) melhor que Médios (43,2%) melhor que Pequenos (27,7%). Portanto, mesmo nesse caso, que em geral exige estruturas mais simples que as requeridas pelo abastecimento com águas superficiais, a variável estrutura ainda foi eficiente para diferenciar o comportamento dos municípios.

Com relação à influência do tipo de manancial os testes estatísticos revelaram diferença significativa entre o desempenho no atendimento ao padrão legal de flúor do grupamento superficial (60,0%) e o grupamento subterrâneo (42,9%). Dentre os municípios que se suprem de águas subterrâneas o grupo que explora o aquífero Guarani teve desempenho superior (41,9%) aos outros (31,1%).

A razão para a vantagem dos sistemas que exploram mananciais de superfície se deve ao fato que captação de água superficial requer obrigatoriamente instalações físicas de tratamento, recursos humanos e laboratoriais, via de regra não presentes em sistemas que exploram o subsolo.

Como normalmente os poços do aquífero Guarani apresentam grandes vazões, o sistema também torna-se mais simples para controlar, em oposição às redes com vários poços normalmente presentes em caso de manancial subterrâneo no aquífero Serra Geral e Bauru. Portanto, a divisão dos municípios abastecidos por água subterrânea segundo o aquífero explorado, reflete também a estrutura do sistema, incluindo padrões de gerenciamento e qualidade de recursos humanos.

Os municípios que se suprem total ou parcialmente do aquífero Guarani apresentaram cerca de 60% a mais de amostras acima do intervalo preconizado, isto se deve ao fato das formações geológicas Botucatu e Pirambóia, apresentarem flúor naturalmente.

O comportamento histórico ocorrido entre 2001 e 2005 mostrou que há uma tendência de queda nos percentuais de não atendimento ao padrão de flúor em todos os grupamentos analisados. Mesmo os municípios pequenos, mais problemáticos neste quesito, reduziram pela metade o não atendimento.

Pode-se atribuir esses resultados positivos ao incremento nas ações institucionais empreendidas pela ação sanitária fiscalizadora para o cumprimento do teor de flúor.

A região apresenta um percentual de 9,1% de não atendimento ao padrão de cloro residual livre.

Os testes estatísticos revelaram diferença significativa entre o desempenho no atendimento ao padrão legal de cloro do grupamento superficial (93,7%) e o grupamento subterrâneo (89,5%).

Com relação à estrutura observou-se o desempenho no atendimento ao padrão de cloro de Sabesp (97,1%) melhor que Grandes (92,4%) melhor que Médios (88,7%) que por sua vez é estatisticamente semelhante a Pequenos (86,8%).

Não existe nenhuma correlação entre o percentual de atendimento à norma de cloro e a de flúor, nos grupamentos analisados no trabalho, segundo o tipo de manancial e estrutura do sistema.

Embora seja possível afirmar que um sistema de desempenho precário quanto à cloração muito provavelmente também o será quanto ao flúor, o inverso não é verdadeiro. A região conta com cinco municípios com

percentual de atendimento de flúor abaixo de 30% mas com percentuais de atendimento de cloro acima de 90%.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERENHAUSER, A.H.T; *Remoção de Fluoreto de Águas para Abastecimento Público pelo Processo de Osmose Reversa*. 2001. 95p. Mestrado em saúde ambiental apresentado na Faculdade de Saúde Pública USP. São Paulo (SP).
- BORGHETTI, N.R.B; et. al. *Aqüífero Guarani a Verdadeira Integração dos Países do Mercosul. Curitiba (PR), 2004. 214p.*
- BRANDÃO, I.M.G., VALSECKI JÚNIOR, A. Análise da concentração de flúor em águas minerais na região de Araraquara, São Paulo, Brasil,. Rev. Panam. de Salude Publica, vol.4, nº 4, 1998.
- BRASIL. Decreto Federal nº 76.872 de 22 de dezembro de 1975, Brasília (DF).
- BRASIL. Lei Federal nº 6.050 de 24 de maio de 1974, Brasília (DF).
- BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº 518 de 25 de março de 2004, Brasília (DF).
- BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº 635/Bsb de 26 de dezembro de 1975, Brasília (DF).
- CAMACHES, M.D.M. et el. La fluoracion de aguas en la región de Murcia. Rev. Esp. Salud Publica, vol. 72 nº 2 , Madrid, 1998.
- CIIAGRO. Quadro de temperatura média máxima diária para Araçatuba, <http://www.iac.sp.gov.br/ciiagro/>, São Paulo (SP), 2005.
- CULP, R .L; STOLTENBERG, H. A. Fluoride reduction at La Crosse, Kan. *J. American Water Works Association* 1958. p.423-341.
- CURY. J.A. *O uso do flúor e o controle da cárie como doença*. In: BARATIERI et al. *Odontologia restauradora – Fundamentos e possibilidades*, São Paulo, Santos (SP), 2001 p.34-68.
- DOMINGUES, J.E.G., OLIVEIRA, A.G.R.C. *A Vigilância Sanitária em Fluoretação de Águas de Abastecimento Público: uma análise de suas necessidades*, <http://planeta.terra.com.br/saude>, 2000, 18p.
- DROSTE, R. L; *Theory and practice of water and wastewater treatment*. New York. Ed. John Wiley & Sons, 1997. 777p.
- GOLINELI, N.A; PINTO,O.E; OMORI,L. Desfluoretador eletrolítico. Registro – (SP). Sabesp. 15p.

- GOTTLIEB, M. C; MEYER, P. In: American Water Works Association, American Society of Civil Engineers, *Water Treatment Plant Design*, third edition. USA, 1998. p. 299-331.
- HELSEL, D.R. HIRSCH, R.M. Discrete relationships: In: *Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey*. Book 4, Hydrologic Analysis and Interpretation, Chapter A3, Statistical Methods, p.377-392
- LETTERMAN, R.D. Water fluoridation: In: American Water Works Association, *Water quality and treatment*. USA, 1999, fifth edition, p.15.1-15.17.
- LIBÂNIO, M. *Fundamentos de tratamento e qualidade de água*, 1ª edição, Campinas (SP), editora Átomo, p.403-409, 2005
- LIMA Y.B.O., CURY, J.A. Ingestão de flúor por crianças pela água e dentifício, *Revista de Saúde Pública*, vol.35, nº 6, São Paulo (SP), 2001.
- LIMA, F.G. et al. Vinte e quatro meses de heterocontrole da fluoretação das águas de abastecimento público de Pelotas (RS). *Cad. Saúde pública*, vol.20 nº 2 p.422-429, 2004.
- MACÊDO, J.A.B. *Métodos Laboratoriais de Análises*, 1ª edição, Juiz de Fora (MG), editora Jorge Macêdo, 2001, 302p.
- MAIA, L.C. et al. Controle operacional da fluoretação da água de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil, *Cad. Saúde Pública*, vol.19 nº 1, p.61-67, 2003.
- METTLER-TOLEDO. Guide to Ion Selective Measurement, 47p.
- MIRLEAN, N., CASARTELLI, M.R., GARCIA, M.R.D. Propagação da poluição atmosférica por flúor nas águas subterrâneas e solos de regiões próximas às indústrias de fertilizantes em Rio Grande (RS), *Química Nova* Vol.25 nº2 São Paulo (SP), 2002.
- MURRAY, J.J. *Uso correto de fluoretos na saúde pública*, Bogota (Colômbia), 1992, livraria e editora Santos, 131p.
- OLIVEIRA, A.G.R.C. e DOMINGUES J.E.G. *Fluoretos em Odontologia* In: *Odontologia Preventiva e Social, textos selecionados*, Natal (RN): editora da Universidade Federal do Rio grande do Norte, 1997, capítulo 13 p. 154-190.
- OLIVEIRA, J.N. de; VEIGA, D.C.A. *Avaliação preliminar do impacto do crescimento do uso da água subterrânea na bacia do rio São José dos Dourados – SP*, FEIS, Ilha Solteira (SP). 2006. 6p.

- ORION. Orion Ionplus Fluoride Electrode, Instruction Manual, 45p.
- PINTO, V.G. *Odontologia social e preventiva*, Bogota (Colômbia), 1992, livraria e editora Santos, 415p.
- PIRES, L.D. et al. Determinação do índice de fluoreto, em águas de abastecimento público na cidade de Juiz de Fora (MG). *Higiene Alimentar*, volume 16, p.43 –50, 2002.
- RODRIGUEZ, J.P.L. et al. Fluorosis en dentición temporal en un área com hidrofluorosis endemica, *Salude Pública Méx.* vol. 42, nº 3, Mexico, 2000.
- RUBEL, F. Jr; WOOSLEY, R. D. The removal of excess fluoride from drinking water by actived alumina. In: *J. AWWA 1971*, p. 45-49.
- SALES-PERES, S.H.C., BASTOS, J.R.M. Perfil epidemiológico de cárie dentária em crianças de 12 anos de idade, residentes em cidades fluoretadas e não fluoretadas, na Região de Centro-Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, vol.18, nº 5, p.1281-1288. 2002.
- SÃO PAULO. *Coleta e conservação de amostras*, manual de padronização elaborado pelo Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado da Saúde (SP), 15p.
- SÃO PAULO. *Relatório referente à evolução do programa de vigilância da Qualidade da água para consumo humano – Proágua no Estado de São Paulo*, Centro de Vigilância Sanitária, São Paulo 1992, 54p.
- SÃO PAULO. *Resolução da Secretaria de Estado da Saúde SS-250* de 15 de agosto de 1995, São Paulo (SP).
- SÃO PAULO. *Resolução da Secretaria de Estado da Saúde SS-45* de 31 de janeiro de 1992. São Paulo (SP).
- SÃO PAULO. *Resolução da Secretaria de Estado da Saúde SS-65* de 12 de abril de 2005, São Paulo (SP).
- VILLENA, R.S., BORGES, D.G., CURY, J.A. Avaliação da concentração de flúor em águas minerais comercializadas no Brasil, *Revista de Saúde Pública*, Vol. 30, nº 6 São Paulo (SP), 1996.
- WORLD HEALTH ORGANIZACION. *Guidelines for Drinking Water*. 3p.
- YAGUINUMA, S. Fluoretação de águas de abastecimento: In: CETESB. *Técnica de abastecimento e tratamento de água*, volume 2, 3ª edição, São Paulo (SP): 1987, capítulo 26, p.309-317.

Anexo I - Quantidades de amostras encontradas em cada teor de 0,0 a 3,8mg/L em intervalos discretos de 0,1mg/L.

Tabela A1 – Valores de concentrações em mg/L de flúor encontradas nas 5.157 amostras.

Teor (mg/L)	Quantidades	Porcentuais	Teor (mg/L)	Quantidades	Porcentuais	Teor (mg/L)	Quantidades	Porcentuais
0,0	200	3,88	1,2	45	0,87	2,4	2	0,04
0,1	383	7,43	1,3	13	0,25	2,5	1	0,02
0,2	258	5,00	1,4	14	0,27	2,6	1	0,02
0,3	312	6,05	1,5	13	0,25	2,8	1	0,02
0,4	418	8,11	1,6	4	0,08	2,9	1	0,02
0,5	521	10,10	1,7	6	0,12	3,0	3	0,06
0,6	1089	21,12	1,8	3	0,06	3,1	1	0,02
0,7	798	15,47	1,9	1	0,02	3,4	1	0,02
0,8	610	11,83	2,0	3	0,06	3,7	1	0,02
0,9	215	4,17	2,1	3	0,06	3,8	1	0,02
1,0	158	3,06	2,2	2	0,04			
1,1	73	1,42	2,3	2	0,04	total	5.157	100,00

Anexo II – Quantidades de amostras de cloro residual livre segundo o padrão de atendimento, atende (A) ou não atende (NA), distribuídas por município para cada ano abrangido no trabalho

Tabela A2 - Quantidade de resultados obtidos de atendimentos ou não do teor de cloro residual

Município	2.001		2.002		2.003		2.004		2.005		TOTAL	
	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA
Alto Alegre	28	1	30	1	24	0	36	0	19	0	137	2
Andradina	64	9	102	4	93	19	96	13	57	1	412	46
Araçatuba	43	2	144	11	169	5	177	6	83	7	616	31
Auriflama	7	0	8	0	0	0	0	0	0	0	15	0
Avanhandava	12	0	6	0	0	0	30	0	0	0	48	0
Barbosa	2	21	7	19	0	30	11	13	9	3	29	86
Bento de Abreu	27	0	22	0	42	2	42	0	24	0	157	2
Bilac	0	17	22	21	40	6	35	1	12	8	109	53
Birigui	52	1	73	1	114	7	110	10	53	7	402	26
Brauna	0	12	6	6	0	0	3	6	0	0	9	24
Brejo Alegre	16	0	21	0	25	0	20	0	14	1	96	1
Buritama	17	1	30	4	31	2	32	4	21	0	131	11
Castilho	21	8	35	6	18	12	23	7	0	0	97	33
Clementina	14	5	31	3	47	2	36	0	7	0	135	10
Coroados	28	0	34	0	36	0	40	0	14	0	152	0
Gabriel Monteiro	22	1	27	0	36	2	29	1	22	0	136	4
Glicério	12	10	9	22	20	15	27	3	10	4	78	54
Guaraçai	41	1	36	0	25	0	35	0	20	0	157	1
Guararapes	29	5	60	1	60	0	72	0	30	0	251	6
Guzolândia	12	0	24	0	24	0	30	0	18	0	108	0
Ilha Solteira	46	1	45	0	55	0	48	2	25	0	219	3
Itapura	36	0	45	1	29	5	23	7	15	0	148	13
Lavínia	40	2	49	3	64	0	69	0	30	0	252	5
Lourdes	18	6	17	0	30	0	30	0	18	0	113	6
Luiziânia	6	0	5	1	12	0	4	0	0	0	27	1
Mirandópolis	14	14	42	6	47	6	65	5	35	0	203	31
Murut. do Sul	27	3	24	0	29	1	25	0	20	0	125	4
Nova Castilho	16	2	30	8	42	0	46	0	24	0	158	10
N. Independência	18	0	34	2	37	0	25	0	20	0	134	2
Nova Luzitânia	17	0	6	0	12	0	6	0	0	0	41	0
Penápolis	64	13	65	13	92	8	106	4	44	6	371	44
Pereira Barreto	9	10	33	16	52	2	34	11	16	9	144	48
Piacatu	27	2	27	1	30	0	23	2	9	1	116	6
Rubiácea	6	0	29	1	28	1	25	4	12	0	100	6
S.Ant. Aracanguá	14	16	34	5	48	5	43	5	27	3	166	34
Sant. do Aguapei	5	0	9	0	33	1	39	0	6	0	92	1
Sud Menucci	12	0	5	1	32	3	25	1	13	2	87	7
Suzanápolis	24	0	45	0	36	0	30	0	20	0	155	0
Turiuba	4	3	23	3	34	0	35	0	0	0	96	6
Valparaíso	4	1	30	0	34	0	43	0	21	0	132	1
Total	854	167	1324	160	1580	134	1628	105	768	52	6154	618