

José Magno Senra Fernandes

**DEFLUORETAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DO
MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO, MINAS GERAIS, 2005**

Tese apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal.

Área de Concentração: Medicina Veterinária Preventiva e Epidemiologia

Orientadora: Prof^a. Dra. Celina Maria Modena

Belo Horizonte
Escola de Veterinária da UFMG
2005

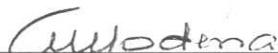
F363d Fernandes, José Magno Senra, 1940-
Defluoretação de água subterrânea do município de São Francisco,
Minas Gerais, 2005 / José Magno Senra Fernandes. – 2005.
74 p. : il.

Orientadora: Celina Maria Modena
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola
de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Água – Qualidade – Teses. 2. Água – Fluoretação – Teses.
3. Fluorose dentária – Teses. 4. Fluoretos – Teses. 5. Epidemiologia –
Teses. I. Modena, Celina Maria. II. Universidade Federal de Minas
Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 628.166 3

Tese defendida e aprovada em 25 de agosto de 2005, pela comissão examinadora constituída por:



Prof.^a Celina Maria Modena
(Orientadora)



Prof.^a Efigênia Ferreira e Ferreira



Prof. Elvio Carlos Moreira



Prof. Guilherme Fernandes Marques



Prof. Mauro Henrique Nogueira Guimarães de Abreu

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese de Doutorado:

- Aos membros da Classe Odontológica de Minas Gerais que, juntamente com a COPASA, contribuíram com o processo de fluoretação da água, que reduziu a cárie dentária, e conseqüentemente fez com que as pessoas que nasceram e viveram em comunidades com sistemas de fluoretação das águas de abastecimento, a partir do final do ano de 1975, apresentem dentes mais hígidos, tornando-se, portanto, pessoas mais saudias e com sorrisos mais bonitos.

- Aos professores do Curso de Pós – Graduação Doutorado em Ciência Animal- Medicina Veterinária Preventiva – Epidemiologia da Escola de Veterinária e ao Instituto de Geociências, ambos da UFMG, que contribuíram para o desenvolvimento desta tese.

AGRADECIMENTOS

Às professoras doutoras Celina Maria Modena, orientadora, Efigênia Ferreira e Ferreira, colaboradora na orientação, e Leila Nunes Menegasse pelo estímulo e incentivo na elaboração da tese.

Aos professores Élvio Carlos Moreira, Guilherme Fernandes Marques, Mauro Henrique Nogueira Guimarães de Abreu, José Ailton da Silva e Ronaldo Darwich Camilo pelas sugestões ao trabalho.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Doutorado em Ciência Animal - Medicina Veterinária Preventiva - Epidemiologia pelo que contribuíram para a minha formação nas disciplinas do doutorado e na convivência ao longo dos anos de estudo.

À COPASA, onde trabalhei por muitos anos, e que permitiu a realização desta pesquisa em seu laboratório central e, em especial, a Francisco de Oliveira Machado e Wolnei Figueiredo Ribeiro; e também ao distrito de São Francisco.

Ao Prefeito de São Francisco e aos profissionais da saúde e ação social dessa prefeitura pela receptividade e permissão dos trabalhos de campo.

Ao CEFET-MG que, de acordo com seus regulamentos, permitiu a minha dedicação à realização desta tese.

Ao colega químico Nelson Alves Góes pelas importantes contribuições ao trabalho e a todas as outras pessoas não mencionadas aqui, mas que agregaram informações à minha formação pessoal de maneira geral e ao trabalho de maneira particular.

À estagiária técnica química Nágela Patrícia Amaral Rocha que participou dos trabalhos realizados no laboratório central da COPASA e a maior parte da digitação.

À professora doutora Ana Nápoles Villela pela correção em língua portuguesa.

À Nádia Maria da Silva pela digitação e formatação final da tese para publicação.

Aos meus familiares pela tolerância e compreensão com o tempo gasto neste trabalho em detrimento do tempo que poderia estar dedicando-lhes.

EPÍGRAFE

“ Think globally, act locally.”

“ Pensar globalmente, agir localmente.”

Rene Jules Dubos (1901 - 1982)
Ambientalista

“ Mens Sana in corpore sano”.

“Mente sã num corpo sã.”

Juvenal - Poeta Romano

“For there never yet philosopher that could endure the toothache patiently...”

“por nunca ainda ter havido filósofo que pudesse suportar a dor de dente
pacientemente...”

Sheakespeare

“Much ado about nothing” - act V, scene I

“Muito barulho por nada” - ato V, cena I

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	16
2.1 A QUESTÃO DA EPIDEMIOLOGIA E DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA.....	16
2.2 A QUESTÃO DA SAÚDE E O FLUORETO.....	18
2.3 FLUOROSE ENDÊMICA	20
2.4 A QUESTÃO ECOLÓGICA E AMBIENTAL.....	20
2.5 A QUESTÃO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO.....	21
2.6 TECNOLOGIAS DE REDUÇÃO DO EXCESSO DE FLÚOR	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	25
3.2 COMUNIDADES ESTUDADAS NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO.....	27
3.3 PRODUTOS DEFLUORETADORES E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	29
3.4 METODOLOGIA	33
4 RESULTADOS E DISCUSÃO	35
4.1 EXPERIÊNCIAS REALIZADAS EM LABORATÓRIO.....	35
4.1.1 EXPERIÊNCIAS COM FARINHA DE OSSOS CALCINADOS.....	35
4.1.2 EXPERIÊNCIAS COM ALUMINA ATIVADA	48
4.1.3 EXPERIÊNCIAS COM RESINAS	51
4.1.4 EXPERIÊNCIAS COM SULFATO DE ALUMÍNIO.....	55
4.1.5 EXPERIÊNCIAS COM ZEÓLITA	59
4.1.6 EXPERIÊNCIAS COM SÍLICA CALCINADA.....	63
4.1.7 OUTRAS EXPERIÊNCIAS REALIZADAS.....	63
4.2 – EXPERIÊNCIAS DESENVOLVIDAS NO CAMPO.....	64
4.3 CONSIDERAÇÕES PERTINENTES AO TRABALHO.....	69
5 CONCLUSÕES.....	71
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico I - Comparativo do VMP Valor Máximo Permitido e da análise físico-química realizada nas amostras de Novo Horizonte e Vaqueta sem produtos defluoretadores	29
Gráfico II - Análise de teor residual de flúor - amostra de Novo Horizonte com produto defluoretador farinha de ossos calcinados (DF.1	37
Gráfico III - Análise de teor residual de flúor - amostra de Vaqueta com produto defluoretador farinha de ossos calcinados (DF.1.....	37
Gráfico IV - Análise físico química - produto alumina ativada (DF.2) amostra de Novo Horizonte	49
Gráfico V - Análise físico química - produto alumina ativada (DF.2) amostra de Vaqueta.....	51
Gráfico VI - Análise físico química produto resina aniônica (DF.3.1) e catiônica (DF.3.2) - amostra de Novo Horizonte	53
Gráfico VII - Análise físico química produto sulfato de alumínio (DF.4) tipo A e B em solução - amostra de Novo Horizonte	57
Gráfico VIII - Análise físico química produto sulfato de alumínio (DF.4) tipo SP em Pó - amostra de Novo Horizonte.....	59
Gráfico IX - Análise físico química - produto zeólita (DF.5) - Amostra de Novo Horizonte.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados físico químicos das águas das comunidades estudadas do município de São Francisco/ Minas Gerais	28
Tabela 2 - Análise Granulometrica do produto defluoretador alumina ativada	31
Tabela 3 - Especificações do produto sulfato de alumínio tipo SP-1 (DF.4)	32
Tabela 4 - Especificações do produto sulfato de alumínio tipo A - 111 (DF.4).....	32
Tabela 5 - Especificações do produto sulfato de alumínio tipo B - 444 (DF.4)	32
Tabela 6 – Jar Test utilizando ossos calcinados, amostras de Novo Horizonte.....	36
Tabela 7 – Jar Test utilizando ossos calcinados, amostra de Vaqueta	36
Tabela 8 - Teste com filtro piloto amostra de Vaqueta produto ossos	41
Tabela 9 - Teste com filtro piloto, amostra de Novo Horizonte.....	41
Tabela 10 - Análise granulometrica amostra 01 - DF.1.....	42
Tabela 11 - Análise granulometrica amostra 02 - DF 1.1	42
Tabela 12 - Análise granulometrica amostra 03 - DF 1.2	42
Tabela 13 - Resultados a partir da filtração de água com excesso de flúor por ossos calcinados e carvão ativado.....	45
Tabela 14 – Filtração de água com excesso de flúor com produto ossos calcinados em filtro decerâmica/ barro	47

Tabela 15 – Especificações de filtros a partir das normas técnicas da COPASA	47
Tabela 16 – Filtração de água com excesso de flúor por elemento filtrante composto de alumina ativada.....	48
Tabela 17 - Filtração de água com excesso de flúor em produto defluoretador alumina ativada em filtro de barro/cerâmica	49
Tabela 18 – Resultados de filtração por resina catiônica e aniônica com amostras de Novo Horizonte	53
Tabela 19 – Resultados da percolação de água das amostras de Novo Horizonte por resina mista	53
Tabela 20 - Resultados a partir de jar test com defluoretador sulfato de alumínio e filtração em cerâmica micro porosa amostra de Vaqueta	55
Tabela 21 - Resultados a partir de jar test com defluoretador sulfato de alumínio e filtração em cerâmica micro porosa amostra de Novo Horizonte	55
Tabela 22 - Análise físico química e resultados a partir da percolação de água com excesso de flúor por defluoretador zeólita	61
Tabela 23 – Percolação de água com excesso de flúor por coluna de defluoretador sílica calcinada amostras de Vaqueta e Novo Horizonte	63
Tabela 24 - Resultados a partir de tempo de contato com defluoretador amina.....	63
Tabela 25 – Resultados de jar test com defluoretador cloreto férrico com amostras de Vaqueta e Novo Horizonte	64
Tabela 26 - Localidade sem levantamento clínico-epidemiológico cujos poços apresentam teores acima de 0,8mg/L	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município de São Francisco em Minas Gerais e no Brasil	25
Figura 2 – Equipamentos utilizados nas análises	33
Figura 3 - Equipamento para Teste do Jarro	37
Figura 4 - Dispositivo filtro piloto	39
Figura 5 - Filtro piloto com fechamento parcial	43
Figura 6 - Dispositivo filtro ravena	45
Figura 7 - Filtro de barro/ cerâmica	45
Figura 8 – Experiência com sulfato de alumínio	57
Figura 9 – Dispositivos de filtro	65
Figura 10 – Reunião com líderes comunitários	69

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANA** - Agência Nacional de Águas
- ANVISA** - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- CODEVASF** - Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
- COPASA** - Companhia de Saneamento de Minas Gerais
- CU** - Coeficiente de Uniformidade
- DST** - Doenças Sexualmente Transmissíveis
- EIA** - Estudo de Impactos Ambiental
- ETA** - Estação de Tratamento de Água
- EPA** - Environmental Protection Agency
- FEP/ MVZ** - Fundação de Estudos e Pesquisas em Medicina Veterinária e Zootecnia
- FSESP** - Fundação de Serviços Especiais de Saúde Pública
- FUNASA** - Fundação Nacional de Saúde
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
- IEA** - Associação Internacional de Epidemiologia
- ISO** - International Standards Organization
- MAPA** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- NC** - Não Consta na Portaria
- ND** - Não Detectado
- NM** - Não Medido
- OMS** - Organização Mundial de Saúde
- PC** - Programas Coletivos
- RIMA** - Relatório de Impactos Ambientais
- SUS** - Sistema Único de Saúde
- SVS** - Secretaria de Vigilância em Saúde
- TE** - Tamanho Efetivo
- UFMG** - Universidade Federal de Minas Gerais
- VMP** - Valor Máximo Permitido

RESUMO

O objetivo desta tese foi propor alternativas de defluoretação de água, por meio de testes em laboratório e campo, usando produtos existentes no mercado brasileiro. No município de São Francisco, Minas Gerais (MG), Brasil, um projeto interdisciplinar envolvendo estudos geológico, hidrogeológico e epidemiológico relativos à ocorrência de Fluorose dentária fora executado pelo Instituto de Geociências e pela Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). No município, 13 comunidades rurais abastecidas com águas de poços profundos possuem teores naturais de fluoretos superiores a 0,8mg/L até a concentração de 5,6mg/L. Foi analisada a Fluorose dentária nas comunidades de Alto São João, Mocambo, Novo Horizonte e Vaqueta. Neste trabalho buscou-se desenvolver tecnologia econômica de defluoretação que pudesse ser usada em domicílios, pela própria comunidade, ou pelas agências de saneamento básico em sistemas coletivos de abastecimento da água. Testaram-se, em laboratório, os seguintes produtos: ossos calcinados (similar à apatita), alumina ativada, resina de troca iônica, sulfato de alumínio, zeólita, sílica calcinada, entre outros, e suas variações. Experimentaram-se duas metodologias: uma envolveu adição, agitação, decantação e filtração dos produtos, e a outra, a percolação da água através de camadas do produto defluoretador. Analisaram-se as alterações causadas na água por esses produtos em função das exigências da portaria n.º 518 de 25.03.2004 do Ministério da Saúde. No campo, experimentaram-se 4 tipos de dispositivos domiciliares. Os produtos mostraram capacidade de defluoretação, possibilitando o seu uso em determinadas condições. A farinha de ossos calcinados foi o produto de menor custo. Apresentaram-se dados que podem ser usados em projeto, construção, operação e manutenção de sistemas de defluoretação, cuja tecnologia é similar à do tratamento convencional, sendo extensiva a águas superficial ou profunda. Devido às exigências dos padrões de qualidade de água, os responsáveis por sistemas de abastecimento de água devem ter capacidade técnica compatível com tais exigências e serem apoiados pelos órgãos estaduais e federal. Evidenciou-se que, para a eficácia do processo de defluoretação, devem ser controladas as interferências nos outros parâmetros de qualidade da água.

Palavras-chave: epidemiologia, abastecimento d'água, flúor. fluoreto, Fluorose, técnicas de defluoretação.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to propose alternatives of water defluoridation, through both laboratory and field tests, using products found in the Brazilian market. In São Francisco municipality, Minas Gerais state, Brazil, an interdisciplinary project involving geological, hidrogeological and epidemiological studies on dental fluorosis was conducted by the Geoscience Institute and Odontology Faculty of Federal University of Minas Gerais (UFMG). The level of fluorine content in the well water supplied to 13 rural communities varies from over 0.8ppm to 5.6ppm. Dental fluorosis was analyzed in four communities: Alto São João, Mocambo, Novo Horizonte and Vaqueta. This work investigated low cost defluoridation technologies for domestic use, by community, or by water supply agencies, in collective system. These products have been tested in laboratory: bone char (similar to apatita), activated alumina, ionic exchange resin, alumen, zeolite, activated silica, among others, and their variations. Two methodologies have been tried out: one involved addition, agitation, settling and filtration of products and the other used water percolation through medium of defluoridation products. Changes in the water due to the use of products were analyzed, focusing on the requirements of the water quality guidelines published by the Ministry of Health on March 25th, 2004 (regulation number 518). Four domestics devices have been tested in the field. The defluoridation capacity of products were shown in certain conditions making their use possible. The bone char was the lowest cost product. Data presented can be applied in project, construction, operation and maintenance of defluoridation plants, which technology is similar to the common water treatment processes, may be used to both, ground and surface water. Due to the water quality standards established, the drinking water supply authorities need to have appropriate technical capacity, and to be supported by state and federal agencies. The interference on others parameters of water quality should be controlled for the efficiency of defluoridation.

key words: epidemiology, water supplies, fluoride, fluorine, fluorosis, defluoridation techniques.

1 INTRODUÇÃO

Desde priscas eras, o ser humano, para entender o mundo e a natureza, identifica como elementos formadores a terra - substâncias sólidas, o ar - substâncias gasosas, a água - substâncias líquidas e o fogo - energia que faz as transformações. Em termos de massa constituinte, os organismos vivos contém mais água do que sólidos e utilizam o oxigênio da camada atmosférica para os processos metabólicos energéticos necessários para sua sobrevivência. A água é também a substância que mais é renovada no organismo em suas trocas com o meio ambiente. No meio ambiente, a água e as demais substâncias da natureza estão em constantes movimentos e trocas químicas, formando os chamados ciclos biogeoquímicos mantidos em razão da energia que flui em suas diversas formas. Inseridos nestes ciclos, os seres vivos fazem o intercâmbio dos elementos necessários à sobrevivência, sendo a água a de maior massa. Assim as características desta água que entra em contato com os seres é fundamental para sua saúde e bem-estar, podendo promovê-los ou prejudicá-los se contiver elementos nocivos ou organismos patogênicos.

As águas naturais, ao longo dos séculos, eram em geral adequadas aos usos dos seres humanos. Com a formação das cidades, passou-se a buscar meios de abastecê-las, seja por meio de poços rasos, seja por meio de captação de nascentes e cursos de água, com o transporte através dos aquedutos. Contudo, com o desenvolvimento das populações e as concentrações humanas e de seus dejetos, os problemas de qualidade das águas passaram a ter importância. A partir desta realidade, a escolha e o tratamento dos mananciais passou a ser estudado pelas comunidades tornando os sistemas de abastecimento de águas cada vez mais complexos e onerosos. As águas podem conter sólidos em suspensão tornando-as turvas e com mau aspecto, podem conter elementos químicos úteis ou prejudiciais à

saúde, e também conter organismos vivos inócuos ou patogênicos. Por isto, atualmente, a água a ser distribuída às populações humanas ou animais devem atender a requisitos de qualidade físicas, químicas, biológicas e organolépticas.

Dentre os componentes químicos da água, encontram-se sais minerais em soluções iônicas que, dentro dos organismos, realizam trocas com os líquidos internos, seja nos vasos sanguíneos, seja nas células ou no exterior delas, nos fluidos extracelulares. Normalmente, a água contém fluoretos entre outras tantas substâncias, que, em concentração adequada, é necessário aos processos vitais. Recomenda-se que uma água que contenha concentrações inferiores ao desejável deva ser fluoretada, e, se possuir teores em excesso, deva ser defluoretada. Esta recomendação foi aprovada por organismos internacionais após estudos, durante décadas, que comprovaram que fluoretos em quantidades ótimas reduzem a cárie dentária e fortalecem o sistema ósseo sem causar a doença Fluorose. A fluorose mancha os dentes ou os desgastam quando o fluoreto é consumido em concentrações elevadas. Muitos países passaram a utilizar o controle e o monitoramento do fluoreto em seus sistemas de abastecimento de águas.

No Brasil, já se pratica a fluoretação das águas há cerca de 50 anos, mas somente a partir da década de 1990 passou-se a notificar água com excesso de flúor em poços profundos, devido à constatação de graves problemas de deformações dentárias na população usuária. Estes fatos aconteceram em locais onde as águas superficiais não se prestam ao abastecimento e então utilizou-se a perfuração de poços profundos cuja água foi distribuída sem tratamento. Em Minas Gerais, no município de São Francisco, região de limitada disponibilidade de mananciais superficiais de água do norte do Estado, um estudo interdisciplinar notificou as elevadas concentrações de fluoretos nos aquíferos subterrâneos, em várias comunidades da área rural do município, e a

ocorrência da doença fluorose dentária na população que utilizou a água no período de formação da dentição. Trata-se de comunidades de baixa renda, sem recursos humanos e técnicos para a solução dos problemas. Situação semelhante foi observada em outros locais do Brasil e em outros países da África e da Ásia.

Neste trabalho, a partir do diagnóstico feito, são analisadas e testadas propostas para solução do problema de redução de flúor onde o residual for excessivo. Com isto, espera-se contribuir com alternativas de tratamento doméstico ou coletivo de redução da concentração de fluoretos nas águas de abastecimento, em poços profundos ou mesmo em águas superficiais. Vários produtos foram experimentados e suas influências na água foram relatadas em função das normas que regulamentam a qualidade da água potável. A tecnologia proposta utilizou produtos e dispositivos econômicos existentes no mercado, adaptando-os para serem usados em domicílios ou serem incorporados a um sistema de tratamento coletivo de poço profundo ou de água superficial, como se faz no tratamento convencional das águas. Para informar fatos de maneira mais real possível nomes e endereços de fabricante e fornecedores e outros foram relatados, porém sem nenhum caráter de promovê-los, recomendá-los ou depreciá-los.

O objetivo geral desta tese foi propor alternativas de controle e redução do teor de fluoretos nos poços de água subterrânea onde há excesso. Como objetivos específicos podem-se listar: (a) pesquisar em laboratório produtos disponíveis no mercado brasileiro que possam ser usados como defluoretadores; (b) testar, em campo, unidades de tratamento doméstico que reduzem o teor de fluoretos; (c) propor alternativas de saneamento para locais onde ocorre o problema de excesso de fluoretos; (d) propor elementos que permitam às agências de abastecimento elaborar projetos e construir sistemas que reduzam os teores de flúor. Além disto, alerta-se sobre a necessidade de se ter um sistema de treinamento, acompanhamento e permanente monitoramento das ações de saneamento básico.

2 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

2.1 A questão da Epidemiologia e da Vigilância Sanitária

Epidemiologia é definida pela Associação Internacional de Epidemiologia - IEA - como "o estudo dos fatores que determinam a freqüência e a distribuição das doenças nas coletividades humanas". Em seu atual estágio de desenvolvimento e complexidade pode-se conceituá-la como ciência que estuda o processo saúde-doença na sociedade, analisando a distribuição populacional e os fatores determinantes das enfermidades, danos à saúde e eventos associados à saúde coletiva, propondo medidas específicas de prevenção, controle ou erradicação de doenças e fornecendo indicadores que sirvam de suporte ao planejamento, administração e avaliação das ações de saúde (Forattini, 1980).

A vigilância epidemiológica tem como propósito fornecer orientação técnica permanente para os profissionais de saúde que têm a responsabilidade de decidir sobre a execução de ações de controle de doenças e agravos, tornando disponíveis, para este fim, informações atualizadas sobre a ocorrência dessas doenças e agravos, bem como dos fatores que os condicionam, numa área geográfica ou população definida (Waldman, 1991). Subsidiariamente, a vigilância epidemiológica constitui importante instrumento para o planejamento, a organização e a operacionalização dos serviços de saúde, como também para a normatização de atividades técnicas correlatas (Objetivos..., 1993).

A operacionalização da vigilância epidemiológica compreende um ciclo de funções específicas e intercomplementares, desenvolvidas de modo contínuo, permitindo conhecer, a cada momento, o comportamento da doença ou agravo selecionado como alvo das ações, para que medidas de intervenção pertinentes possam ser desencadeadas com oportunidade e eficácia. São funções da vigilância epidemiológica:

- coleta de dados;
- processamento de dados coletados;
- análise e interpretação dos dados processados;
- recomendação das medidas de controle apropriadas;
- promoção das ações de controle indicadas;
- avaliação da eficácia e efetividade das medidas adotadas;
- divulgação de informações pertinentes.

Dentre as características dos sistemas de vigilância epidemiológica, deve-se destacar o permanente acompanhamento do desenvolvimento científico e tecnológico por meio da articulação com a sociedade científica com formação de comitês técnicos assessores. Essa articulação é muito importante pois possibilita a atualização dinâmica das suas práticas por meio da incorporação de novas metodologias de trabalho, do aprimoramento das estratégias operacionais de controle e da incorporação dos avanços científicos e tecnológicos de prevenção (Fossaert et al., 1974; Guia..., 1998).

Como as populações humanas estão inseridas nos ecossistemas ambientais, os estudos epidemiológicos estendem-se aos demais seres da biosfera e interagem com outras áreas do conhecimento científico tais como ciências veterinárias, agrárias, biológicas, bioestatística, administrativas, econômicas, humanas e sociais (Rouquayrol e Almeida Filho, 1992).

A questão da gestão dos programas epidemiológicos envolve ações de planejamento, coordenação, organização, mobilização e controle visando à eficácia dos resultados (Guia..., 1998). Esse sistema deve ser implantado pelos poderes públicos e permanecer fornecendo uma série estatística histórica que monitore e controle os resultados para sempre (Maletta, 2000).

No Brasil, a atenção à saúde da população é gerida por um sistema complexo, envolvendo o Ministério da Saúde como órgão central responsável pela política nacional de saúde e pela coordenação e fiscalização do Sistema Único da Saúde -

SUS. Este órgão tem seus serviços administrados pelos governos federal, estaduais e municipais e por organizações cujo objetivo é garantir a prestação de serviços a qualquer cidadão (Brasil, 1990). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA - autarquia vinculada ao ministério, tem, entre suas atribuições, o controle dos produtos lançados no mercado. Destacam-se, na estrutura do sistema o Conselho Nacional de Saúde, o Conselho de saúde complementar, a Secretaria de vigilância em saúde e, como órgãos vinculados a Agência Nacional de saúde Complementar, a Fundação Nacional de Saúde- FUNASA e a Fundação Oswaldo Cruz. Existem, ainda, planos privados de saúde coletiva, os hospitais privados e o atendimento particular por médicos, odontólogos, psicólogos e outros. A criação da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), teve como objetivo fortalecer e ampliar as ações de Vigilância Epidemiológica, em substituição ao Centro Nacional de Epidemiologia, da Fundação Nacional de Saúde. Essa Secretaria pretende desenvolver atividades relacionadas ao combate de doenças transmitidas por vetores, ao Programa Nacional de Imunização, à prevenção e controle de doenças imunopreveníveis, ao controle de zoonoses e a vigilância de doenças emergentes além de doenças antes de responsabilidade de outras áreas, como a tuberculose, hanseníase, hepatites virais, DST e Aids. Além disso, a SVS também passa a coordenar as ações do Sistema Único de Saúde na área de Vigilância Ambiental e de Vigilância de Agravos de Doenças não Transmissíveis e seus fatores de risco. Dados epidemiológicos permitem análise da situação de saúde, assim como, o monitoramento de indicadores sanitários do País, facilitando o planejamento e definição de políticas e a avaliação do impacto dos programas de saúde (Minayo e Miranda, 2002).

A lei n.º 6.050 de 24 de maio de 1974, o decreto n.º 76.872 25 de dezembro de 1975 e a portaria n.º 635/BSB de 26 de dezembro de 1975 dispõem sobre a fluoretação da água em sistemas de abastecimento e aprova normas e padrões sobre fluoretação

da água (Brasil, 1974-1975-1975). Porém a portaria n.º 22 de 20 de dezembro de 1989 – Fluoretação de dentifrícios e enxaguatórios bucais no Brasil, estabelece as condições para os enxaguatórios bucais e dentifrícios com flúor sem considerar que esses produtos seriam distribuídos e comercializados em cidades já com fluoretação das águas (Brasil, 1989). É necessário que esses dois sistemas de prevenção da cárie dental sejam analisados e ajustados a fim de se evitar o possível efeito sinérgico e a ocorrência de fluorose principalmente na população desde o nascimento até a formação da dentição permanente. No Projeto Saúde Bucal Brasil - Condições de saúde bucal da população brasileira 2002 – 2003, na parte referente à cárie dentária, relata-se que crianças de 12 anos de idade e adolescentes de 15 a 19 anos apresentam médias de 2,8 e 6,2 dentes com experiências de cárie dentária respectivamente. As regiões sul (2,31; 5,77) e sudeste (2,30; 5,94) apresentam os menores índices enquanto médias mais elevadas foram encontradas nas regiões nordeste (3,19; 6,34), norte (3,13; 6,14) e centro oeste (3,16; 6,97). Esses resultados apontam para uma possível relação entre locais com água fluoretada e menor índice de cárie (regiões sul e sudeste). Contudo, na análise de fluorose, a prevalência foi de cerca de 9% em crianças de 12 anos e de 5% em adolescentes de 15 a 19 anos no Brasil. Para a idade de 12 anos os maiores índices foram nas regiões sul e sudeste da ordem de 12% enquanto os menores nas regiões centro oeste e nordeste de ordem de 4% (Projeto..., 2004). Isso mostra que, embora a redução dos índices de cárie dental sejam maiores nas regiões sul e sudeste, trabalhos deverão ser realizados sobre o possível aumento da ocorrência de fluorose.

Em pequenas quantidades os fluoretos são uma necessidade vital para seres humanos e animais. O flúor é uma parte componente de ossos e dentes. Águas superficiais contêm, em geral, quantidades insignificantes de flúor inferiores a 0,4mg/L, e, eventualmente, águas de subsolo dos poços profundos e de algumas fontes podem conter doses elevadas de flúor,

podendo chegar a mais de 10mg/L. Águas contendo doses elevadas de flúor deverão ser defluoretadas, e, ao contrário, águas pobres em flúor deverão ser fluoretadas (Voznaya, 1983. Em Minas Gerais, a concentração recomendada situa-se entre 0,6 e 0,8mg/L, conforme instruções da portaria n.º 635/Bsb do Ministério da Saúde (Brasil, 1975).

2.2 A questão da saúde e o fluoreto

A história do flúor nas águas de abastecimento é um dos exemplos mais marcantes que a ciência epidemiológica pôde realizar em benefício para a humanidade (McClure, 1970). Inicia-se com a constatação de uma deformidade nos dentes, uma doença na qual se procura a provável causa (Eager, 1901) para, ao longo de quarenta anos, ir acumulando evidências de que o causador daquela deformidade, se adequadamente controlado, pode causar um benefício à comunidade (Dean e McKay, 1938). Essa condição patológica dos dentes, conhecida inicialmente como *denti di chiaie*, pelos italianos, *mottled enamel*, nos países de língua inglesa, *diente veteados* em espanhol, *le darmous* em francês e *dentes mosqueados* ou *esmalte manchado* em português era uma fluorose dentária endêmica crônica causada por excesso de ingestão de altas doses de fluoretos durante longos períodos de tempo. Tal fluorose tem sido caracterizada, nos casos brandos, por estrias esbranquiçadas do esmalte que, nos casos severos, podem-se transformar em manchas marrom escuras, acompanhadas de reentrâncias e acentuadas hipoplasia dos dentes, a ponto de desfigurá-los completamente (Gomes, 1971). Estudos sobre a fluorose indicaram também uma clara correlação negativa entre incidência de cárie dentária e presença de flúor nas águas de abastecimento. Daí partiu-se para a determinação da quantidade de flúor que reduzisse a cárie dentária sem causar a fluorose. A sua viabilidade foi constatada pela técnica de colocação artificial do flúor em sistemas de abastecimento, comprovando a efetividade do processo (Maier, 1963; Maier, 1971). A partir daí, um amplo programa foi desenvolvido pelos órgãos internacionais

como Organização Pan-americana da Saúde-OPS e Organização Mundial da Saúde-OMS para a divulgação dos processos de aplicação de flúor por meio das águas de abastecimento (Manual..., 1975; Recomendaciones..., 1997), do sal caseiro-NaCl (Fluoracion..., 1976), diretamente pelos profissionais (Salud..., 1997), entre outros.

Gomes (1971) relata que o íon flúor contido na água é em parte absorvido pelo organismo e em parte excretado pela urina e fezes. O total absorvido pode se depositar nos ossos e outros órgãos ou ser conduzido pelos fluidos corpóreos. A parte que se encaminha para os fluidos bucais (saliva e fluidos gengivais) será importante no controle da cárie dentária. Sua presença no momento de um ataque cariogênico será fundamental no controle da desmineralização do esmalte e portanto, no controle da cárie dentária (Fejerskov et al., 1994).

Confirmado o potencial terapêutico do flúor, novos métodos foram sendo estudados e podem ser agrupados em dois tipos: sistêmicos e tópicos (Cury, 1989). O método sistêmico, como a água de abastecimento e o sal fluoretados, envolve ingestão do flúor e sua eliminação/absorção pelo organismo. Os métodos tópicos baseiam-se em outro mecanismo já que o processo se concentra na cavidade bucal, através da reação do flúor com outros íons presentes nos dentes, placa e saliva e a conseqüente formação de reserva de flúor, como o fluoretos de cálcio. Essa reserva será acionada, também, no momento de um ataque cariogênico. Entre os vários métodos tópicos de aplicação de flúor, podemos ter as soluções fluoretadas, os cremes dentais, dentre outros, inclusive a água, na sua passagem pela cavidade bucal (Thylstrup e Fejerskov, 1978). Os ótimos resultados observados no padrão e prevalência da cárie dentária no mundo (McClure, 1962; Thylstrup e Fejerscov, 1978) e no Brasil (Grimplastch, 1973; Von Sperling et al., 1973; Viegas e Viegas, 1974) motivaram os países a disponibilizar as várias formas de utilização do flúor para a população, existindo, algumas vezes, a sobreposição ou mesmo o uso em excesso

de vários métodos.

Vários autores criaram métodos de controle da fluorose bucal, sendo os mais conhecidos e empregados o índice de DEAN, o índice TF (Thylstrup e Fejerskov, 1978), o índice TSIF (Horowitz et al., 1984; Horowitz, 1986). Esses índices foram objeto de análise e revisões por Clarkson (1989), Clarkson et al.(1989), Fejerskov et al. (1994) e vários outros autores.

No Brasil, o Ministério da Saúde, por meio da Fundação Serviços Especiais de Saúde Pública – FSESP, iniciou, na década de 1950, os processos de fluoretação nos sistemas de abastecimento de água (Von Sperling et al., 1973; Grimplastch, 1973). Viegas e Viegas (1974) publicaram os resultados de dez anos de aplicação, na cidade de Campinas- São Paulo e Fernandes (2000), em Belo Horizonte, após 25 anos do programa mostrou reduções de CPOd de cerca de 60% e economia em gastos com tratamento de 43 milhões de reais.

A partir do final da década de 1980, os fabricantes de creme dental lançaram no mercado brasileiro os dentifrícios fluoretados indiscriminadamente nas comunidades com sistemas fluoretados e não fluoretados. Em 1989, através da Portaria 22, o Serviço Nacional de Vigilância Sanitária estabeleceu que todo dentifrício com flúor deveria conter entre 600 a 1000 ppm F e esse fato tem sido utilizado como item de competição entre as diversas marcas disponíveis no mercado, de tal maneira que é quase impossível conseguir um dentifrício sem flúor no comércio (Brasil, 1989). Embora o creme dental com flúor seja considerado método tópico, estudos demonstram que as crianças ingerem quantidades significativas do produto, que, eventualmente, pode provocar o incremento da fluorose, sobretudo se a água de abastecimento já é fluoretada (Paiva et al., 2003).

Através da inclusão da tabela de Procedimentos Odontológicos, na Tabela do Sistema de Informação Ambulatorial do SUS, criam-se os Programas Coletivos

(PC), como mais uma alternativa para melhorar os índices de saúde bucal e diminuir a demanda por tratamento restaurador. Estes programas poderiam ser do tipo 1, 2 ou 3, dependendo da maior ou menor complexidade dos procedimentos e incluíam, sempre, pelo menos um método tópico de aplicação de flúor (Brasil, 1990). O hábito da escovação, difundido pelos programas coletivos, parece estar ampliando a utilização dos dentífricos com flúor, constituindo-se em mais uma fonte de flúor para toda a população, inclusive crianças na faixa etária de risco (0-6 anos). Nesses casos, o risco de intoxicação crônica pode ser uma ameaça para a saúde da população infantil.

No município de São Francisco, especificamente nas comunidades rurais, todas essas considerações devem ser acrescidas do excesso de flúor natural presente na água de abastecimento. Conclui-se daí que, antes de qualquer medida de ação coletiva, normalmente recomendadas no controle da fluorose, faz-se necessário o estudo da qualidade da água disponibilizada à população, das alternativas para captação dessa água e das medidas necessárias para o controle do teor de flúor presente, já constatado como excessivo.

2.3 Fluorose endêmica

Em geral os problemas bucais envolvem a cárie dentária, as doenças gengivais, as deformações estruturais e má oclusão, o câncer bucal, outras doenças infecto-contagiosas e ainda a fluorose endêmica (Marcos, 1984). Os seres humanos convivem com a fluorose endêmica desde priscas eras, evidenciada em dentes com manchas escuras e desfiguradas em crânios encontrados com milhares de anos de idade. Sua ocorrência é mundial o que a torna um problema de interesse internacional (Fejerskov et al., 1994). Já foi notificada e estudada nos Estados Unidos, Argentina, Canadá, Alemanha, Inglaterra, Irlanda, Itália, Rússia, China, Índia, Japão, Sri Lanka, África do Sul e em outros países. Sua correlação com águas que percolam rochas onde ocorrem os minerais

compostos de flúor já foi comprovada, e como o flúor é o 13º elemento mais abundante na crosta terrestre (Maier, 1963), supõe-se que o problema deve ocorrer em outros locais ainda não notificados. No Brasil, a fluorose foi notificada em regiões de Minas Gerais, Paraná e São Paulo. Em cidades brasileiras onde há água de abastecimento fluoretada e também venda de cremes dentais fluoretados tem sido notificado o aumento da ocorrência da fluorose (Ferreira, 2000; Paiva et al., 2003).

Embora não seja uma endemia fatal, podem-se constatar os prejuízos econômicos, sociais e também à saúde da população afetada e que não podem ser desprezados. Os modernos conceitos de bem-estar e os programas de promoção à saúde devem considerar todos os fatores sócio-ambientais que possam prejudicar a sociedade e buscar soluções que previnam as condições de risco, seja nos domicílios, no comércio, na indústria, no lazer ou no campo.

2.4 A questão ecológica e ambiental

Podemos identificar a década de 1960, como sendo a época do aparecimento em várias partes do mundo de um recrudescimento da visão crítica contra os efeitos do "progresso" humano e suas conseqüências. A guerra fria e a iminência de uma outra Guerra Mundial, com explosões atômicas, o crescente aumento de poluição de rios do solo e da atmosfera em centros industriais, o consumo dos combustíveis fósseis e o aumento da temperatura média do globo, as falhas na camada de ozônio, a explosão demográfica e o desenvolvimento da pílula anticoncepcional, enfim problemas de ameaças à homeostase da biosfera levaram os governos e muitas organizações não governamentais a exigirem uma nova postura para tratar das atividades industriais e das políticas de desenvolvimento. Essa corrente de pensamento gerou a primeira grande conferência sobre meio ambiente que se realizou em 1972, na cidade de Estocolmo, influenciando de maneira radical a ação dos países em suas atividades produtivas e em suas relações

internacionais (Problema ..., 1984). A partir daí, a questão ecológica e ambiental passou a influenciar todas as ações humanas em todos os campos do conhecimento. Na epidemiologia a teoria ecológica introduziu o triângulo agente, hospedeiro e meio ambiente em uma rede de interações envolvendo os ecossistemas dentro da abordagem dos sistemas abertos.

A segunda conferência sobre meio ambiente mundial realizada em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, aprofundou os estudos ecológicos dando-lhes um caráter mais científico e procurando estabelecer metas a serem alcançadas pelos países visando preservar a natureza para as futuras gerações. Está evidente que qualquer atividade que possa causar efeitos significativos no meio ambiente deve ser precedida de Estudos prévios de Impacto Ambiental - EIA, apresentados segundo a legislação ambiental já existente em nosso país, em Relatório de Impacto no Meio Ambiente - RIMA. A partir de 1992, realizaram-se conferências setoriais a cada 5 anos, em Kyoto, Japão, em 1997 e Joanesburgo, África do Sul, em 2002. O uso de flúor nas águas de abastecimento e nos outros processos conhecidos foi objeto de estudos aos órgãos ambientais e da saúde dos Estados Unidos (Report ..., 1991; Revision ..., 1991). A análise dos impactos ambientais dos produtos fluoretantes deve ser objeto de estudos dos órgãos envolvidos no programa.

A ação interdisciplinar da área de geologia, da área de recursos hídricos e da área de controle ambiental é necessária para caracterizar as regiões onde tais problemas ocorrem. A conjugação de esforços entre profissionais de várias especialidades é condição para o sucesso de grupos criativos (De Masi, 1999) em trabalhos realizados com pesquisas tecnológicas (Vargas, 1985).

2.5 A questão da água de abastecimento público

A água é a substância mais abundante na natureza e é considerada como origem e mantenedora da vida. Historicamente, as aglomerações humanas desenvolveram-se

ao longo dos cursos de água, estando a eles vinculados tais como os Egípcios e o rio Nilo, Assírios e Caldeus e os rios Tigre e Eufrates, os Hebreus e o rio Jordão. Dentro do ciclo biogeoquímico da água na natureza, devem-se considerar os diversos sistemas de utilização da água pelas comunidades, a saber: abastecimento, crenologia (água mineral usada como medicamento), recreação e lazer, esgotamento sanitário e pluvial, irrigação, dessedentação de animais, drenagem, controle de cheias, geração de energia, piscicultura, navegação.

O aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos e a sua interdependência levaram os países desenvolvidos e, mais recentemente, o Brasil a criarem uma legislação específica para o gerenciamento dos recursos hídricos. Em nosso país, a Lei Federal n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997 institui a política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e a Lei Federal n.º 9.984 de 17 de junho de 2000 dispõe sobre a criação da ANA – Agência Nacional das Águas: gestora do sistema. Assim na estrutura governamental executiva temos:

- O Sistema Nacional de Recursos Hídricos do Ministério do Meio ambiente e a ANA – Agência Nacional do Meio Ambiente que prevê os comitês executivos das bacias hidrográficas federais e estaduais.

- As ações de abastecimento de água e esgotamento sanitário das cidades pertencentes ao saneamento básico que são vinculados ao Ministério das Cidades que coordena as ações das Companhias Estaduais de Saneamento e as demais municipalidades.

- A área rural é competência do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

- As questões de saúde são normalizadas pelo Ministério de Saúde.

- As águas minerais têm legislação própria, são vinculadas ao Ministério de Minas e

Energia.

O homem, desde os primórdios de civilização, vem se preocupando com as influências que o meio ambiente exerce sobre sua saúde, com ênfase na água. Como se sabe, a água, substância indispensável para vida, pode ser também suporte de disseminação de doenças que são, por isso mesmo, denominadas de veiculação hídrica. Com a evolução das populações nas cidades e os problemas decorrentes da poluição hídrica, a partir do século XIX, passou-se ao tratamento das águas para abastecimento e, posteriormente, das águas servidas antes de serem devolvidas à natureza. Os padrões de potabilidade da água: (requisitos físicos, químicos e biológicos que a água a ser distribuída à população deve conter) são objeto de legislação específica por parte do Ministério da Saúde.

Na evolução das ciências ligadas ao saneamento, ficou patenteada a necessidade de, por meio da água de consumo, criar benefícios para a saúde da população. É o caso típico da fluoretação da água de abastecimento que contribui para minimizar a incidência da cárie dental, epidemia que chegou a afetar mais de 98% da população brasileira. Valencia (1973) e Mcghee (s.d.), entre muitos autores, incluem a fluoretação da água como parte integrante dos processos de tratamento. No Brasil, a água para ser distribuída à população deve atender aos requisitos dos padrões de potabilidade definidos pela Portaria nº 518/GM de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004).

Nunes (1998) considera a água como nutriente essencial mais importante para os animais, depois do oxigênio. Ela constitui a massa maior de todos os seres vivos variando de aproximadamente 50% até mais de 99% em alguns organismos aquáticos. Numa pessoa adulta de 70 Kg, cerca de sessenta por cento (60%) de seu peso é formado de água, sendo que 27 litros são intracelulares. Os outros 15 litros são extracelulares podendo compor o plasma nos vasos e a outra parte é extravascular ou intersticial. O fluido extracelular

permanece em constantes trocas como meio ambiente, sofrendo modificações em água, eletrólitos e na sua osmolaridade. Consequentemente, há outras trocas internas com a água intracelular e a do plasma. Os fatores que influenciam a secreção de vasopressina (hormônio antidiurético) e a origem da sede são a osmolaridade, o volume plasmático e o conteúdo de sódio, incluindo ainda a glicose. A água é também o nutriente de maior reciclagem nos organismos vivos, daí a importância de ela ter características adequadas à saúde e bem estar de homens e animais. Para Naylor e Ralston (1991) a água é um dos nutrientes essenciais mais importantes. Sem água de boa qualidade, a saúde e a produção animal declina rapidamente. Para os animais, a água considerada adequada deve conter menos de 1000 ppm de sólidos totais dissolvidos, até 2000 ppm se considera o uso satisfatório, entre 2000 e 10000 ppm pode ocorrer problemas e acima de 10000 ppm é perigosa e deve ser evitada. Quanto ao flúor, foi recomendado pelo Conselho Nacional de Pesquisa- CNR do U.S.A. o valor de 2 ppm. Os contaminantes microbiológicos devem ser evitados, sendo tolerados até 50 coliformes por 100 mL em alguns países.

Entre os muitos elementos contidos nas coleções de águas no ambiente, o flúor foi um dos mais estudados. Isso se deve ao fato de que, durante muitos anos, vêm-se desenvolvendo pesquisas que confirmam fluorose dental com redução da cárie dentária. Com relação ao excesso de flúor natural na água disponibilizada para populações e sua relação com a fluorose endêmica, existem alguns estudos no Brasil, identificando algumas áreas de risco, mas as soluções não são evidentes e nem utilizadas. Considerando o município de São Francisco, a descoberta de casos de fluorose seria possível por volta de 1987, quando as crianças expostas no período de alto risco (0 a 3 anos) estariam apresentando os primeiros dentes permanentes. No entanto as primeiras providências foram efetivadas em 1996. Como a descoberta de regiões brasileiras apresentando excesso de flúor no solo e

água tem aumentado, urge soluções mais efetivas e em curto espaço de tempo.

2.6 Tecnologia de redução do excesso de flúor

Maier (1963) citou três métodos de defluoretação que provaram serem práticos e viáveis. Eles envolvem o uso de alumina ativada, ossos calcinados ou compostos de magnésio. A alumina ativada foi usada em Bartlett, Texas, e os ossos calcinados usada no sistema de Briton, Dakota do Sul. Nenhuma estação tinha sido construída especificamente para remoção de flúor em processos de abrandamentos com compostos de magnésio juntamente com o magnésio.

Fejerskov et al. (1994) relataram os seguintes métodos: amolecimento do óxido de cálcio, alúmen, alúmen e óxido de cálcio-técnica nalgonda, alumina ativada, carbono ativado, osso natural, carvão de ossos de animais, carvão de ossos animais e carvão vegetal (defluoretador ICOH), ossos sintéticos, bauxita, resinas de troca de íons produzidas comercialmente, eletrodialise, osmose reversa, entre outros agentes de tratamento. As falhas dos vários métodos mencionados são: alto custo inicial da estação de defluoretação, altos custos operacionais e de manutenção, baixa capacidade de remoção de fluoretos, efeitos indesejáveis em outras características da qualidade da água, geração de resíduos, procedimentos complicados.

Dissanayake (1996) descreveu a situação de excesso de fluoretos na zona seca do Sri Lanka e divulgou um dispositivo caseiro, com 1Kg de ossos calcinados e 300g de carvão vegetal como camada a ser percolada por 4L de água por hora, para ser usado pelos aldeões. Alertou sobre a necessidade de treinamento da população e monitoramento na implantação e desenvolvimento do programa.

Mjengera e Mkongo (2003), Dahi et al. (1996) estudaram a defluoretação em Tanzânia, África citando o uso de ossos calcinados, alumina ativada, osmose reversa entre outros. Desenvolveram

sistema de defluoretação com dosagem química automatizada, usando sulfato de alumínio e reduzindo teor de fluoreto de 12mg/L até faixa de 2-3 mg/L. Informaram que osso calcinado, sugerido para uso rural devido a sua simplicidade e viabilidade, é capaz de reduzir o teor de flúor até valores inferiores a 0,1mg/L.

No Quênia, África, um estudo usou dispositivo com camada de percolação de solos locais de origem vulcânica (solo Ando) contendo alumínio, ferro e sílica como adsorvente, concluindo que o método parece ser eficiente e econômico para a área rural e pequena escala (Zevenbergen et al., 1996).

Na Etiópia, África, Moges et al. (1996) descreveram experiências utilizando fragmentos de argila queimados como camada adsorvente que é saturada com 285mg de flúor por kg de adsorvente, quando 20L de água contendo 10mg/L de flúor passa através dela.

Jamode et al. (2004), na Índia, apresentaram trabalho de defluoretação da água usando folhas de algumas árvores preparadas como adsorventes. A eficiência desse processo é afetada pelo pH; tempo de contato; dosagem, tipo e tamanho do adsorvente; concentração inicial do íon flúor. São apresentados gráficos das variáveis correlacionadas em modelos de Langmuir e Freundlich.

Voznaya (1983) descreveu a defluoretação pela ligação do íon fluoreto com reagentes químicos ou pela adsorção de vários materiais. Os métodos de ligação do fluoreto com sais de alumínio, magnésio e ácido fosfórico foram bem estudados. O método de adsorção usa resina aniônica, carvão especial ativado, adsorvente de magnésio e alumina ativada, que foi considerado o melhor material.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da Área de Estudo

O município de São Francisco, situado a noroeste de Minas Gerais, na média bacia hidrográfica do rio São Francisco, possui uma área de 5.687 km², com uma população total de 51.497, sendo 45,9% concentrada na área rural e 54,1% na área urbana. 26.228 são homens, que superam as mulheres correspondentes a 49,1% da população. A taxa de alfabetização é de

80,8% na população de 10 anos ou mais, porém inferior à média do estado, que é de 89,1%. A temperatura média anual é de 26,4°C, e o índice pluviométrico anual de 1.000 mm (Instituto ..., 2005). A região do Estado onde está localizado esse município é uma das mais carentes e apresenta ausência de planejamento dos recursos hídricos, o que contribui para um quadro de comprometimento da saúde da população, já que a água tratada e o adequado destino do esgoto são fundamentais para o controle de doenças (Menegasse, 2003).

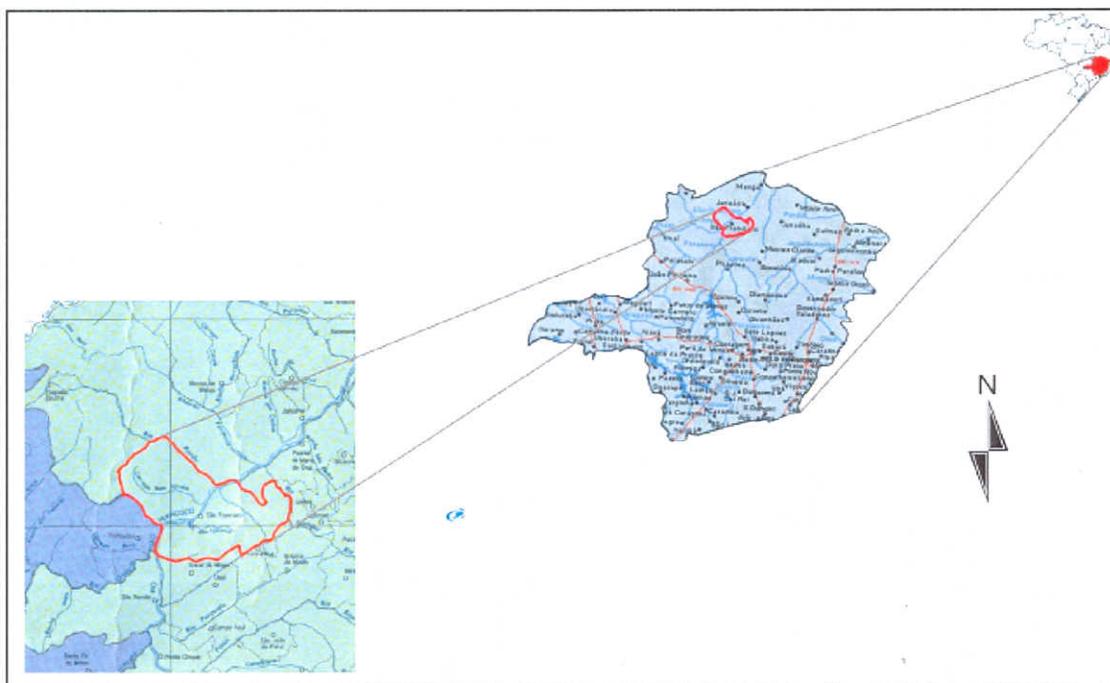


Figura 1- Localização do Município de São Francisco em Minas Gerais e no Brasil - 2005

No início da década de 80, muitos poços artesanais foram perfurados pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco- CODEVASF para obtenção de água para consumo, para lavoura e criação. No distrito de Mocambo, servido por um desses poços, uma das epidemias que vem sendo verificada é a fluorose dental, diagnosticada desde 1995, em crianças e adolescentes, pela FUNASA e por odontólogos do município. Entre os indivíduos examinados, os graus de moderado a severo, pelo Índice de Fluorose

de Dean, foram muito freqüentes, sugerindo um preocupante problema de saúde pública relacionado ao meio ambiente. Em 1997, a prefeitura local solicitou à FUNASA uma análise de fluoretos dos 54 poços tubulares de abastecimento sob sua administração. Em Mocambo, um dos distritos, a concentração de flúor na água do poço tubular de abastecimento público foi de 3,2 mg/L, 4,6 vezes o recomendado pela Portaria n.º 635/Bsb que regulamenta o teor de flúor adequado em águas de abastecimento público.

Atualmente, o abastecimento de água na sede do município e nas localidades de Retiro, Santana e Vila do Morro, é realizado pela COPASA, por meio de mananciais superficiais e, secundariamente, por poços tubulares de água subterrânea (Sistema..., 2005). Na área rural, o abastecimento é de responsabilidade da prefeitura e/ou comunidades locais, por meio de poços tubulares. Foram encontrados elevados teores de fluoretos na água dos poços de abastecimento nos Distritos de Mocambo, Vaqueta, Novo Horizonte e Alto São João.

No município de São Francisco, não são conhecidas minerações de fluoretos ou de sulfetos. A região Norte de Minas Gerais, contudo, despertou o interesse de diversas empresas de pesquisa e mineração que, na década de 70-80, desenvolveram trabalhos prospectivos para fluorita, chumbo e zinco na região compreendida entre Januária e Santa Maria da Vitória. Em Montalvânia, os garimpos de Joel, Lapa Escrevida e Zezinho têm a fluorita como o principal minério, ocorrendo, esporadicamente, cristais de sulfetos de chumbo, zinco e cobre. Na região de Cocos, outros cinco garimpos extraíram fluorita dos calcários do Grupo Bambuí.

O Instituto de Geociências e a Faculdade de Odontologia da UFMG, no período de maio de 2002 a novembro de 2003, realizaram estudos multidisciplinares para investigação das elevadas concentrações de fluoreto nos aquíferos da região e suas conseqüências para a saúde humana. Foram executadas as análises da água dos poços profundos e cisternas, a classificação e composição do solo da região envolvida e o diagnóstico epidemiológico da cárie e da fluorose dentária, com a finalidade de nortear os dirigentes públicos para a adoção de programas preventivos específicos no abastecimento público de água e no tratamento odontológico da população (Menegasse, 2003).

Para o desenvolvimento das pesquisas, foi realizado um convênio de cooperação técnica e científica entre a COPASA e FEP-MVZ (Fundação de Estudos e Pesquisas em Medicina Veterinária e Zootecnia) tendo,

como responsável técnico, o autor desta tese. Como as alternativas de redução dos teores de flúor são passíveis de atender a outras águas subterrâneas e superficiais e a outros locais, havia o interesse de envolver a COPASA que poderá incorporar as tecnologias estudadas e, assim, resolver muitas situações em que o problema de excesso de fluoretos ocorre, principalmente nos poços da região norte do estado. Evidentemente os estudos servirão para águas superficiais em qualquer comunidade, uma vez que as tecnologias servirão a todas as fontes de águas, podendo ser incorporadas por outras empresas de saneamento. A proposta de convênio foi feita em janeiro de 2004, sendo assinado em 27 de outubro de 2004, com duração de 9 meses.

3.2 Comunidades estudadas no município de São Francisco

A princípio, foram selecionadas para esta pesquisa, as localidades de Alto São João com população estimada 435 habitantes, abastecida por um poço com vazão de 1800 L/h; Mocambo com população estimada de 410 habitantes, abastecida por um poço com vazão de 2500 L/h; Novo Horizonte com população estimada 400 habitantes, abastecida por um poço com vazão de 19000 L/h e Vaqueta com população estimada 350 habitantes, abastecida por um poço com vazão de 21000 L/h do município de São Francisco, onde já haviam sido notificados os problemas do excesso de flúor e os decorrentes efeitos sobre a saúde bucal da população. Nessas localidades foi realizado um inquérito epidemiológico, utilizando-se os índice CPO-d para a cárie dentária e TF para a fluorose dentária. Foram examinados 288 indivíduos de ambos os sexos, distribuídos em 4 faixas etárias (idades de 7 a 9; 10 a 12; 13 a 15; 16 a 22). Na faixa de idade de 10 a 12 anos, o CPO-d médio apresentou os seguintes resultados: Alto São João 1,80 ; Novo Horizonte 2,30 ; Mocambo 2,08 ; e Vaqueta 1,87. A prevalência de fluorose dentária por comunidade foi, respectivamente, de 87,7% em Alto São João, 97,7% em Novo Horizonte, 81,5% em Mocambo, e 93,6% em Vaqueta. Na localidade de Retiro, que

não possui teores elevados de fluoretos na água de abastecimento, a prevalência foi de 0,3% (Menegasse, 2003).

Foram coletadas por técnicos da COPASA no município 4 amostras em frascos plásticos de 25L de capacidade cada e

encaminhados ao laboratório central da COPASA situado na Br-356, Km 4, trevo Nova Lima, Belo Horizonte, CEP 31950-640. Foram realizadas análises nas amostras de água das referidas localidades que indicaram os seguintes dados:

Tabela 1. Resultados físico-químicos das águas das comunidades de Alto São João, Mocambo, Novo Horizonte e Vaqueta, do município de São Francisco/MG – 2005.

Parâmetro	Alto São João	Mocambo	Novo Horizonte	Vaqueta	VMP
pH	7,8	8	8,6	8,3	9,5
Alc. Bicarbonato (mg/L)	73	207	309	239	NC
Alc. Carbonato (mg/L)	ND	ND	20,8	ND	NC
Alc. Hidróxido (mg/L)	ND	ND	ND	ND	NC
Condutividade (mS/cm)	120	720	960	930	NC
Cor (uH)	17,5	2,5	2,5	2,5	15
Turbidez (uT)	0,20	0,27	0,14	0,25	5
Sulfato (mg/L)	0,35	56,34	47,91	30,03	250
Flúor (mg/L)	0,15	0,35	6,30	3,30	1,5
Dureza Total (mg/L)	66	248	54	6,0	500
Dureza Cálcio (mg/L)	52	170	44	4,0	NC
Cloretos (mg/L)	2,0	41	125	165	250
Ferro Total (mg/L)	0,06	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,3
Manganês Total (mg/L)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,1

Obs.: VMP – Valor Máximo Permitido ; ND – Não detectado; NC – Não consta na portaria.

Como em Alto São João o teor de flúor foi de 0,15 mg/l, e Mocambo, 0,35 mg/l, os teores são inferiores ao VMP de 1,5 mg/L, conforme disposto pela portaria 518, e a portaria 635/Bsb de 26 de dezembro de 1.975, a qual estabelece os valores das concentrações do íon flúor em função da média das máximas temperaturas diárias não necessitando redução. A dosagem ótima para o município de São Francisco, baseada na fórmula da portaria 635/BSB e considerando-se a média dos dados fornecidos pelo 5º distrito de Meteorologia para as estações meteorológicas de Januária e Pirapora, porque não existe dados da cidade, teremos:

$$C = \frac{22,2}{10,3 + 0,725T} = \frac{22,2}{10,3 + 0,725 \times 31,6} =$$

$$C = 0,67\text{mg/L}$$

T = Média máxima de temperatura diárias adotada para São Francisco 31,6°C

C = Concentração

Em decorrência do exposto acima, as experiências basearam-se nas localidades de Novo Horizonte e Vaqueta que possuem valores elevados, uma vez que as localidades de Mocambo e Alto São João tiveram suas fontes de abastecimento trocadas por outras mais adequadas em termos de teor de fluoretos.

Foram realizadas novas leituras de fluoretos utilizando-se diluições para que os valores se adequassem ao intervalo de calibragem do aparelho, ou seja de 0,2 a 2,0 ppm, sendo que os valores mais precisos obtidos

foram de 5,61 ppm para Novo Horizonte e 3,9 ppm para Vaqueta. Esses valores foram adotados por serem mais consistentes e foram lançados nas tabelas das experiências deste trabalho.

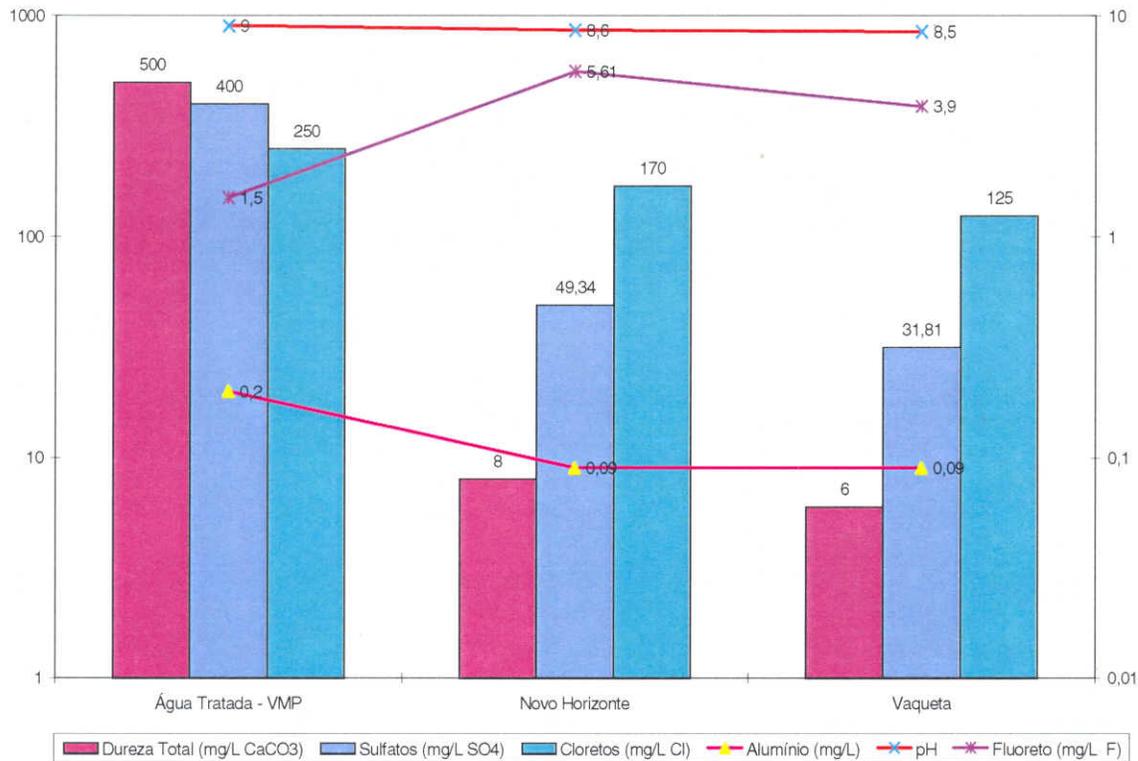


Gráfico I – Comparativo do VMP e análise físico-química das amostras sem defluoretador

3.3 Produtos para defluoretação e equipamentos utilizados

Maier (1963) e Fejerskov et al. (1994) relacionam diversos produtos que podem ser usados como defluoretadores. Neste trabalho fizeram-se experiências com os seguintes produtos codificados conforme exposto a seguir:

- DF.1 – Farinha de ossos calcinados
- DF.2 – Alumina ativada
- DF.3 – Resina mista (aniônica e catiônica)
- DF.4 – Sulfato de alumínio
- DF.5 – Zeólita
- DF.6 – Sílica calcinada

Obs.: As variações destes produtos foram codificados com um 2º dígito.

O carvão ativado foi utilizado apenas como removedor de gosto e odores. Foi adquirido por meio da firma SULFAL – Rua São Rafael, 19 – telefone: (31) 3481-3737 – Belo Horizonte/MG, sendo de dois tipos: em pó e na granulometria 12mesh (1,68mm) a 25mesh (0,710mm). O produto em pó não se mostrou muito prático no manuseio e na maioria das experiências foi utilizado o produto granulado. O produto é comercializado em embalagens de 1Kg ao preço de R\$ 12,80 e de 30Kg a R\$ 294,80.

Inicialmente foram realizados testes com o produto defluoretador de menor preço no mercado: a farinha de ossos calcinados, pois um dos objetivos principais foi o atendimento de populações rurais para as quais a COPASA ainda não assumiu a operação do abastecimento.

DF.1 - A “farinha de ossos calcinados”, composto similar à apatita [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$] produzida por Indústria de Rações Bom Despacho, Minas Gerais é um produto fabricado a partir da queima de ossos de animais, moídos em moinhos de martelos e comercializados com as seguintes características: matéria mineral (mínimo) 96%; cálcio (máximo) 35,2%; fósforo (mínimo) 16%; retido na peneira de 2,00 mm 0,00%; Retido na peneira de 1mm (máximo) 10,00%. São comercializados em sacos de

30Kg ao custo de R\$25,50/saco. Além desse produto, experimentaram-se duas outras variações granulométricas cujas experiências serão relatadas na parte de Resultados e Discussões.

DF.2 - Alumina (química): óxido de alumínio (Al_2O_3) usado na produção de alumínio, abrasivos, refratários, isolantes térmicos e como catalisadores em cromatografia. Alumina ativada: absorvente colocado em materiais elétricos para combater efeitos prejudiciais da umidade da atmosfera. A alumina ativada (DF.2) é um composto de óxido de alumínio (Al_2O_3) com tratamento térmico e químico fornecido pela ALCOA de Poços de Caldas, MG. Preço estimado: R\$ 25,00/Kg. Possui as seguintes propriedades, conforme o fabricante:

Densidade relativa: 0,638
 Peso específico: 1,77g/mL
 Índice de vazios: 62%
 Suspensão a 10% - pH 9,2 a 9,6
 Granulometria – 28mesh (0,589mm) a 48mesh (0,295mm)

O produto utilizado na pesquisa teve a seguinte composição granulométrica medida pela análise de peneiramento, no laboratório da Divisão de suprimentos- engenharia de materiais DVSP-EM da COPASA:

Tabela2. Análise Granulométrica do produto defluoretador Alumina Ativada (DF.2)

Peneira		Peso Bruto (g)	Tara da Peneira (g)	Material Retido (g)	Porcentagem Retida		
ABNT	mm				Retido	Acumulado Acima	Acumulado Abaixo
18	1,00	595,0	493,5	101,5	20,30	20,30	100,00
25	0,710	751,8	457,3	294,5	58,90	79,20	79,20
30	0,590	514,0	458,4	55,6	11,12	90,32	20,80
35	0,500	384,4	354,6	29,8	5,96	96,28	9,68
40	0,420	348,3	341,4	6,9	1,38	97,66	3,72
50	0,297	454,8	450,7	4,1	0,82	98,48	2,34
Fundo	-	481,8	474,2	7,6	1,52	100,00	1,52

DF.3 - Resina Mista Aniônica e Catiônica, é um produto usado em aparelhos deionizadores, comercializado pela empresa PERMUTION. E. J. KRIEGER & Cia Ltda. Rua Adolpho Hatsbach, 1855. Cep - 81450-370 CNPJ - 02.074.242/0001-58 IE - 90.139.827-56 Fone: (41) 347-1781 FAX: (41) 347-1616 - Curitiba/PR E-mail: permution@permution.com.br - Site: www.permution.com.br. Preço estimado: R\$ 35,00/kg. No laboratório fizemos experiências com resina mista que é a mistura das duas e também individualmente com a resina aniônica e a resina catiônica.

DF.4 - Sulfato de Alumínio $Al_2(SO_4)_3$ ou $(Al_2(SO_4)_3 \cdot 14-18) H_2O$ produzido e usado normalmente no tratamento de água como floculante, pelas empresas de saneamento bem como produto para tratamento de águas de piscinas. Vale lembrar que o produto utilizado foi fornecido pela Indústria Química Cataguases - Rua São João Dias Neto, 18 - Bairro Vila Reis - CEP 36.770-902 Cataguases/ MG. Preço estimado: R\$ 2,00/Kg. Sulfato de alumínio pode-se apresentar na forma sólida ou líquida, em vários produtos com características próprias. O sulfato de alumínio usado nas Estações tratamento de água da COPASA com especificações:

“ Sólido, granulado, embalado com características físico-químicas conferidas: NBR 11.176. Na determinação de resíduo insolúvel em água, utilizar filtro em micro fibra de vidro, porosidade 1,2 micrômetro em substituição ao papel quantitativo especificado na NBR 11.179. Concentração máxima recomendada de impurezas em mg/Kg de $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$: As 30, Cd 7, Cr 30, Pb 30, Hg 1, Se 7 e Ag 30. Analisados conforme: Standard Method 19ª edição. Conteúdo líquido embalagem é 40kg.”

“ Líquido, a granel, com características físico-químicas conforme NBR 11.176, na determinação de resíduo insolúvel em água Na determinação de resíduo insolúvel em água, utilizar filtro em micro fibra de vidro, porosidade 1,2 micrômetro em substituição ao papel quantitativo especificado na NBR 11.179. concentração máxima recomendada de impurezas em mg/Kg de $Al_2(SO_4)_3$: As

30, Cd 7, Cr 30, Pb 30, Hg 1, Se 7 e Ag 30, analisados conforme o standard Method 19ª edição. Produto químico a ser fornecido em veículo tanque.” Usou-se ainda nos testes de laboratório:

Sulfato de alumínio tipo SP-1 cujas especificações são:

Tabela 3. Especificações do produto defluoretador sulfato de alumínio SP-1 (DF.4)

Parâmetro	Especificação	Resultados – Amostra 2 kg
Insolúvel	1,0% Max.	0,57%
Al ₂ O ₃	16,5% Min.	16,84%
Fe ₂ O ₃	0,04% Max.	0,01%
Alc. Livre	0,4% Max.	0,31%

Fonte Certificado de Qualidade: Rosângela S. A. C. Couto - CRQ n.º 02.402.390 - 2ª região

Sulfato de alumínio líquido tipo A-111 tem as seguintes especificações:

Tabela 4. Especificações do produto defluoretador sulfato de alumínio A - 111 (DF.4)

Parâmetro	Resultado
Densidade	1,3140%
Al ₂ O ₃	7,90%
Fe ₂ O ₃	0,01%
Acidez Livre	0,22%

Fonte Certificado de Qualidade - Rosângela S. A. C. Couto - CRQ: 02.402.390 - 2ª região

Sulfato líquido tipo B-444 tem as seguintes características:

Tabela 5. Especificações do produto defluoretador sulfato de alumínio B - 444 (DF.4)

Parâmetro	Especificação	Resultado - Amostra 2L
Densidade	1,30+/- 0,01	13047
Al ₂ O ₃	7,50% min	7,55%
Fe ₂ O ₃	0,25% max	0,12%
Acidez Livre	0,5% max	0,10%

Fonte Certificado de qualidade - Rosângela S. A. C. Couto - CRQ: 02.402.390 - 2ª região

DF.5 - zeólita - (zeolitha) s. f. (min) Designação genérica dos minerais do grupo das zeólitas, silicatos hidratados de alumínio e de um ou mais metais alcalinos ou alcalinos terrosos, mais freqüentemente sódio e cálcio. Zeólita mineral. É um mineral de um grupo abrangente de aluminossilicatos hidratados, brancos ou transparentes de composição análoga aos feldspatos, com sódio, cálcio e potássio (raramente bário e estrôncio) como seus minerais principais. Ocorre na forma de cristais, preenchendo cavidades comum em basalto. Preço estimado: R\$ 25,00/Kg.

DF.6 - sílica calcinada. Sílica química composto oxigenado de silício (SiO_2) encontrado em minerais, areias e silicatos usados na fabricação de vidro e sílica-gel entre outros produtos. Não foi possível encontrar sílica ativada e por isso experimentou-se calcinar areia de filtro a 600°C e usá-la como meio de percolação.

Alem disto dois outros produtos (cloreto férrico e resina de isopor) foram testados por estarem disponíveis na COPASA.

Os equipamentos utilizados para análises e leituras, além das vidrarias, disponibilizados pela COPASA foram: Medidor de íon Flúor Marca – Bunker modelo – BKIFM, características técnicas - Aparelho micro processado que utiliza eletrodo de íon específico combinado FL 44 com sistema de compensação de temperatura; Medidor de pH Marca – Methohm Herisom Modelo – pHmeter E588 Características técnicas - Medidor de bancada/portátil, analógico, com eletrodo específico de pH Del-Lab faixa 0 - 14, corpo de vidro; Medidor de pH Marca – MS Tecnopon Eqptos Ltda. Modelo – MB 10, Características técnicas - Medidor de pH e mV de bancada/ portátil, micro processado, eletrodo combinado para medições em solução aquosa, sensor de temperatura; Teste do Jarro (Jar Test) Marca - Milan Modelo – JT 11 Características técnicas - Equipamento eletro - mecânico, rotações 0 - 110 rpm, 6 hastes, transmissão por correia; Condutivímetro Marca – Digimed, Modelo – DMC - 010M Características técnicas - Medidor de bancada/ portátil, analógico,

com célula; Balança de Precisão Eletrônica, marca - Mark Características técnicas - Balança de precisão eletrônica ,digital, com prato, menor divisão 0,01, fabricado pela BEL engineering, Os equipamentos foram suficientes para as necessidades da pesquisa. Para a análises de outros parâmetros de qualidade das águas, as amostras eram encaminhadas ao setor de análises físicas e químicas do laboratório ficando sujeitas à disponibilidade da rotina do trabalho. Algumas análises granulométricas foram realizadas com o apoio do setor de laboratório de Engenharia de materiais da Divisão de suprimentos da COPASA.



Figura 2 Equipamentos utilizados nas análises

3.4 Metodologia

O planejamento da metodologia consistiu em selecionar as duas comunidades que possuíam teor elevado de fluoretos e executar análises de laboratório e experiências no campo visando a sua redução. As amostras de água em frascos de 25 litros eram coletadas por técnicos nas localidades de Novo Horizonte e Vaqueta do município de São Francisco e encaminhadas ao laboratório da COPASA com freqüência bimensal e atingiram um volume total de 125 litros por comunidade. Essa sistemática de coleta foi estabelecida em função da disponibilidade do vasilhame e do gasto nas análises de laboratório.

Os produtos foram adquiridos nos respectivos fornecedores sendo que alguns estavam disponíveis na COPASA. Foram medidos os pesos específicos aparentes dos produtos por meio de pesagens de volume conhecido, o pesos específicos real após o preenchimento dos interstícios com água destilada, a densidade relativa e o índice de vazios em termos percentuais. Esses dados são importantes na vazão de filtração ou percolação da água.

A pesquisa foi baseada em dois procedimentos: misturas variadas do produto defluoretador no Teste do Jarro (Jartest) e filtração da mistura através de velas filtrantes de cerâmica microporosa e velas de cerâmica microporosa com carvão ativado em seu interior; Percolação da água com excesso de fluoretos através de camadas de produtos defluoretadores (visando a sua redução) e de carvão ativado (visando remover possíveis gostos e/ou odores indesejáveis). Os dispositivos usados na percolação foram filtro piloto no tubo de PVC com diâmetro de 50mm, filtros produzidos pela Ravena Industrial, recipientes de plástico adaptados, filtros de cerâmica/ barro.

Deve-se esclarecer a diferença entre o processo de filtração e de percolação. Na filtração, que é um fenômeno físico, usa-se uma camada de material com o objetivo de reter sólidos e outras substâncias existentes na água. Na percolação, que é um fenômeno físico-químico, usa-se uma camada de material com o objetivo de, durante percolação da água em toda a camada, haver uma adsorção ou uma troca iônica.

As amostras de água são analisadas nos parâmetros físicos e químicos, antes das experiências, pelo laboratório da COPASA. Após as experiências, com os produtos defluoretadores analisou-se os teores de flúor, pH e condutividade elétrica. No caso da alumina ativada e outros produtos que contenham compostos de alumínio, foi analisado também, o residual remanescente de alumínio, no setor de análises físicas e químicas do laboratório. Para o símbolos dos dados consultou-se norma do

CONMETRO (Resolução...1988)

Na comunidade de Novo Horizonte foram instalados 3 e, na de Vaqueta, 2 dispositivos domiciliares para verificações no campo. Após a implantação dos dispositivos, os resultados foram discutidos com os integrantes da prefeitura: Prefeito, secretários, profissionais da área de saúde e ação social, e com as comunidades.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experiências realizadas em laboratório

4.1.1 Experiências com farinha de ossos calcinados

Primeira experiência – Teste do jarro com farinha de ossos calcinados (DF.1)

No laboratório, por meio da pesagem de 100mL do produto DF.1, sem nenhum adensamento, obteve-se 125g. Logo determinou-se que sua massa específica aparente é de 1250 kg/m³, peso específico aparente de 1.250 kgf/m³ e a densidade aparente 1,25 (relação entre o peso específico do produto e o peso específico da água a 4°C considerado padrão). O volume de vazios igual a 20% foi determinado misturando-se 100mL do produto DF.1 com 100mL de água destilada e obteve-se o volume final de 180ml.

As dosagens do produto defluoretador foram estabelecidas tendo em vista o teor de íon flúor existente na amostra de água e em função da concentração de cálcio na farinha de ossos calcinados (35,2%), tendo em vista estudos que correlacionam os dois elementos.

No primeiro procedimento, foram usadas dosagens crescentes do produto defluoretador a partir de 1/500 até 1/100.000 em cada 800mL de amostra de água, no aparelho de Jartest (teste do jarro). O aparelho dispõe de seis béqueres, dos quais três foram usados para a colocação da amostra de água de Novo Horizonte e três para amostra de água de Vaqueta, com

agitação a 110 rpm e tempos variando de 10 a 60 min. Após a agitação procedeu-se à sedimentação e as soluções resultantes foram filtradas em recipientes plásticos de 1 litro onde foram adaptadas velas cerâmicas simples/comum e de carvão ativado. A partir

desses dados, foram elaboradas as tabelas 6 e 7 e os gráficos II e III para melhor visualização dos resultados alcançados com a experiência do Teste do Jarro (Jar Test) e apresentados em seguida.

Tabela 6. Teste do jarro utilizando dosagens de ossos calcinados e filtração através de velas cerâmicas, amostras de água de Novo Horizonte município de São Francisco - 2005

Proporção	Dosagem (gramas)	Tempo de agitação	Percolação Duração	Flúor		pH (mg/L)		Condutividade (MScm)	
				Natural	Final	Natural	Final	Natural	Final
1:2.500	10	10 min	50 min	5,61	5,48	8,5	8,9	900	1020
1:2.500	10	40 min	55 min	5,61	4,02	8,5	9,4	900	1080
1:5.000	20	10 min	55 min	5,61	4,56	8,5	9,5	900	1080
1:5.000	20	40 min	50 min	5,61	2,65	8,5	9,5	900	1350
1:10.000	40	10 min	2 h 15 min	5,61	3,67	8,5	9,6	900	1440
1:10.000	40	40 min	50 min	5,61	1,51	8,5	9,6	900	1650
1:10.000	40	45 min	*1h	5,61	3,07	8,5	9,63	900	1230
1:15.000	60	45 min	1 h 30 min	5,61	1,88	8,5	9,73	900	1530
1:20.000	80	45 min	1 h	5,61	1,39	8,5	9,93	900	1500
1:25.000	100	1h	1h	5,61	1,47	8,5	9,75	900	1740
1:50.000	200	1h	1h	5,61	0,97	8,5	9,96	900	2610
1 : 75.000	300	1h	1h	5,61	0,81	8,5	9,96	900	2700
1 : 100.000	400	1h	1h	5,61	0,76	8,5	10,09	900	2800

Obs.: *Estimado

Tabela 7. Teste do jarro utilizando dosagens de ossos calcinados e filtração através de vela cerâmica, amostra de água de Vaqueta município de São Francisco - 2005

Proporção	Dosagem (gramas)	Tempo de agitação	Percolação Duração	Flúor (mg/L)		pH		Condutividade (MScm)	
				Natural	Final	Natural	Final	Natural	Final
1:2.500	5,6	10 min	50min	3,9	2,79	8,8	9,1	850	960
1:2.500	5,6	40 min	55min	3,9	1,86	8,8	9,27	850	960
1:5.000	11,2	10 min	1 h 5 min	3,9	2,53	8,8	9,7	850	1020
1:5.000	11,2	40 min	50min	3,9	1,55	8,8	9,5	850	1080
1:7.500	16,8	10 min	2h 25 min	3,9	2,49	8,8	9,6	850	1110
1:7.500	16,8	40 min	50min	3,9	1,51	8,8	9,6	850	1230
1:10.000	22,4	45 min	*1h	3,9	1,51	8,8	9,58	850	1140
1:15.000	33,6	45 min	1 h 30 min	3,9	1,18	8,8	9,81	850	1260
1:20.000	44,8	45 min	1 h	3,9	1,02	8,8	9,92	850	1380
1:25.000	60	1h	1h	3,9	1,08	8,8	9,76	850	1440
1:50.000	120	1h	1h	3,9	0,83	8,8	10	850	1950
1:75.000	180	1h	1h	3,9	0,66	8,8	9,9	850	2010
1:100.000	240	1h	1h	3,9	0,57	8,8	9,98	850	2550

bs.:Estimado

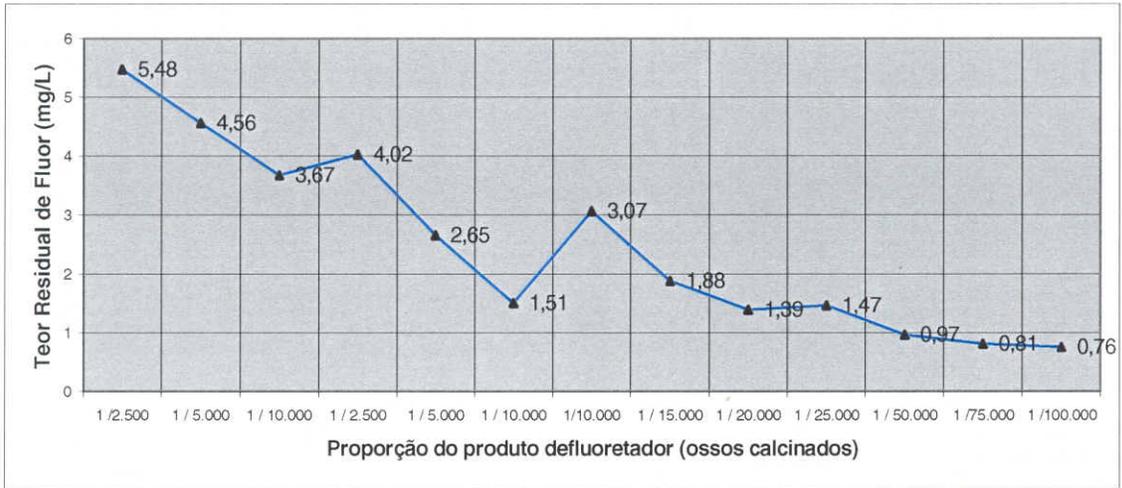


Gráfico II - Jar test utilizando dosagens do produto defluoretador df.1 e filtração em vela de cerâmica microporosa com carvão ativado- amostra de Novo Horizonte

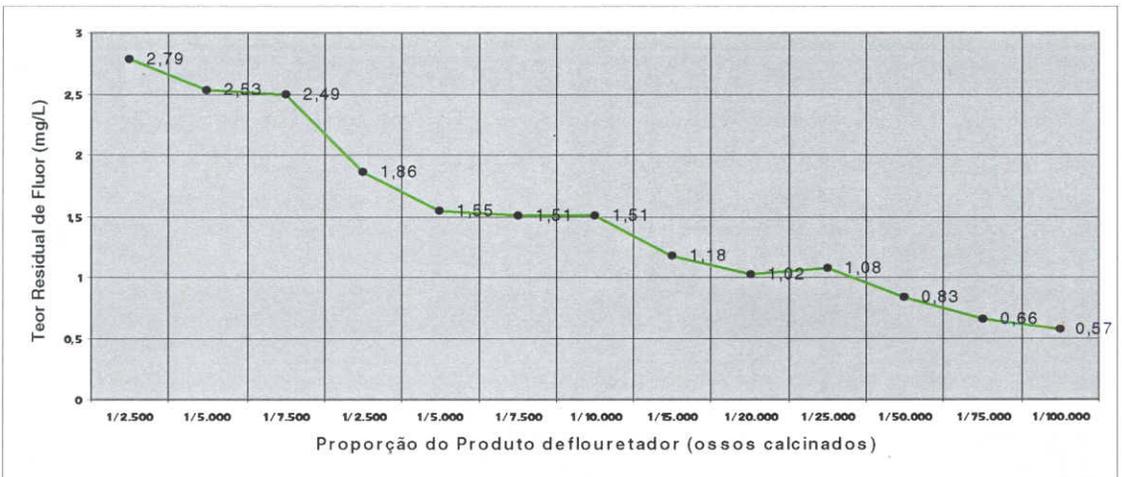


Gráfico III - teste do jarro utilizando dosagens do produto defluoretador e filtração - amostra de vaqueta



TESTE DO JARRO
(Jar Test)

Figura 3 - Equipamento para teste do jarro

Os resultados apresentados demonstraram que, com a elevação dos níveis de concentração do produto defluoretador seguida de uma agitação de 110 rpm (rotações por minuto), conseguem-se reduções mais significativas do teor de flúor das amostras. O pH altera-se e deve ser monitorado para não ultrapassar os limites estabelecidos na Portaria nº 518, que fixa limites entre 6 a 9,5 (seis a nove e meio). A condutividade não é regulamentada pela referida portaria; serviram para indicar as alterações de cargas elétricas ocorridas.

Segunda experiência - Percolação da água na farinha de ossos calcinados em filtro piloto

No segundo procedimento foi empregado

um filtro piloto fabricado por um tubo PVC de diâmetro nominal de 50mm e comprimento de 1m.

O filtro piloto foi preenchido com o seguinte fracionamento de material filtrante: uma camada suporte com 18,25 gramas de cascalho rolado para filtros na granulometria de 6,35 a 3,36mm; 182 gramas de cascalho na granulometria de 3,36 a 1,68mm como camada de transição, ambas conforme Norma Técnica da COPASA T011/3; uma camada com 300g de carvão ativado na granulometria 1,68 a 0,710mm e uma camada com 1kg de produto defluoretador farinha de ossos calcinados-DF.1. Fez-se a água percolar, por gravidade, através das camadas.



Figura 4 - Dispositivo Filtro Piloto

FILTRO PILOTO

Dispositivo de filtro piloto de tubo de PVC com diâmetro de 50mm. Um mariote de 9 litros foi colocado sobre um banco onde é colocada a amostra à ser filtrada.

Com a camada de 1 kg do produto DF.1 a vazão medida foi de 461 mL/h. foram obtidas reduções dos teores de flúor na água de Novo Horizonte de 5,61 para 0,03; e Vaqueta de 3,90 para 0,02; considerando como valores inferiores a 0,1 mg/L, que é o

limite inferior de precisão da calibragem do fluorímetro. Foi realizado um teste onde a camada de DF.1 foi de 500g quando a vazão foi de 792 mL/h e. Esses resultados estão apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 8. Teste com filtro piloto composto por cascalho, carvão ativado e farinha de ossos calcinados, métodos de percolação, amostra das águas de Vaqueta município de São Francisco/MG - 05

Vazão	Percolação Duração	Flúor		pH		Condutividade (Mscm)	
		Natural	Final	Natural	Final	Natural	Final
461 mL/h	12 h	3,9	< 0,1	8,8	8,3	850	1410
792 mL/h	*13h	3,9	0,16	8,8	10	850	2700

* Estimado

Tabela 9. Teste com filtro piloto composto por cascalho, carvão ativado e farinha de ossos calcinados, método de percolação, águas de Novo Horizonte município de São Francisco/MG - 05

Vazão	Percolação Duração	Flúor		pH		Condutividade (Mscm)	
		Natural	Final	Natural	Final	Natural	Final
461mL/h	12 h	5,61	<0,1	8,5	8,8	900	1830
792 mL/h	*13h	5,61	0,24	8,5	10,2	900	3000

* Estimado

Terceira experiência - Relação a odor e sabor da água

Um fator preocupante é que, com um período de contato maior com farinha de ossos calcinados, a água adquiriu um odor forte, similar a de compostos de enxofre por ainda restarem resíduos de matéria orgânica não completamente calcinadas no processo de fabricação. Fez-se análise de sulfetos que apresentou resultados <0,1 ppm. Então, pesou-se 50g da farinha nas três granulometrias, levou-se à mufla a uma temperatura de 600°C por 1 hora e 30 minutos, esfriou-se em um dissecador e pesou-se novamente. Houve perda de aproximadamente 2g em cada amostra. Fez-se outra experiência deixando a farinha de ossos em um bquer com água por 3 dias e, no final desse período, constatou-se que não havia odor algum. O fabricante explicou que o método de calcinação e moagem utilizado visa produzir uma farinha que é utilizada na fabricação de rações para animais. Consultou-se então o Serviço de Fiscalização agropecuária- SEFAG, de Minas Gerais, Av. Raja gabágliã, 245- Belo

Horizonte, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA, obtendo-se a informação sobre a Instrução Normativa nº15, de 29/10/2003 que regulamenta o assunto. Foi fornecida também lista de fabricantes a saber:

MG-10088-9 Geraldo C. Ireno- ME Rodovia MGT 259, Km 14 Curvelo- MG Tel: (38) 3721-2455 MG-07246-0 Cubana Empreendimentos Imobiliário e Participações Ltda. BR 389 Km 04 Fazenda São Fidelis Salinas- MG MG-06151-4 Indústria de Rações Bondespachence Ltda Fazenda do Picão Bom Despacho-MG Tel: (37)3521-1523 e 3522-1672 racoes@ieg.com.br MG-06251-1 Indústria de Rações Patence Ltda Estrada Patos/Alagoas Km 4 Patos de Minas-MG Tel:(34)3822-1800 MG-05946-3 Ranorte-Rações e Adubos do Norte Ltda Avenida Dois, s/n Montes Claros-MG Tel: (38) 3214-1063.

Quarta experiência – Relativo a granulometria de ossos calcinados

Como a farinha de ossos calcinadas com granulometria inferior a 2mm poderia se colmatar com facilidade, foram solicitados do fabricante de Bom Despacho, 30 quilos da farinha de ossos calcinados numa granulometria variando de 2 a 8 mm. O material enviado foi similar à farinha de ossos original com excesso de finos. Assim foi feita, no laboratório de análises granulométricas, a separação do material com granulometria superior a 2mm,

correspondendo a 2 quilos. O restante foi devolvido ao fabricante que deveria providenciar o material solicitado. Na nova remessa, o fabricante entregou um produto com uma granulometria irregular tendo sido solicitado apoio do setor de análise granulométricas da DVSP para uma caracterização precisa dos materiais utilizados, testes de análises de granulometria do produto defluoretador farinha de ossos calcinados, obtendo os seguintes resultados:

Tabela 10. Farinha de ossos calcinados (DF.1) 2005

Peneiras		Peso Bruto (g)	Tara da Peneira (g)	Material Retido (g)	Percentagens		
N.º ABNT	mm				Retida	Acum. Acima	Acum. Abaixo
18	1,0	496,6	493,4	3,33,2	1,58	1,58	100
20	0,840	466,1	46,6	2,5	1,24	2,82	98,42
40	0,420	482,3	447,2	35,1	17,36	20,18	97,18
60	0,250	463,7	427,1	36,6	18,10	38,28	79,82
140	0,105	219,5	140,9	78,6	38,87	77,15	61,72
Fundo	-	532,9	486,7	46,2	22,85	100	22,85

Tabela 11. Farinha de ossos calcinados-DF.1.1 granulometria 1 a 5 mm - 2005

Peneiras		Peso Bruto (g)	Tara da Peneira (g)	Material Retido (g)	Percentagens		
N.º ABNT	mm				Retida	Acum. Acima	Acum. Abaixo
3,5	5,66	-	-	0,0	-	-	-
5,0	4	497,1	495,1	2,0	0,89	0,89	100
10	2,0	669,6	477,1	192,5	85,44	86,33	99,11
18	1,0	523,2	493,3	29,9	13,27	99,6	13,67
Fundo	-	338,3	337,3	0,9	0,4	100	0,4

Tabela 12. Farinha de ossos calcinados DF.1.2 granulometria irregular - 2005

Peneiras		Peso Bruto (g)	Tara da Peneira (g)	Material Retido (g)	Percentagens		
N.º ABNT	mm				Retida	Acum. Acima	Acum. Abaixo
½"	12,7	620,4	515,1	105,3	10,28	10,28	100
3/8"	9,52	806,7	607,7	199,0	19,43	29,71	89,72
¼"	6,35	1008,4	640,5	367,9	35,91	65,62	70,29
3,5	5,66	692,3	659,4	32,9	3,21	68,83	34,38
5,0	4,0	700,4	496,3	204,1	19,92	88,75	31,17
10,0	2,0	553,9	477,2	106,7	10,42	99,17	11,25
Fundo	-	345,7	337,2	8,5	0,83	100	0,83

Continuou-se solicitando do fornecedor a possibilidade de fornecer o produto na granulometria adequada com variação uniforme, o que não foi atendido. Um novo

fabricante da farinha de ossos calcinados foi contatado, no município de Caeté, mas não confirmou o possível fornecimento.

Com a camada de 1 kg do produto DF.1 a vazão medida foi de 461 mL/h. foram obtidas reduções dos teores de flúor na água de Novo Horizonte de 5,61 para 0,03; e Vaqueta de 3,90 para 0,02; considerando como valores inferiores a 0,1 mg/L, que é o

limite inferior de precisão da calibragem do fluorímetro. Foi realizado um teste onde a camada de DF.1 foi de 500g quando a vazão foi de 792 mL/h e. Esses resultados estão apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 8. Teste com filtro piloto composto por cascalho, carvão ativado e farinha de ossos calcinados, métodos de percolação, amostra das águas de Vaqueta município de São Francisco/MG - 05

Vazão	Percolação Duração	Flúor		pH		Condutividade (Mscm)	
		Natural	Final	Natural	Final	Natural	Final
461 mL/h	12 h	3,9	< 0,1	8,8	8,3	850	1410
792 mL/h	*13h	3,9	0,16	8,8	10	850	2700

* Estimado

Tabela 9. Teste com filtro piloto composto por cascalho, carvão ativado e farinha de ossos calcinados, método de percolação, águas de Novo Horizonte município de São Francisco/MG - 05

Vazão	Percolação Duração	Flúor		pH		Condutividade (Mscm)	
		Natural	Final	Natural	Final	Natural	Final
461mL/h	12 h	5,61	<0,1	8,5	8,8	900	1830
792 mL/h	*13h	5,61	0,24	8,5	10,2	900	3000

* Estimado

Terceira experiência - Relação a odor e sabor da água

Um fator preocupante é que, com um período de contato maior com farinha de ossos calcinados, a água adquiriu um odor forte, similar a de compostos de enxofre por ainda restarem resíduos de matéria orgânica não completamente calcinadas no processo de fabricação. Fez-se análise de sulfetos que apresentou resultados <0,1 ppm. Então, pesou-se 50g da farinha nas três granulometrias, levou-se à mufla a uma temperatura de 600°C por 1 hora e 30 minutos, esfriou-se em um dissecador e pesou-se novamente. Houve perda de aproximadamente 2g em cada amostra. Fez-se outra experiência deixando a farinha de ossos em um bquer com água por 3 dias e, no final desse período, constatou-se que não havia odor algum. O fabricante explicou que o método de calcinação e moagem utilizado visa produzir uma farinha que é utilizada na fabricação de rações para animais. Consultou-se então o Serviço de Fiscalização agropecuária- SEFAG, de Minas Gerais, Av. Raja gabágia, 245- Belo

Horizonte, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA, obtendo-se a informação sobre a Instrução Normativa nº15, de 29/10/2003 que regulamenta o assunto. Foi fornecida também lista de fabricantes a saber:

MG-10088-9 Geraldo C. Ireno- ME Rodovia MGT 259, Km 14 Curvelo- MG Tel: (38) 3721-2455 MG-07246-0 Cubana Empreendimentos Imobiliário e Participações Ltda. BR 389 Km 04 Fazenda São Fidelis Salinas- MG MG-06151-4 Indústria de Rações Bondespachence Ltda Fazenda do Picão Bom Despacho-MG Tel: (37)3521-1523 e 3522-1672 racoes@ieg.com.br MG-06251-1 Indústria de Rações Patence Ltda Estrada Patos/Alagoas Km 4 Patos de Minas-MG Tel:(34)3822-1800 MG-05946-3 Ranorte-Rações e Adubos do Norte Ltda Avenida Dois, s/n Montes Claros-MG Tel: (38) 3214-1063.

Quarta experiência – Relativo a granulometria de ossos calcinados

Como a farinha de ossos calcinadas com granulometria inferior a 2mm poderia se colmatar com facilidade, foram solicitados do fabricante de Bom Despacho, 30 quilos da farinha de ossos calcinados numa granulometria variando de 2 a 8 mm. O material enviado foi similar à farinha de ossos original com excesso de finos. Assim foi feita, no laboratório de análises granulométricas, a separação do material com granulometria superior a 2mm,

correspondendo a 2 quilos. O restante foi devolvido ao fabricante que deveria providenciar o material solicitado. Na nova remessa, o fabricante entregou um produto com uma granulometria irregular tendo sido solicitado apoio do setor de análise granulométricas da DVSP para uma caracterização precisa dos materiais utilizados, testes de análises de granulometria do produto defluoretador farinha de ossos calcinados, obtendo os seguintes resultados:

Tabela 10. Farinha de ossos calcinados (DF.1) 2005

Peneiras		Peso Bruto (g)	Tara da Peneira (g)	Material Retido (g)	Percentagens		
N.º ABNT	mm				Retida	Acum. Acima	Acum. Abaixo
18	1,0	496,6	493,4	3,33,2	1,58	1,58	100
20	0,840	466,1	46,6	2,5	1,24	2,82	98,42
40	0,420	482,3	447,2	35,1	17,36	20,18	97,18
60	0,250	463,7	427,1	36,6	18,10	38,28	79,82
140	0,105	219,5	140,9	78,6	38,87	77,15	61,72
Fundo	-	532,9	486,7	46,2	22,85	100	22,85

Tabela 11. Farinha de ossos calcinados-DF.1.1 granulometria 1 a 5 mm - 2005

Peneiras		Peso Bruto (g)	Tara da Peneira (g)	Material Retido (g)	Percentagens		
N.º ABNT	mm				Retida	Acum. Acima	Acum. Abaixo
3,5	5,66	-	-	0,0	-	-	-
5,0	4	497,1	495,1	2,0	0,89	0,89	100
10	2,0	669,6	477,1	192,5	85,44	86,33	99,11
18	1,0	523,2	493,3	29,9	13,27	99,6	13,67
Fundo	-	338,3	337,3	0,9	0,4	100	0,4

Tabela 12. Farinha de ossos calcinados DF.1.2 granulometria irregular - 2005

Peneiras		Peso Bruto (g)	Tara da Peneira (g)	Material Retido (g)	Percentagens		
N.º ABNT	mm				Retida	Acum. Acima	Acum. Abaixo
½"	12,7	620,4	515,1	105,3	10,28	10,28	100
3/8"	9,52	806,7	607,7	199,0	19,43	29,71	89,72
¼"	6,35	1008,4	640,5	367,9	35,91	65,62	70,29
3,5	5,66	692,3	659,4	32,9	3,21	68,83	34,38
5,0	4,0	700,4	496,3	204,1	19,92	88,75	31,17
10,0	2,0	553,9	477,2	106,7	10,42	99,17	11,25
Fundo	-	345,7	337,2	8,5	0,83	100	0,83

Continuou-se solicitando do fornecedor a possibilidade de fornecer o produto na granulometria adequada com variação uniforme, o que não foi atendido. Um novo

fabricante da farinha de ossos calcinados foi contatado, no município de Caeté, mas não confirmou o possível fornecimento.

Quinta experiência – Percolação da água através do produto defluoretador (granulometria variando de 1 a 5mm) - DF.1.1 e de carvão ativado

A experiência foi realizada no filtro piloto com a colocação de camada do

defluoretador em “granulometria variando de 1 a 5 mm”. A vazão de percolação foi elevada para cerca de 36.000mL/h e reduzindo o teor de flúor na água de Vaqueta de 3,9 para 1,66 mg/L, que não atende o VMP da portaria 518.



Com o fechamento parcial do registro de saída do filtro, numa vazão de 792 mL/h, obteve-se redução para 1,30 mg/L na água de Novo Horizonte.

Figura 5 - Filtro piloto com fechamento parcial

Concluiu-se que a redução da vazão e o maior tempo de contato da água com a camada resultou em um maior percentual de redução de fluoreto.

Sexta experiência – Utilizando filtro fabricado pela empresa Ravena Industrial Ltda. filtração de água com excesso de flúor por elemento filtrante composto de carvão ativado e farinha de ossos calcinados.

Neste procedimento, foi empregado um filtro

fabricado com diâmetro nominal de 50mm e comprimento de 25 cm, da empresa Ravena Industrial Ltda.. A pedido do técnico responsável deste projeto, a empresa Ravena montou o dispositivo com 200 gramas de carvão ativado e 400 gramas de farinha de ossos calcinados na granulometria abaixo de 2mm.

Dispositivo domiciliar de filtração de água fabricado pela empresa Ravena Industrial



Figura 6 - Dispositivo filtro Ravena

Com esse método os resultados foram:

Tabela 13. Resultados obtidos a partir da filtração de água por ossos calcinados e carvão ativado, com amostras de Vaqueta e Novo Horizonte – 2005

Análise	Vaqueta	Novo Horizonte
Vazão	2.033 mL/h	1.097mL/h
pH	Natural 8,8/ Final 9,81	Natural 8,5 / Final 9,78
Flúor	Natural 3,9 mg/L / Final 0,78 mg/L	Natural 5,61 mg/L/ Final 0,92 mg/L

Sétima experiência - Filtração de água com excesso de flúor através de filtro de barro/ cerâmica.



Foi adquirido um filtro de Barro/cerâmica da marca Cerâmica Água Branca - Justinópolis – Rib. das Neves, com vela feita de cerâmica microporosa e com carvão ativado em seu interior, adaptado um recipiente de plástico com 900 gramas de farinha de ossos calcinados em granulometria entre 2 e 8 mm envolvendo a vela comum do filtro.

Figura 7 - Filtro de Barro/cerâmica

Com esse método os resultados foram:

Tabela 14 - Filtração com produto farinha de ossos calcinados em filtro de barro

Análise	Vaqueta	Novo Horizonte
Vazão	1.844 mL/h	1.097 mL/h
pH	Natural 8,8 / Final 9,85	Natural 8,5 / Final 9,78
Flúor	Natural 3,9 mg/L / Final 0,92 mg/L	Natural 5,61 mg/L / Final 1,07 mg/L

Da experiência realizada com o primeiro procedimento, para o atendimento às comunidades rurais, concluiu-se que, em laboratório, os resultados são satisfatórios a partir das dosagens iguais ou superiores a 20.000 vezes a concentração de íon flúor e um tempo de agitação igual ou superior a 45 minutos. Contudo, para uso em comunidades rurais, a sua aplicação ficaria prejudicada pela exigência do grande tempo de agitação antes da filtração e, também, devido ao manuseio do produto pela população.

Com o segundo procedimento descritos na segunda, sexta e sétima experiências, desde que se usem dispositivos adequados, torna-se possível distribuí-los nas residências rurais com recomendações fáceis de serem seguidas. Isso foi, inclusive, testado no campo e mostrada a sua viabilidade. Para o atendimento das organizações que produzem e distribuem água potável, essas experiências realizadas visam determinar um produto similar à apatita (a partir de ossos calcinados) que possa constituir uma camada semelhante ao leito filtrante de areia e, assim, pela percolação da água através da camada, reduzir o teor de flúor a valores compatíveis com a legislação pertinente. Como a densidade absoluta do produto defluoretador é inferior à da areia utilizada nos filtros, que é de 2,7, a granulometria do produto defluoretador deverá ser também relativamente maior que a utilizada para a areia a fim de compensar essa variação. Como nas normas da COPASA tem-se:

Tabela 15 – Especificações de filtros a partir das normas da COPASA

Especificações	T.E. (mm)	C.U.	Tamanho do grão		N.º da peneira	
			Menor	Maior	Menor	Maior
Filtro lento	0,30 a 0,40	2 a 3	0,25	1,68	60	12
Filtro rápido descendente	0,50 a 0,60	1,4 a 1,6	0,42	1,68	40	12
Filtro rápido ascendente	0,70 a 0,80	1,8 a 2,0	0,50	2,38	35	8

Para compensar a menor densidade o produto defluoretador, quando usado como leito filtrante, poderá ter uma granulometria variando de 0,59 a 2,38 mm, em percentuais parciais semelhantes à da areia do leito filtrante. Assim, nas operações de lavagem contracorrente, não haveria perda significativa do produto. Evidentemente essa sugestão deverá ser pesquisada em filtros pilotos para definição final.

Segundo o fabricante do município de Bom Despacho, ele produz cerca de 60 toneladas/mês da farinha de ossos calcinadas utilizadas na indústria de rações animais, comercializados a R\$ 0,85 o quilo. Para a utilização em tratamento de água,

será necessário avaliação da granulometria e a adequada calcinação do produto defluoretador a fim de se prevenir gosto e odores indesejáveis. Esse problema, portanto, deverá ser solucionado pelo fabricante ou por quem utilizar o produto para fins de abastecimento/tratamento de água. Estimou-se que as quantidades necessárias para tratamento de águas serão inferiores à produção atual e, provavelmente, os custos serão elevados pela necessidade da melhoria tecnológica a ser introduzida. Um fabricante de fornos elétricos consultado forneceu uma estimativa de um forno difusor com capacidade de 500 quilos e temperatura acima de 600°C ao custo médio de R\$ 2.000,00 a R\$ 3.000 reais.

Para tratamento de um sistema de poços profundos, a instalação de defluoretação pode ser similar a de um filtro padrão por gravidade ou por pressão, em que se coloca a camada do produto por onde a água irá percolar.

Após algum tempo de funcionamento, da ordem 140 a 200m³ de água percolada por m³ do produto defluoretador, o material deverá ser trocado ou regenerado. Para regeneração pode-se retrolavar a camada com uma solução de 1% de soda cáustica (NaOH), gastando-se, para isto, cerca de 3 a 4 m³ de água por m³ de produto. Depois lava-se a camada com água comum para retirar o excesso. Posteriormente faz-se uma lavagem da camada com uma solução fraca de ácido sulfúrico (0,05N) até que o efluente ajuste o pH a valores intermediários. Após esses procedimentos a camada está regenerada e pronta para ser novamente utilizada. O gasto da água usada para regeneração é da ordem de 14 a 20 m³/m³ de produto. Esses procedimentos de regeneração do produto defluoretador podem ser utilizados tanto para a farinha de ossos calcinados quanto para a alumina ativada.

4.1.2 Experiências com Alumina Ativada

Oitava Experiência – Determinação do peso específico aparente, peso específico real e porosidade do defluoretador alumina ativada (DF.2)

1º procedimento - Pesou-se em uma proveta 100mL = 68,44 gramas de produto defluoretador (adensou-se manualmente). Adicionou-se 100 mL de água destilada e obteve-se resultado final de 133mL.

Tabela 16 - Filtração de água com excesso de flúor por elemento filtrante composto por alumina ativada filtro Ravena – 2005

Análise	VMP	Resultado	
		Vaqueta	Novo Horizonte
Alumínio (mg/L)	0,2	< 0,2	0,26
Cloretos (mg/L Cl)	250	175	125,5
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	500	6	30
Fluoreto (mg/L F)	1,5	1,35	2,1
pH	9,0	8,76	8,65
Sulfatos (mg/L SO ₄)	400	31,64	51,83

2º procedimento – Adiciona-se 100mL de alumina ativada sobre 100mL de água destilada, fazendo-se um adensamento para a alumina ocupar 100mL, o resultado é de 133mL.

Logo, 67mL de água ocupou os espaços vazios da alumina ativada.

Índice de porosidade = 67%

Peso específico aparente ou relativo

$$\frac{68,44\text{g}}{100\text{mL}} = \frac{684\text{g}}{\text{L}} = 684\text{kg/m}^3$$

Peso específico real

$$\frac{68,44\text{g}}{33\text{mL}} = 2,07\text{g/mL} = 2.070\text{g/L} = 2.070\text{kg/m}^3$$

Nona experiência – Utilizando o filtro fabricado pela empresa Ravena Industrial Ltda. Filtração de água com excesso de flúor por elemento filtrante composto por alumina ativada (DF.2) e carvão ativado.

Utilizou-se um filtro com diâmetro nominal de 50mm e comprimento de 25cm, que foi adaptado com 300 gramas do produto defluoretador (alumina ativada) e 100 gramas de carvão ativado.

Neste procedimento, fez-se a mesma experiência com as amostras das duas comunidades e foi solicitada uma análise físico-química da água filtrada para que se observassem as possíveis alterações nos parâmetros naturais das águas de acordo com o VMP (valor máximo permitido) pela portaria n.º 518/2004. Os resultados foram:

Para tratamento de um sistema de poços profundos, a instalação de defluoretação pode ser similar a de um filtro padrão por gravidade ou por pressão, em que se coloca a camada do produto por onde a água irá percolar.

Após algum tempo de funcionamento, da ordem 140 a 200m³ de água percolada por m³ do produto defluoretador, o material deverá ser trocado ou regenerado. Para regeneração pode-se retrolavar a camada com uma solução de 1% de soda cáustica (NaOH), gastando-se, para isto, cerca de 3 a 4 m³ de água por m³ de produto. Depois lava-se a camada com água comum para retirar o excesso. Posteriormente faz-se uma lavagem da camada com uma solução fraca de ácido sulfúrico (0,05N) até que o efluente ajuste o pH a valores intermediários. Após esses procedimentos a camada está regenerada e pronta para ser novamente utilizada. O gasto da água usada para regeneração é da ordem de 14 a 20 m³/m³ de produto. Esses procedimentos de regeneração do produto defluoretador podem ser utilizados tanto para a farinha de ossos calcinados quanto para a alumina ativada.

4.1.2 Experiências com Alumina Ativada

Oitava Experiência – Determinação do peso específico aparente, peso específico real e porosidade do defluoretador alumina ativada (DF.2)

1º procedimento - Pesou-se em uma proveta 100mL = 68,44 gramas de produto defluoretador (adensou-se manualmente). Adicionou-se 100 mL de água destilada e obteve-se resultado final de 133mL.

Tabela 16 - Filtração de água com excesso de flúor por elemento filtrante composto por alumina ativada filtro Ravena – 2005

Análise	VMP	Resultado	
		Vaqueta	Novo Horizonte
Alumínio (mg/L)	0,2	< 0,2	0,26
Cloretos (mg/L Cl)	250	175	125,5
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	500	6	30
Fluoreto (mg/L F)	1,5	1,35	2,1
pH	9,0	8,76	8,65
Sulfatos (mg/L SO ₄)	400	31,64	51,83

2º procedimento – Adiciona-se 100mL de alumina ativada sobre 100mL de água destilada, fazendo-se um adensamento para a alumina ocupar 100mL, o resultado é de 133mL.

Logo, 67mL de água ocupou os espaços vazios da alumina ativada.

Índice de porosidade = 67%

Peso específico aparente ou relativo

$$\frac{68,44\text{g}}{100\text{mL}} = \frac{684\text{g}}{\text{L}} = 684\text{kg/m}^3$$

Peso específico real

$$\frac{68,44\text{g}}{33\text{mL}} = 2,07\text{g/mL} = 2.070\text{g/L} = 2.070\text{kg/m}^3$$

Nona experiência – Utilizando o filtro fabricado pela empresa Ravena Industrial Ltda. Filtração de água com excesso de flúor por elemento filtrante composto por alumina ativada (DF.2) e carvão ativado.

Utilizou-se um filtro com diâmetro nominal de 50mm e comprimento de 25cm, que foi adaptado com 300 gramas do produto defluoretador (alumina ativada) e 100 gramas de carvão ativado.

Neste procedimento, fez-se a mesma experiência com as amostras das duas comunidades e foi solicitada uma análise físico-química da água filtrada para que se observassem as possíveis alterações nos parâmetros naturais das águas de acordo com o VMP (valor máximo permitido) pela portaria n.º 518/2004. Os resultados foram:

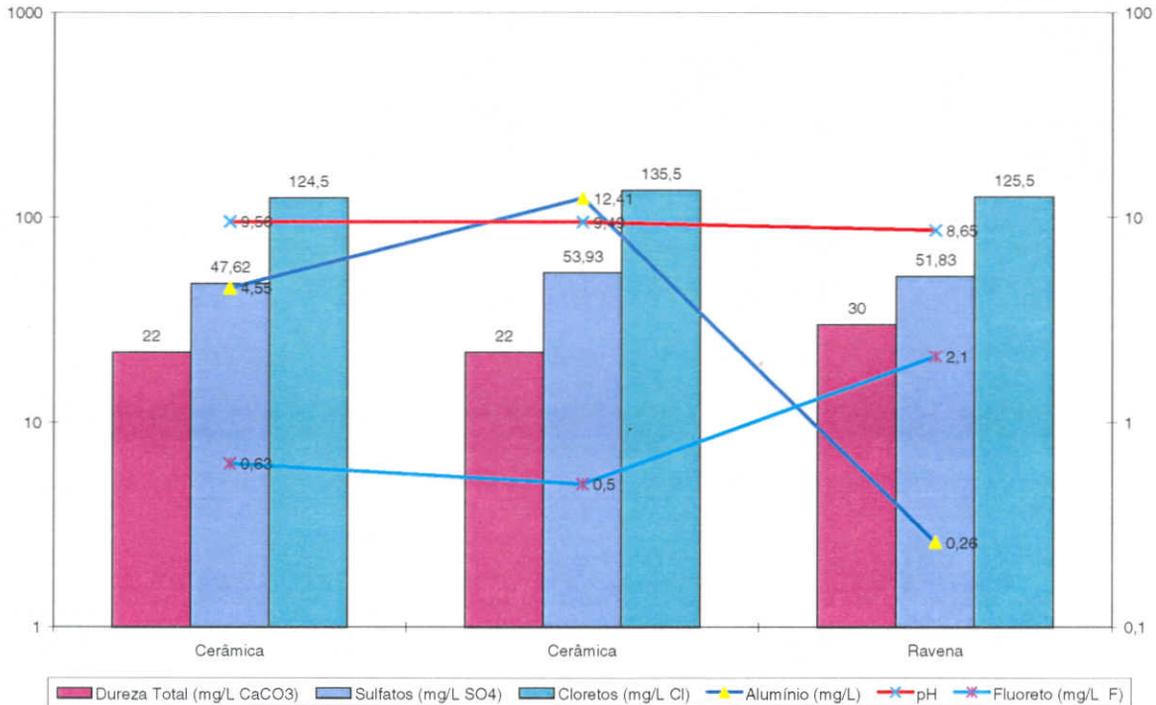


Gráfico IV – Análise Físico Química – alumina ativada (DF.2) Amostra de novo Horizonte

Décima experiência – Utilizando o filtro de cerâmica/ Barro para filtração de água com excesso de flúor com defluoretador (DF.2)

Em um filtro de cerâmica/ barro, adaptando-se um recipiente de plástico perfurado tipo peneira, a fim de permitir que a água entre pelos furos laterais do recipiente e seja

filtrada, adicionou-se 400 gramas do produto defluoretador alumina ativada envolvendo a vela de cerâmica microporosa.

Observou-se, após análise físico-química, que, de acordo com o tempo de contato com o produto defluoretador, a água eleva o pH e o teor de alumínio. Os resultados são apresentados na tabela 17:

Tabela 17 – Filtração em filtro de barro/ cerâmica com produto defluoretador alumina ativada – amostras de Vaqueta e Novo Horizonte – 2005

Análise	VMP	Resultado	
		Vaqueta	Novo Horizonte
Alumínio (mg/L)	0,2	4,41	12,41
Cloretos (mg/L Cl)	250	175	135,5
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	500	6	22
Fluoreto (mg/L F)	1,5	0,38	0,5
pH	9,0	9,26	9,49
Sulfatos (mg/L SO ₄)	400	26,73	53,93

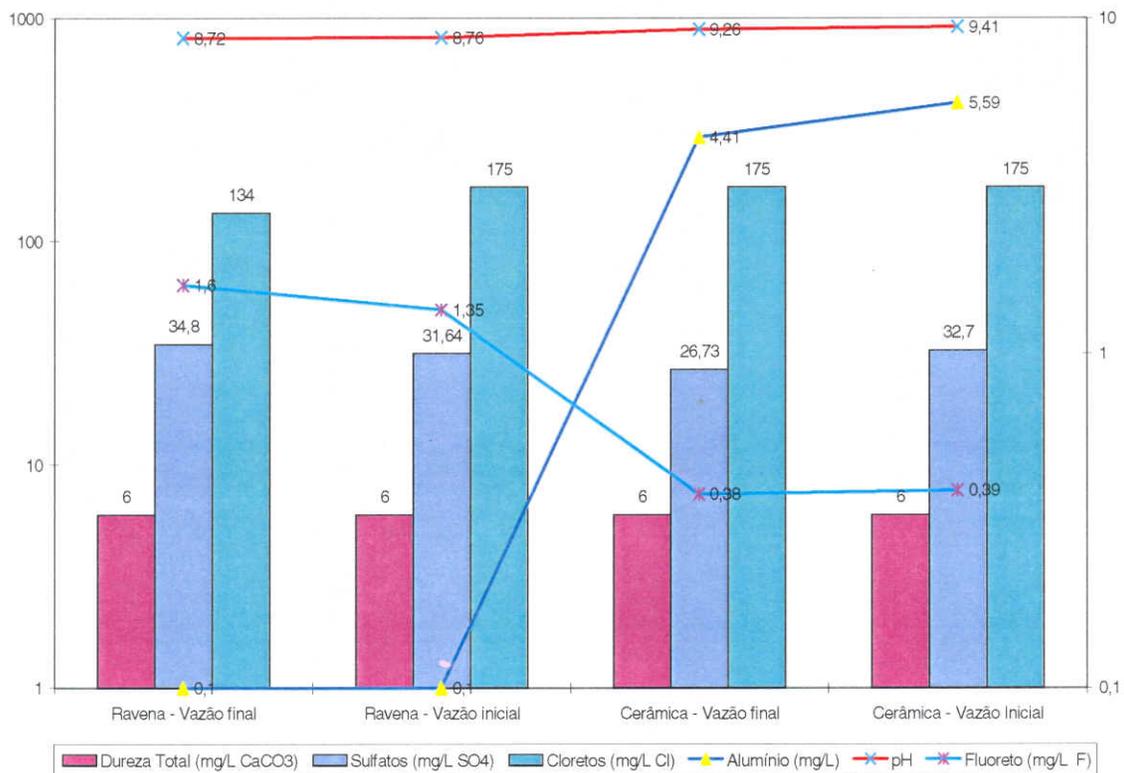


Gráfico V – Análise Físico Química – produto alumina ativada (DF.2) amostra de Vaqueta

Essa alternativa, do uso da alumina ativada, foi descrita na bibliografia consultada (Maier, 1963; Voznaya, 1984). Contudo, não foi informada a incorporação do alumínio à água; que realmente ocorre, conforme os resultados obtidos nas experiências realizadas. Além disso o produto não era de fabricação nacional.

4.1.3 - Experiências com Resinas

Décima primeira experiência – Percolação de água em excesso de flúor por resina aniônica (DF.3.1) e catiônica (DF.3.2) separadamente

Utilizou-se o mesmo procedimento para as

duas resinas. Percolou-se 3 litros da amostra de água de Novo Horizonte em um recipiente de plástico adaptado contendo 300 gramas de resina.

Foi solicitada uma análise físico-química da água filtrada para que se observassem as possíveis alterações nos parâmetros naturais das águas de acordo com o VMP (valor máximo permitido) pela portaria n.º 518/04.

Os resultados são apresentados a seguir:

Tabela 18. Resultados de filtração por resina com amostras de Novo Horizonte – 2005

Análise	VMP	Resultado	
		DF.3.1	DF.3.2
Alumínio (mg/L)	0,2	<0,2	<0,2
Cloretos (mg/L Cl)	250	243	82,5
Dureza Total (mg/L CaCO3)	500	24	3
Fluoreto (mg/L F)	1,5	0,59	1,8
PH	9,0	8,3	2,5
Sulfatos (mg/L SO4)	400	1,94	24,7

Décima segunda experiência – Percolação da água através de resina mista catiônica e aniônica.

Filtrou-se 1 litro de água da amostra de Novo Horizonte através de uma camada (267,18g) de resina mista catiônica e aniônica, produto utilizado pela COPASA nos Deionizadores do Laboratório Central. Os resultados foram:

Tabela 19 – Resultados da percolação de água das amostra de Novo Horizonte por resina mista – 2005

Análise	Novo Horizonte
Vazão	3.330mL/h
pH	Natural 8,5/ Final 5,5
Flúor	Natural 5,61 ppm/Final < 0,1 ppm

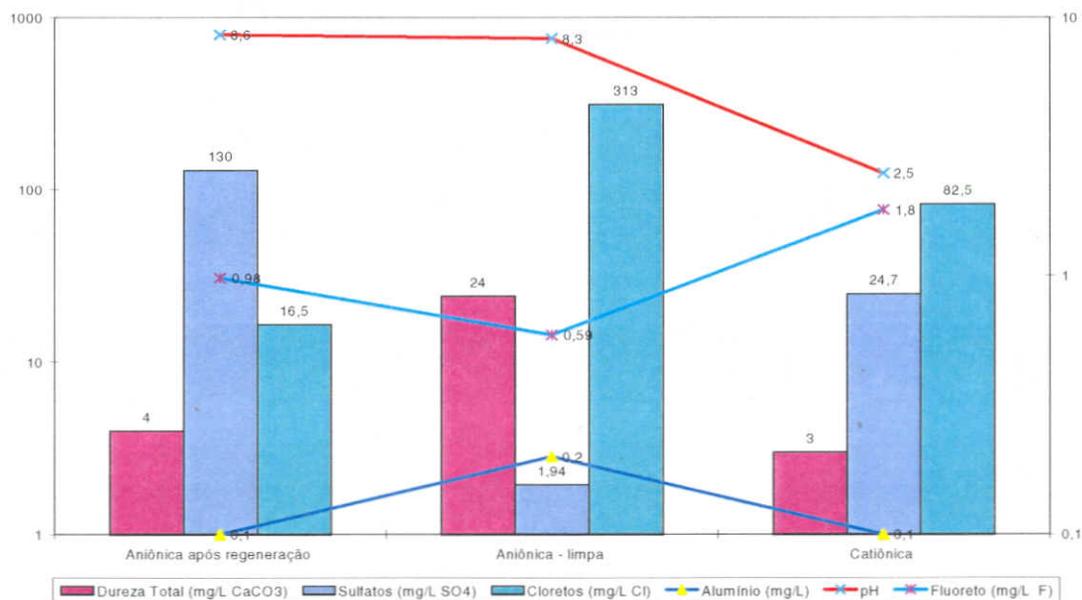


Gráfico VI – Análise físico química – resina aniônica e catiônica (DF 3) amostra de Novo Horizonte

Concluiu-se que resina aniônica pode ser usada com sucesso na remoção de fluoretos. Sua aplicação contudo fica condicionada ao custo de sua aquisição já que se trata de um produto importado. Na regeneração das resina são utilizados

solução de ácido clorídrico, solução de soda cáustica, e, posteriormente, lavagens com água comum e com água destilada e deionizada até que a condutividade seja inferior a 2 Mscm.

4.1.4 - Experiências com Sulfato de alumínio

Décima Terceira experiência – Teste do jarro com produto defluoretador (DF.4) sulfato de alumínio e filtração de águas com excesso de flúor através de velas de cerâmica microporosa comum e de carvão ativado.

Pesaram-se as seguintes proporções para as duas amostras de água:

- 1:1.000 = 1g em 800mL
- 1:2.000 = 2g em 800mL
- 1:3.000 = 3g em 800mL

Agitou-se a solução por 30 minutos em 110rpm. Após agitação, ela foi deixada em repouso para floculação e decantação do produto defluoretador. Em seguida, filtrou-se em vela de cerâmica micro porosa em recipiente de plástico adaptado.

Os resultados foram:

Tabela 20. Resultados a partir de jar test com defluoretador sulfato de alumínio e filtração por cerâmica micro porosa amostra de Vaqueta - 2005

Análise	VMP	Vaqueta			
		1g	2g	3g	1g
Fluoreto (mg/L F)	1,5	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
pH	9,5	7,5	7,8	7,6	7,6

Após analisar e observar que houve redução total (de acordo com a curva de calibração do equipamento utilizado), pesaram-se dosagens menores 0,3g e 0,5g de sulfato de alumínio. Adicionou-se a

800mL de amostra de água de Novo Horizonte em 2 béqueres e repetiu-se o processo e, após nova análise, verificou-se que:

Tabela 21. Resultados a partir de jar test com defluoretador sulfato de alumínio e filtração por cerâmica micro porosa amostra de Novo Horizonte - 2005

Análise	VMP	Novo Horizonte	
		0,3 gramas	0,5 gramas
Fluoreto (mg/L F)	1,5	0,2	0,52
pH	9,0	10,67	7,38

O Sulfato de Alumínio $Al_2(SO_4)_3$ usado como floculante reage também com o fluoreto da água formando AlF_3 que é removido junto ao floco que decanta. Na décima terceira experiência, foi realizado o teste do jarro com Sulfato de Alumínio P.A. (DF.4) para determinar a melhor dosagem. A tabela 20

mostrou que houve remoção excessiva de fluoreto e redução do pH para valores inferiores a 6 (seis) que é o limite inferior da portaria 518. Na tabela 21, a dosagem 0,5g mostrou um melhor resultado com redução do fluoreto a 0,52 mg/L e pH de 7,38.

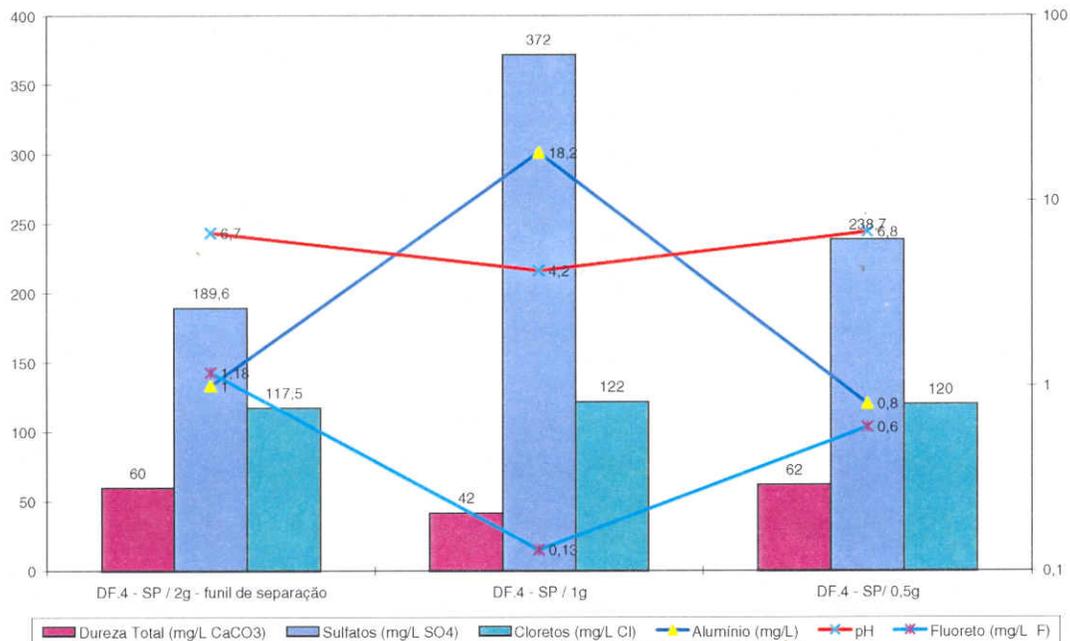


Figura 8 - Experiência com Sulfato de Alumínio

Uma vez definida a dosagem ótima do sulfato, o procedimento pode ser empregado num funil de separação onde se coloca o produto na água e, após agitar, deixa-se decantar, separando-se a parte de baixo onde foi decantado o sulfato, aproveitando-se a parte superior. Esse procedimento poderá ser usado em domicílios rurais onde o funil de separação

de 2 litros. Assim coloca-se o sulfato em 2L de água, agita-se e coloca em decantação a garrafa invertida e tampada, tendo um furo no fundo para o equilíbrio da pressão. Após decantação, rapidamente esgota-se a parte de baixo e aproveita-se a água que sobrou.

Para o tratamento de águas superficiais, contendo excesso de flúor com estações convencionais, o sulfato de alumínio pode ser empregado como floculante e remoção parcial do fluoreto. Contudo outro dispositivo pode ser necessário para o ajuste final da remoção de fluoretos. Em poços profundos onde a concentração de fluoretos tenha valores excessivos pode-se a usar a adição de sulfato com decantação numa etapa e, posteriormente, passar a água através de um filtro onde a camada de percolação é outro produto defluoretador. Nestes casos, a operação de tratamento deverá controlar todos os fatores intervenientes no processo de modo a atender os parâmetros da portaria n.º 518 do Ministério da Saúde. Os resultados das análises físico-químicas são apresentadas a seguir:



pode ser substituído por uma garrafa PET

Gráfico VII – Análise físico química do produto sulfato de alumínio líquido (DF.4), amostra de Novo Horizonte

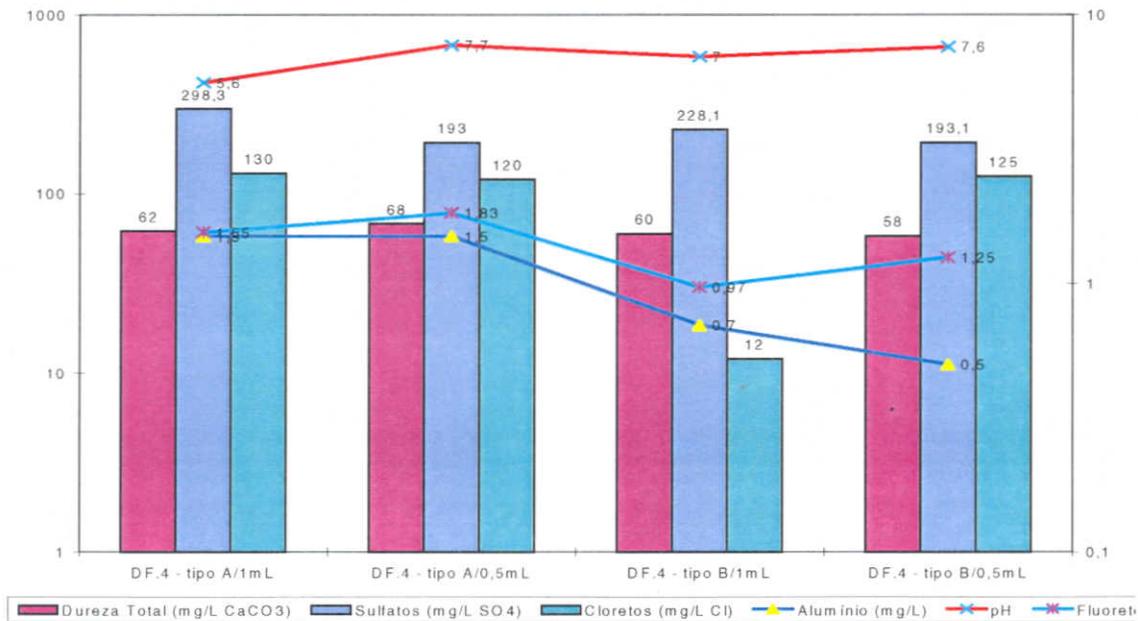


Gráfico VIII – Análise físico química do produto sulfato de alumínio (DF.4) pó, amostra Novo Horizonte

4.1.5 - Experiências com zeólita

Décima quarta experiência – Determinação do peso específico aparente, peso específico real e porosidade da zeólita (DF. 5)

Pesou-se em uma proveta 100mL = 201,26 gramas de produto defluoretador (adensou-se manualmente). Adicionou-se 100mL de água destilada dando resultado final de 152mL.

Logo, 48mL de água ocupou os vazios da zeólita.

Índice de porosidade = 48%

Peso específico aparente ou relativo

$$\frac{201,26g}{100mL} = 2.012,6kg/m^3$$

Peso específico real

$$\frac{68,44g}{52mL} = 3,865g/mL$$

Décima quinta experiência – Percolação de água com excesso de flúor por zeólita (DF.5)

Fez-se percolar amostra da água de Novo Horizonte por um recipiente plástico adaptado com 200 mL de zeólita que equivale à 407,72 gramas do produto defluoretador

Com esse procedimento, fez-se a mesma experiência duas vezes, antes e após várias lavagens do produto até que eliminasse todo o pó preto e foi solicitada uma análise físico química da água filtrada para que se observassem as possíveis alterações nos parâmetros naturais das águas de acordo com o VMP (valor máximo permitido) pela portaria n.º 518/04.

Os resultados foram:

Tabela 22. Resultados a partir de percolação com excesso de flúor por produto defluoretador zeólita

Análise	VMP	Resultado	
		Seco	Após lavagens
Alumínio (mg/L)	0,2	0,99	1,08
Cloretos (mg/L Cl)	250	113,5	113,5
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	500	52	52
Fluoreto (mg/L F)	1,5	1,24	2,01
pH	9,0	8,1	7,5
Sulfatos (mg/L SO ₄)	400	101,9	70,3

Zeólita seria uma alternativa para a redução de flúor, porém, como existe alumínio em sua composição e no processo de percolação deixa resíduo além do limite tolerável, para viabilizar a sua aplicação

teriam que se buscar outros tratamentos a fim de reduzir ou remover o alumínio. Além disto, em virtude de seu preço elevado em relação a outros produtos, o seu uso não seria recomendado.

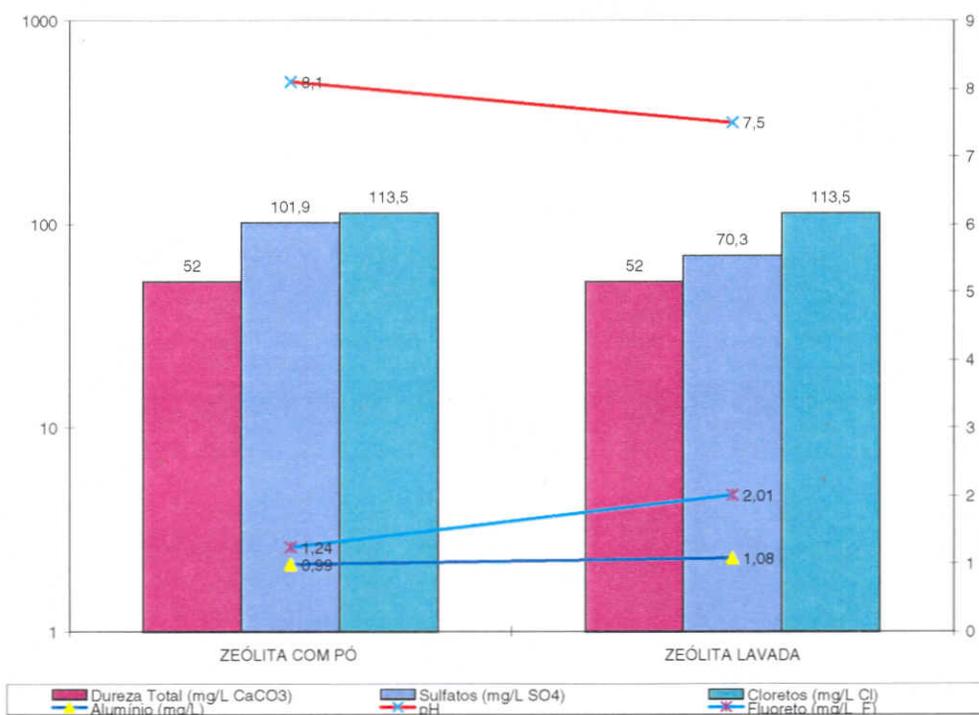


Gráfico IX – Análise físico química produto zeólita (DF.6) amostra de Novo Horizonte

4.1.6 Experiência com sílica calcinada

Décima sexta experiência – Filtração de água com excesso de flúor através de areia calcinada (sílica calcinada)

Dada a impossibilidade de se encontrar sílica ativada, como outra alternativa para

redução de fluoreto, utilizou-se uma amostra de areia de filtro calcinada a 600°C, durante 1,5 horas em sua substituição. Adaptou-se um filtro utilizando uma garrafa PET em posição de funil com furos em sua tampa para que a água percolasse entre a coluna de 1kg de areia calcinada e houvesse a troca de íons. Os resultados são apresentados a seguir:

Tabela 23. Percolação de água com excesso de flúor por coluna de defluoretador sílica calcinada amostras de Vaqueta e Novo Horizonte – 2005

Análise	VMP	Novo Horizonte	Vaqueta
Alumínio	0,2	1,23	0,44
Cloretos	-	120	172,5
Condutividade	-	950	880
Dureza total	500	80	10
Fluoretos	1,5	3,8	2,5
pH	8,5	8,3	8,5
Sulfatos	400	90	55

Apesar de não apresentar uma redução significativa, essa experiência não alterou significativamente o pH. Por essa razão, na falta de outro produto, a sílica calcinada pode ser utilizada em locais onde o teor de fluoreto não é muito elevado.

4.1.7 Outras experiências realizadas

Décima sétima experiência – Experiência com produto defluoretador amina

De acordo com o trabalho de Castro (2003), que desenvolveu uma resina a partir da reciclagem de poliestireno via funcionalização (isopor) e hidrogenado para a produção de amina, fez-se a experiência: em 25mL de amostra de água de Novo Horizonte acrescentou-se 0,19g de resina amina deixando em contato por um período de 48hs para que houvesse a troca aniônica. Fez-se a leitura:

Tabela 24. Resultados a partir de tempo de contato com produto defluoretador amina amostra de água de Novo Horizonte – 2005

Teor Natural da água de Novo Horizonte	Resultado após experiência
8,6	8,76
5,61 mg/L	3,5 mg/L

Com esse resultado observou-se que o pH teve uma pequena elevação e houve uma redução de 37,5% de fluoreto. Apesar de ter reduzido o teor de flúor, esse valor não é significativo, de acordo com a portaria 518 que exige que o valor máximo permitido seja de 1,5ppm. Não foram realizadas outras tentativas por falta de material.

Décima oitava experiência – Uso do cloreto férrico

Como o cloreto férrico é um floculante usado em substituição ao sulfato de alumínio, fez-se um teste de jarro, que apresentou os seguintes resultados:

Tabela 25. Resultados de jar test com defluoretador cloreto férrico com amostras de Vaqueta e Novo Horizonte - 2005

Análise	VMP	Novo Horizonte			Vaqueta		
		0,25mL	0,5mL	1,0mL	0,25mL	0,5mL	1,0mL
Alumínio	0,2	<0,2	0,69	2,91	0,20	2,17	3,13
Cloretos	-	162,5	300	480	245	317	550
Dureza total	500	54	70	70	14	14	10
Fluoretos	1,5	4,4	3,78	3,28	2,78	2,37	0,48
pH	8,5	7,4	6,3	2,7	7,4	3,1	2,4
Sulfatos	400	73,85	87,88	91,39	59,82	54,56	91,33

Verificou-se que esse produto pode ser usado como alternativa de floculante reduzindo o flúor, porém apresentando os mesmos problemas do sulfato de alumínio referentes ao resíduo. Assim pode ser utilizado num sistema em que outras unidades de tratamento e outros produtos integram um sistema completo de tratamento da água.

4.2 – Experiências desenvolvidas no campo

Entre os dias 15 e 19 de março de 2.005 foram visitadas as comunidades de Alto São João, Mocambo, Novo Horizonte e Vaqueta, além de Santana.

As localidades de Alto São João e Mocambo atualmente estão com abastecimento sem excesso de flúor. Assim foram instalados nos distritos de Novo Horizonte e Vaqueta 05 (cinco) dispositivos a saber:

Em Novo Horizonte

- 01 dispositivo na torneira da cozinha da Escola Rural – filtro com 400grams de DF.1 e 150 gramas de carvão ativado. O custo estimado do dispositivo foi de R\$40,00 e do reparo (refil) R\$10,00.

- 01 dispositivo na torneira da copa da fazenda onde está a escola – filtro com 150 gramas de DF.1 e 70 gramas de carvão ativado. O custo do dispositivo foi de R\$ 20,00 e do reparo (refil) R\$ 4,00.
- 01 filtro de cerâmica com vela cerâmica envolvida com 900 gramas do produto defluoretador DF.1 na casa do responsável operacional pelo poço profundo da localidade. O custo estimado do filtro foi de R\$ 25,00, custo da vela cerâmica R\$ 8,00, custo do frasco plástico R\$ 3,00 e do produto defluoretador R\$ 2,00, totalizando R\$ 38,00.

Em Vaqueta

- 01 dispositivo na localidade denominada Fazendinha, no tanque que recebe água direto do poço – filtro lotando 150 gramas de DF.1 e 70 gramas de carvão ativado.
- 01 filtro de cerâmica com vela envolvida com 900 gramas do produto defluoretador DF.1. Os custos são os mesmos dos dispositivos colocados em Novo Horizonte.



Figura 9 - Dispositivos de filtros

Em Vaqueta existe, junto ao poço, um sistema de dessalinização da água por um equipamento de Osmose Reversa marca Waterlink, importado dos Estados Unidos, que estava desativado. Esse sistema foi implantado pela COPASA por meio do Programa OGU/97 do Governo Federal que financiou a fundo perdido cerca de 16 comunidades rurais. Após implantação dos sistemas e treinamento de 3 pessoas em cada comunidade, em 1999, os sistemas foram entregues às comunidades que passaram a ter a responsabilidade por sua operação e manutenção, juntamente com as prefeituras municipais. Depois disto, segundo informações locais, não houve mais atuação da COPASA, nem do Governo Federal. O líder comunitário e o operador informaram que o sistema estava desativado por falta do pré-filtro e a comunidade não tinha conseguido os cerca de R\$300,00 necessários a sua compra; além disso, desde sua implantação, o

sistema nunca recebeu revisão ou manutenção. Consultando outras localidades onde o sistema de Osmose Reversa foi instalado constataram-se situações similares de abandono e dificuldades de operação e manutenção.

Nova viagem foi feita ao município de São Francisco entre os dias 17 a 21 de maio de 2005. Foram visitadas as comunidades de Mocambo, Novo Horizonte e Vaqueta. Além disso, foram realizadas quatro reuniões: a primeira delas, com o Prefeito José Antônio de Rocha Lima, Secretária de Saúde Ione Pereira do Reis e o Secretário de Ações Comunitárias e Recursos Hídricos Miguel Paulo. Nessa reunião foram discutidos os resultados do trabalho desenvolvido pela UFMG (Menegasse, 2003), segundo os quais, além das quatro comunidades já estudadas, outras nove apresentavam teor de fluoretos acima de 0,8 mg/L a saber:

Tabela 26. Localidades sem levantamento clínico - epidemiológico cujos poços apresentam teores acima de 0,8mg/L

Localidade	Data da perfuração do poço	Concentração de flúor (mg/l)
Barreiro dos Angicos	12 - 1995	2,20
Barreiro das Cabeceiras	06 - 1996	0,95
Brejo do Angicos	04 - 1990	2,60
Croá	06 - 1998	1,00
Fazenda Mangai	03 - 1996	0,99
Fazendas Reunidas	03 - 1990	1,28
Fazenda Riacho Seco	11 - 1995	1,38
Furado Grande	11 - 1994	1,37
Tamanduá II	06 - 1999	1,20

Fonte: (Menegasse, 2003)

Como medida de curto prazo, as comunidades deveriam ser orientadas a fornecer água de boa qualidade para as crianças de 0 a 6 anos, período em que o fluoreto pode ser incorporado à dentição decídua e permanente.

Assim, foi feita a segunda reunião com os profissionais da saúde, a qual compareceram 21 pessoas entre médicos, dentistas, enfermeiros e nutricionista.

A terceira reunião foi realizada com a comunidade de Mocambo para mostrar as vantagens da água tratada, pois, naquela data, a comunidade convivia com a água do poço profundo que tinha excesso de flúor ou com uma água que vinha da represa da Jibóia, que era sem tratamento. Caberia à comunidade reivindicar o tratamento de água através da ação da prefeitura, ou da adesão à COPASA por meio de um contrato de concessão com anuência das partes

A quarta reunião contou com a presença do Secretário de Ações Comunitárias e Recursos Hídricos e as lideranças comunitárias das localidades afetadas. Naquela ocasião, foi sugerido que, os moradores que possuíssem crianças de 0 a 6 anos deveriam providenciar, para elas, água de bebida de uma fonte de água tratada, seja de alguma comunidade vizinha ou da própria sede municipal, até que fosse resolvido o problema do tratamento das águas,

Na comunidade de Novo Horizonte, foram verificados os três dispositivos instalados. Verificou-se que eles diminuíram a vazão e a capacidade de redução (por colmatação e saturação), mas ainda continuavam funcionando. Dois dispositivos de reparo (refil) foram deixados em São Francisco para posterior substituição.

Na comunidade de Vaqueta, foram verificados os dois dispositivos instalados. Na localidade denominada Fazendinha, foi removido o filtro e colocado outro dispositivo montado num tubo diâmetro de 50mm PVC cola com 300gramas de carvão ativado e 1Kg de defluoretador DF.2 (granulado). O filtro retirado foi montado na residência de outro morador da Vaqueta - Sr. Izuperis, tendo sido trocado o reparo (refil).

O filtro de cerâmica com vela envolvida de DF.1 foi mudado da residência do Sr. José Gomes, que não o usou, para a casa do líder comunitário, Sr. Manoel Messias. Segundo ele, a comunidade conseguira o dinheiro por meio de contribuições dos moradores e o dispositivo do pré-filtro (dois filtros de polipropileno de acordo com o catálogo do equipamento) estava encomendado, devendo o sistema de osmose reversa ser reativado. Contudo as dúvidas persistem: como estão as membranas do equipamento? Como estão as características da água produzida uma vez que não há controle de sua qualidade? Outra discussão que deve ser realizada é sobre o nível de complexidade do sistema a ser implantado em comunidades onde não haverá supervisão e monitoramento contínuo por parte de agências que possuem capacidade para tal.

Das experiências de campo em domicílios, concluiu-se que o êxito dos resultados depende do interesse individual. Além disso será necessário sempre, um apoio técnico para monitorar os resultados, que variam ao longo do tempo, e para substituir as substâncias defluoretadoras ou os reparos (refil).

A situação brasileira é diferente da situação relatada em Sri Lanka (Dissanayake, 1996), pois naquela região o que predomina são poços com bombas manuais espalhadas nos locais, enquanto em São Francisco as comunidades são abastecidas por poços profundos, reservatório e redes de distribuição. Logo é necessário analisar se a solução mais adequada seria o uso doméstico de dispositivo defluoretadores ou o tratamento total da água do poço. Nesse caso, deve haver um projeto, com dimensionamento adequado das unidades, implantação técnica e um programa de operação e manutenção do sistema, inclusive com treinamento dos operadores. Este trabalho procurou alternativas que sejam econômicas e utilizem recursos disponíveis na região. Contudo a busca pela melhor tecnologia e o melhor sistema de acompanhamento e desenvolvimento da atividade de saneamento básico devem continuar.



Figura 10 - Reunião com líderes comunitários

4.3 Considerações pertinentes ao trabalho

A Portaria n.º 518/2004 do ministério da Saúde, que se encontra em vigor, apresenta requisitos de tal complexidade e minúcias para o controle da qualidade da água a ser distribuída, que os órgãos responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água necessariamente devem possuir capacidade técnica para monitorar, de maneira contínua e permanente, os aspectos físicos, químicos, biológicos e organolépticos da água. Entretanto essa capacidade não existe na maioria dos municípios brasileiros. Assim é necessário o suporte em nível estadual e até mesmo federal de modo a garantir a qualidade da água distribuída à população humana. Além disso as exigências de qualidade da água devem se estender às atividades da pecuária em dessedentação de animais e agricultura, principalmente nessa última no que se refere ao cultivo de verduras e leguminosas, cuja qualidade da água usada como insumo apresenta níveis crescentes de exigências.

A utilização de compostos de alumínio para redução do teor de fluoretos mostra-se bastante satisfatórios, embora possa ocorrer o aumento do teor de alumínio, cujo V.M.P. (Valor Máximo Permitido) pela portaria 518/2004 do Ministério da saúde seja de

0,2mg/L. Segundo recomendações da OMS (Guidelines ..., 2004) sobre a qualidade da água potável, o limite para a concentração do alumínio não se deve a questões de saúde, mas às reclamações dos consumidores sobre depósito de flocos de hidróxido de alumínio no sistema de distribuição. De acordo com "Joint FAO/WHO Expert committee on Food Additives (1989)" o limite tolerado de ingestão semanal do alumínio foi estimado em 7mg por quilograma de massa corpórea (Shigeoka, 1999).

Freitas et al. (2001) informam que, embora a concentração de alumínio na água esteja limitado por aspectos organolépticos, há um debate, no setor médico, sobre o papel desse metal na incidência do mal de Alzheimer, que é uma doença cerebral degenerativa de etiologia desconhecida caracterizada pela presença de um grande número de estruturas neurofibrilares e placas senis em certas regiões do cérebro. O alumínio é um composto neurotóxico que pode causar encefalopatia grave em pacientes que sofrem hemodiálise, podendo levar a distúrbios neurológicos. O tipo de associação entre os depósitos de alumínio no cérebro, a neuroquímica da formação de placas e o mal de Alzheimer ainda está sendo investigado.

Da mesma maneira que as doenças infecto-contagiosas exigem um sistema de notificação, monitoramento e controle informatizado permanente, as agências de saúde bucal dos Governos Federal, Estadual e Municipal devem criar e manter sistema similar. Para tanto, pode-se usar software como o EPI-INFO, contendo dados sobre a saúde bucal: índice de dentes cariados, perdidos e obturados da dentição decidua- CEO ou permanente- CPOd, doenças gengivais e fluorose. Os benefícios desses procedimentos refletiriam, a médio e longo prazo, no planejamento e no resultado das ações de saúde.

Pôde-se concluir que alternativas de solução aos problemas de poços profundos com excesso de flúor são viáveis técnica e economicamente. As alternativas vão desde medidas de emergência como o fornecimento imediato de água potável para as crianças de 0 a 6 anos, distribuição de embalagens de água para uso de bebida e cocção, captação das águas das chuvas, até medidas efetivas como a mudança da fonte de captação da água para outra mais adequada, o tratamento parcial ou total da água distribuída, não se justificando a existência das situações anômalas que existem em nosso país. Isso posto, passou-se as conclusões das pesquisas realizadas

5 CONCLUSÕES

O produto de ossos calcinados mostrou ser eficaz e de menor custo.

A alumina ativada pode ser usada na defluoretação das águas com o controle do teor de alumínio final.

A resina aniônica pode ser considerada um bom produto a ser usado em processos de tratamento por agências que possua a tecnologia de sua regeneração a fim de minimizar o custo de sua reposição.

O sulfato de alumínio, bem como o cloreto férrico podem ser usados isoladamente ou combinados com outros produtos em sistemas de tratamento com unidades de mistura, floculação, decantação, filtração e

correção final envolvendo outros parâmetros de qualidade da água a serem controlados.

A zeólita experimentada foi considerada inadequada como defluoretador.

A experiência com a areia de filtro calcinada mostrou resultado positivo na redução do teor de fluoreto podendo ser usado com alternativa à alumina ativada.

Quanto à resina derivada do isopor, outros estudos deverão ser realizados quando a mesma estiver disponível no mercado.

As interferências dos produtos em outros parâmetros de qualidade de água com o pH e alumínio residual devem ser consideradas para garantia da eficácia do processo de defluoretação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Decreto n. 76.872 de 22 dez. 1975. Regulamenta a lei n. 6.050 de 24 maio 1974. Dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de abastecimento. *Diário Oficial da União*, 23 dez. 1976. Seção 1.

BRASIL. Lei n. 6.050 de 24 maio 1974. Dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de abastecimento quando existir estação de tratamento. *Diário Oficial da União*, 27 maio 1974. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Lei n.8080 de 19 set. 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 20 set. 1990. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 635/ Bsb, de 26 dez. 1975. Aprova normas e padrões sobre fluoretação da água dos sistemas públicos de abastecimento, destinados ao consumo humano. *Diário Oficial da União*, 30 jan. 1976. Seção 1.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 518/GM de 25 mar. 2.004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade e de outras providências. *Diário Oficial da União*, 26 mar. 2004. Seção1.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n.º 22 de 20 dez. 1989. Fluoretação de dentifrícios e enxaguatórios bucais no Brasil. *Diário Oficial da União*, 22 dez. 1989. Seção 1.
- CASTRO, M. C. R. *Reciclagem de poliestireno via funcionalização e via obtenção de impermeabilizante de usos múltiplos*. 2004. 141 f. Dissertação (mestrado em química inorgânica) - Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CLARKSON, J.V. Review of terminology, classifications and indices of developmental defects of enamel. *Adv. Dent. Res.*, v.3, n.2, p.104-109, sep. 1989.
- CLARKSON, J. V.; O'MULLANE, D. M.; O'HICKEY, S. The prevalence of enamel defects using a modified DDE index. *J. Dent. Res.*, v.67, p.229. Abst.n.935. 1989.
- CURY, J. A. Uso do flúor. In: BARATIERI; L. N.; ANDRADA, M. A. C.; MONTEIRO JUNIOR, S., (Eds). *Dentística: procedimentos preventivos e restauradores*. São Paulo. Quintessence. 1992.
- DAHI, E; MTALO, F; NJAU, B.; BREGNHJ, h. Defluoridation using the Nalgonda technique in Tanzania. In: WATER ENGINEERING DEVELOPMENT CENTRE CONFERENCE, 22. ed., 1996, New Dehli, India,. *Proceedings...* New Dehli, Índia, 1996. p.266-268
- DEAN, H. T., MCKAY, F.S. Production of mottled enamel halted by a change in common water supply. Kansas City. 1938. In: McClure, F.J.(Ed.). *Fluoride Drinking Waters*. Betlesda: National Institute of Dental Research, 1962. p.71-74
- DE MASI, D. (Org). *A emoção e a regra: os grupos criativos na Europa de 1850 a 1950*. 6.ed Rio de Janeiro: José Olimpo 1999.
- DISSANAYAKE, C. B. Water quality and dental health in the Dry Zone of Sri Lanka. In: APPLETON, J.D.; FUGE, R.; McCALL, G. J. H. (Eds) *Environmental geochemistry and health*. London: Geological Society. 1996. p. 131-140.
- EAGER, J. M. Denti di chiaie teeth (Chiaie teeth). In: McCLURE, F. J. (Ed.). *Fluoride Drinking Waters*: Betlesda, National Institute of Dental Research. 1962 p.2
- FEJERSKOV, O.; MANJI, F.; BAEUM, V.; MOLLER, I. J. *Fluorose dentária: um manual para profissionais de saúde*. São Paulo: Santos, 1994 112p.
- FERNANDES, J. M. S. *Análise técnica, econômica e social do processo de fluoretação das águas de Belo Horizonte*. 2000. 230f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FERREIRA, E. F. *Fluoretos: entre a saúde e a doença*. 2000.65 f.Tese (Doutorado em Ciência Animal- Epidemiologia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FLUORACION de la sal. Washington, D.C.: OMS/OPS, 1976. 84p (Publicacion científica, 335)
- FORATTINI, O. *Epidemiologia geral*. São Paulo: Artes Plásticas, 1980
- FOSSAERT, D. H.; LLOPIS, A.; TIGRE, C.H. Sistemas de vigilância epidemiológica. *Bol. Ofic. Panamer.*, v. 76; n.6, p.512-525, jun. 1974.
- FREITAS, M. B. ; BRILHANTE, O. M; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cad. Saúde Públ*, n. 3, 2001. Disponível em: < <http://www.scielo.br> > .Acessado em 07.07.2005.

- GOMES, C. L. Alguns aspectos odontomédico-sanitários da fluoretação das águas. *Rev. Assoc. Méd. Minas Gerais*, v.22,n.4, p. 197-210, dez. 1971.
- GRIMPLASTCH, B. S. Fluoretação das águas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 7., 1973. Salvador. *Anais ...* Salvador: ABES, 1973. 22p.
- GUIA de vigilância epidemiológica. 4 ed. Brasília: FUNASA, 1998.
- GUIDELINES for drinking water quality, Recommendations. 3. ed.[s.l.]: OMS, 2004. Disponível em: <[Http://www.who.int/water_sanitation.health/dwq/en/comcontents.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/comcontents.pdf)>. Acessado em: 05.07.2005.
- HOROWITZ, H. S.; DRISCOLL, W. S.; MEYERS, R. J. et al. A new method of assessing the prevalence of fluorosis: the tooth surface index of fluorosis. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.109, p. 37-41, jul. 1984.
- HOROWITZ, H. S. Indexes for measuring dental fluorosis. *J. Pub. Hlth Dent.*, v.46, n.4, p. 179-183, 1986.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. 2005. Disponível em <<http://ibge.gov.br>>. Acessado em 20.06.2005.
- JAMODE, A. V.; SAPKAL, V. S.; JAMODE, V. S. Defluoridation of water using inexpansive absorbents. *J. Indian Inst. Sci.*, v.84, p.163-71, sep-oct. 2004.
- MAIER, F. J. *Fluoruración del agua potable*. Washington D.C.: OPS/OMS, 1971. 253p. (Publicación Científica, 203).
- MAIER, F. J. *Manual of water fluoridation practice*. [s.l.]: McGraw Hill Book Company, 1963.
- MALETTA, C.H.M. *Bioestatística: saúde pública*. 3. ed. Belo Horizonte: Ed. Independente, 2000.
- MANUAL prático de fluoretação de água potável. Washington, D.C.: OMS/OPS, 1975. 120p. (Documento, HP/DH/31/P).
- MARCOS, B. *Pontos de epidemiologia*. Belo Horizonte: ABO/MG, 1984. 389p
- McCLURE, F. J. (Ed.). *Fluoride Drinking Waters*: Bethesda, National Institute of Dental Research. 1962. 636p.
- McCLURE, F. J. *Water fluoridation: the search and the victory*. [s.l.]: US Department of Health Education and Welfare, 1970.
- McGLEE, T.J. *Waters supply and sewerage*. 6. ed. New York: McGraw Hill. [s.d.]
- MENEGASSE, L. N. (Coord.). *Origem do flúor na água subterrânea e sua relação com os casos de fluorose dental no município de São Francisco, Minas Gerais – Belo Horizonte*: IGC/FO/UFMG, 2003. 138p.(Relatório de pesquisa – FAPEMIG)
- MINAYO, M. C. S.; MIRANDA, A. C. (Org) *Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós*. Rio de Janeiro. FIOCRUZ, 2002. 344p.
- MJENGERA, H; MKONGO, G. Appropriate defluoridation technology for use in fluorotic areas in Tanzania. *PHys. Chem. Earth*, v.28, p.1097–1104, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acessado em: 05.07.2005.
- MOGES,G.; ZEWGE, F.; SOCHER, M. Preliminary investigations on the defluoridation of water using fired clay chips. *J. african Earth Sci.*, v.21, n.4, p.479-82.1996
- NAYLOR, J. M., RALSTON, S. L. *Large animal clinical nutrition*. Sto Louis: Mosby, 1991. 576p.
- NUNES, I. J. *Nutrição animal básica 2ªed*. Belo Horizonte: FEP-MVZ. 1998. 387p.
- OBJETIVOS , estrutura e atribuições do Centro Nacional de Epidemiologia. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLOGICA, 1993, Brasília. *Anais* Brasília: CENEPI, 1993.
- PAIVA S.M., LIMA Y.B.O., CURY J. A. Fluoride intake by Brazilian children from two communities with fluoridated water. *Comm. Dent. Oral Epidemiol.*, v. 31, n.3, p.184-91, jun. 2003.

- PROBLEMA de saúde no meio ambiente. Belo Horizonte: Imprensa Oficial de Minas Gerais, 1984. (Problemas tratados na Conferência Mundial sobre Meio Ambiente, Estocolmo, 1972).
- PROJETO SB Brasil 2.003: condições de saúde bucal da população brasileira 2002/2003. Brasília. Ministério da Saúde, 2.004. 51p
- RECOMENDACIONES administrativas y tecnicas para la fluoruración del agua. Washington D.C.: OMS/OPS, 1997. 45p.
- REPORT on fluoride: benefits and risks. Atlanta: Public Health service, 1991. 8p.
- Resolução do CONMETRO n.º 121 de 1988. Quadro geral de unidade de medida
- REVISION al fluororo: beneficios e riesgos. [s.l.] Departamento de salud y servicios humanos/ Servicio de Saude Publica, 1991.113p
- ROUQUAYROL, M. Z.; ALMEIDA FILHO, N. A. *Epidemiologia & Saúde*. Belo Horizonte: Ed. MEDSI, 1999.
- Salud oral. Washington D.C.: OMS/OPS, 1997. 16p. (CD40/20).
- SEMINÁRIO SOBRE PREVENÇÃO DA CÁRIE DENTAL NO BRASIL. 1978. Brasília. *Relatório final...* Brasília: Ministério da Saúde, 1978.
- SHIGEOKA, D. S. *Tratamento térmico mínimo do suco de laranja natural*: estudo de viabilidade de armazenamento em latas de alumínio.1999. 67f. Dissertação (mestrado em química) Universidade de São Paulo. São Paulo, S. P..
- SISTEMA de informações operacionais – SIOP. Belo Horizonte: COPASA, 2005.
- THYLSTRUP, A.; FEJERSKOV, O. Clinical appearance and surface distribution of dental fluorosis in permanent teeth in revelation to histological changes. *Comm. Dent. Oral Epidemiol.*, v.6, n.6, p. 315-328, nov. 1978.
- VALENCIA, J. A. *Teoria, diseño y control de los procesos de clarificación del agua*. Lima. CEPIS/OPS/OMS. 1973.560p. (Serie tecnica 13).
- VARGAS, M. *Metodologia da Pesquisa Tecnológica*. Rio de Janeiro: Globo, 1985.
- VIEGAS, A. R.; VIEGAS, Y. Análise dos dados de prevalência da cárie dental na cidade de Campinas, SP, depois de dez anos de fluoretação da água de abastecimento público. *Rev. Saúde Públ.*, São Paulo, v.8, p. 399-409. 1974.
- VON SPERLING, F.; PULLITI, J. A.; ESPECHIT, J. N. et al. Programa de fluoretação da FSESP – MS no Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 7, 1973, Salvador. *Anais ...* Salvador: FSESP, 1973.
- VOZNAYA, N. F. *Chemistry of water & microbiology*. Moscow: Mir Publishers, 1983.
- WALDMAN, E. *Vigilância epidemiológica como prática de saúde pública*. 1991. 228f. (doutorado)- Faculdade de Saúde Pública de São Paulo, Departamento. de Epidemiologia, São Paulo.
- ZEVENBERGEN, C; VAN REEUWIJK, L. P; FRAPPORTI, G. et al. A simple method for defluoridation of drinking water at village Level by adsorption on Ando soil in Kenya. *Sci. Total Envirom.*, v. 188, p. 225–232, 1996.