



Fundação Nacional de Saúde

CADERNO DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA

6^o

Fundação Nacional de Saúde

**6º Caderno de Pesquisa em Engenharia de
Saúde Pública
Estudos e Pesquisas**

Brasília/DF, 2013

Copyright © 2004 Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde.
Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial. A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é da área técnica. A coleção institucional do Ministério da Saúde pode ser acessada, na íntegra, na Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde: <http://www.saude.gov.br/bvs>

Tiragem: 1ª edição – 2013 – 5.000 exemplares

Elaboração, distribuição e informações:

Ministério da Saúde
Fundação Nacional de Saúde
Departamento de Engenharia de Saúde Pública
Coordenação-Geral de Cooperação Técnica em Saneamento
Coordenação de Desenvolvimento Tecnológico em Engenharia Sanitária
Setor de Autarquias Sul, Quadra 4, Bloco N, 6º andar, Ala Sul
CEP: 70070-040, Brasília – DF
Tel.: (61) 3314-6278/6518
Home page: <http://www.funasa.gov.br>

Editor:

Coordenação de Comunicação Social
Divisão de Editoração e Mídias de Rede
Setor de Autarquias Sul, Quadra 4, Bloco N, 2º andar, Ala Norte
CEP: 70070-040, Brasília – DF
Tel.: (61) 3314-6440/6525

Impresso no Brasil/*Printed in Brazil*

Ficha Catalográfica

Brasil. Fundação Nacional de Saúde.
6º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública / Fundação Nacional de Saúde.
– Brasília: **Funasa**, 2013.
244 p.

1. Engenharia de saúde pública. 2. Saneamento básico. 3. Saneamento ambiental. I. Título.

CDU 614

Títulos para indexação:

Em inglês: 6º Book Research Public in Health Engineering
Em espanhol: 6º Cuaderno de Investigación de Ingeniería en Salud Pública

Sumário

Apresentação	5
Gestão dos odores em ETE utilizando o processo de biofiltração	7
Arranjos tecnológicos para tratamento de esgotos sanitários de forma descentralizada - ATED	35
Desfluoretação parcial de águas subterrâneas	75
Impacto das ações de saneamento na saúde das populações das terras indígenas Faxinal e Ivaí no Estado do Paraná	115
Avaliação da eficiência do protocolo de tratamento de água na ETA Vila C no controle de larvas de <i>Limnoperna fortunei</i>	145



Apresentação

A Fundação Nacional de Saúde – Funasa, fundação pública vinculada ao Ministério da Saúde, realiza ações de saneamento ambiental para os municípios brasileiros de até 50.000 habitantes, promovendo a saúde pública e a inclusão social, com excelência de gestão, em consonância com o Sistema Único de Saúde – SUS e com as metas do milênio. Atualmente, integra a linha de ação de investimentos em infraestrutura social e urbana do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), contemplando ações em saneamento.

As ações de inclusão social desenvolvidas pela área de engenharia de saúde pública envolvem a garantia dos direitos humanos fundamentais de promoção da saúde por meio de ações de pesquisa, concepção, projeto, construção e operação de obras e serviços de saneamento ambiental.

Até o ano de 1998, a Funasa recebia demanda espontânea de apoio a pesquisas, originárias de diversos grupos de pesquisadores ou dos próprios servidores que, dependendo de sua relevância, eram financiadas pela instituição na forma direta. No entanto, essa sistemática se mostrou incapaz de direcionar adequadamente os recursos disponíveis para pesquisas estratégicas da Funasa. Deflagrou-se a partir de 1999, um processo para tornar mais proativa a participação da Funasa, diferenciando-se de outros órgãos que têm como missão única o fomento às atividades de pesquisa.

Visando buscar soluções para resolver os problemas que limitam a eficácia de suas ações e desenvolver métodos e técnicas que ampliem a capacidade da instituição de intervenção foi criado, dentro do Plano de Ação 1999/2000 da Funasa, o Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Funasa, onde constava entre outras a área de engenharia de saúde pública. O objetivo do programa foi consolidar a Funasa como demandante de estudos e pesquisas aplicados. A proposta instituída compreendia as áreas de engenharia de saúde pública, epidemiologia e saúde indígena, além das pesquisas a serem desenvolvidas pelas áreas descentralizadas da Funasa e Ministério da Saúde, incluindo o Instituto Evandro Chagas e Fundação Oswaldo Cruz. A parte relativa às pesquisas na área de engenharia de saúde pública recebeu a denominação de Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento.

Os Cadernos de Pesquisa publicados até o momento são relativos aos resumos executivos das pesquisas, provenientes de três editais de convocação, lançados pela Funasa, o de nº 001/2000, o de nº 001/2001 e o de nº 001/2003 e perfazem um total de cinco (5) cadernos. Nos Cadernos de Pesquisa já publicados, o número de

pesquisas por áreas temáticas apresenta a seguinte frequência: o Abastecimento de Água, com dez (10) resumos executivos de pesquisas publicados; a Gestão em Saúde Pública, com nove (9) resumos executivos de pesquisas publicados; Resíduos Sólidos Urbanos, com cinco (5) resumos executivos de pesquisas publicados e, por fim, o Esgotamento Sanitário e as Instalações Sanitárias Domiciliares, com três (3) resumos executivos de pesquisas de cada.

O 6º Caderno de Pesquisa apresenta o resumo de (5) cinco pesquisas do Edital de nº 001/2003 nas áreas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, gestão em saúde pública e saúde dos povos indígenas.

A pesquisa coordenada por Cleverson Vítório Andreoli, intitulada “Avaliação da eficiência do protocolo de tratamento de água na ETA Vila C no controle de larvas de *Limnoperna fortunei*” objetivou avaliar a eficiência das diferentes etapas do tratamento de água utilizadas na estação de tratamento de água da Vila C em Foz do Iguaçu/PR, na eliminação de estágios dispersivos do mexilhão dourado.

A pesquisa “Desfluoretação parcial de águas subterrâneas”, coordenada pelo professor Eduardo Lobo Alcayaga, teve como finalidade o desenvolvimento de um filtro eficiente e de baixo custo que possibilitasse a desfluoretação parcial de águas subterrâneas até níveis permissíveis ao consumo humano, de acordo com o Ministério da Saúde.

A pesquisa direcionada à área de esgotamento sanitário “Arranjos tecnológicos para tratamento de esgotos sanitários de forma descentralizada”, coordenada por Luiz Sérgio Philippi, buscou identificar e estudar diferentes arranjos de sistemas de tratamento de esgotos domésticos, visando a elaboração de um guia que possibilitasse o embasamento de agentes comunitários na promoção de melhorias na qualidade de vida da população existente em zonas dispersas, tais como: periferias, áreas rurais e assentamentos.

A pesquisa na área de gestão em saúde pública “Gestão de odores em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) utilizando o processo de biofiltração”, coordenada por Paulo Belli Filho, buscou diagnosticar, monitorar e avaliar os odores em uma estação de tratamento de esgoto, implantar em suas instalações uma unidade de biodesodorização em escala real objetivando a redução de seus incômodos olfativos e utilizar o experimento como modelo de gestão de odores.

Finalmente, a pesquisa envolvendo a área da saúde dos povos indígenas “Impacto das ações de saneamento na saúde das populações das terras indígenas Faxinal e Ivaí no Estado do Paraná”, coordenada por Max Jean de Ornelas Toledo, avaliou o impacto das ações de saneamento na saúde das populações pesquisadas.

Gestão dos odores em ETE utilizando o processo de biofiltração

Participantes: Paulo Belli Filho (coordenador), Flavia Andrea da Silva Cabral, Henrique de Melo Lisboa, Antonio Ironildo Willemann.

Proponente: Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão (FAPEU)

Executora: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Resumo

A emissão de odores provenientes de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) tem se tornado um dos principais motivos de reclamações públicas. A biofiltração com turfa se apresenta como uma alternativa sustentável para eliminar este problema em sistemas de esgoto sanitário. Para isto, foi avaliado um sistema implantado em escala real, na ETE do Sistema Autônomo de Água e Esgoto - SAMAE de Orleans, em Santa Catarina, junto a sua etapa de pré-tratamento. O Biofiltro foi construído em fibra de vidro, com diâmetro interno de 1,5 m, altura total de 2,0 m e altura do meio filtrante de 1,3 m. O gás foi coletado diretamente da caixa de chegada do esgoto e direcionado por meio de um ventilador para o interior do Biofiltro. Os parâmetros para avaliação da eficiência de tratamento do biofiltro foram a quantificação do H_2S e a análise olfatométrica, ambos realizados na sua entrada e saída. A determinação do H_2S foi feita por meio de metodologia de análise da gravimetria. Para avaliar os odores, foram realizadas análises olfatométricas, determinando-se a concentração odorante ($UO.m^{-3}$), a intensidade odorante em relação ao butanol e a hedonicidade das amostras. A concentração odorante foi obtida através de um olfatômetro ODILE® e os resultados foram gerados com base na norma ASTM E679-91. A hedonicidade foi determinada através de uma ficha contendo figuras que representam o nível de agrado ou desagradado a um odor. Todas essas análises olfatométricas utilizam um júri de pessoas para fornecer os dados necessários para cada variável. A operação do biofiltro implicou na aplicação de Taxas Superficiais de Filtração (TSF) que variaram

de 60 à 100 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. As concentrações de H_2S , para a entrada, variaram de 5,032 a 0,382 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$, e para a saída de 1,0 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ a valores abaixo do limite de detecção do método analítico, obtendo-se eficiências de tratamento superiores a 90%. Em relação as análises olfatométricas foram obtidas eficiência de remoção das concentrações odorantes na ordem de 94%. As análises mostraram que a intensidade odorante na entrada do biofiltro foi sempre muito forte. A essa intensidade a totalidade do júri atribuiu um incômodo odorante extremamente desagradável. Já para a saída do biofiltro, as intensidades odorantes variaram de fraco a médio apresentando um reduzido grau de incômodo olfativo. O júri foi unânime em afirmar que é visível a diferença das intensidades odorantes e do grau de incômodo quando se compara com as amostras coletadas na entrada do biofiltro.

Palavras – Chave: Biofiltro, Odor, Remoção de H_2S , Análise Olfatométrica.

Abstract

The odour emission from wastewater treatment plants become the main reason of public complaints. The biofiltração with peat is presented as a sustainable alternative to eliminate this problem in wastewater treatment process. With the purpose to solve the odour emission problems caused by the type of wastewater treatment process, a biofilter has been installed full-scale in the WWTP. The biofilter was built in fiberglass, with 1.5m of internal diameter, 2.0m of total height (1.3m of filter media). Gas is collected directly from the sewage arrival to the WWTP and directed through a fan into the biofilter. The parameters for evaluation of treatment efficiency of the biofilter was the quantification and analysis of H_2S Olfactometric, both made in their entry and exit. H_2S measurements was performed with a gravimetric analysis method. To evaluate the odor, were analyzed Olfactometric, determining the concentration odorante ($UO.m^{-3}$), the intensity odorante on butanol and hedonic samples. Concentrations of H_2S , to enter, ranging from 5,032 to 0,382 $mg.m^{-3}$, and the output of 1.0 $mg.m^{-3}$ to values below the detection limit of the analytical methods, resulting in efficiencies of treatment above 90%. Concentration odorante was obtained through an olfactometer Odile ® and the results were generated based on ASTM E679-91. Hedonic tone data was determined using a board with caricatures that represent the level of pleasantness or unpleasantness of an odor. All of these Olfactometric analyses used a panel of people to provide the necessary data for each variable. The operation of the biofilter resulted in the application of rates of filtration Surface (TS) that ranged from 60 to 100 $m^3.m^{-2}.H^{-1}$. Concentrations of H_2S , to enter, ranging from 5,032 to 0,382 $mg.m^{-3}$, and the output of 1.0 $mg.m^{-3}$ to values below the detection limit of the analytical methods, resulting in efficiencies of treatment above 90%. The average odor concentration removal efficiency was of 94%. Analyses showed that the odor intensity before treatment was always very strong. To this level of intensity, all jury members attributed an extremely unpleasant hedonic tone. As for the effluent after treatment, odor intensities varied between weak and average, presenting a low degree of odor annoyance for hedonic tone analyses. The jury members were unanimous in perceiving considerable differences of odor intensity and hedonic tone when comparing samples extracted before and after treatment.

Keywords: Biofilter, Odor, H_2S removal, Olfactometric analysis.

1. Introdução

A crescente industrialização juntamente com o aumento desenfreado da população nos grandes centros urbanos e até mesmo nas áreas rurais, tem gerado graves problemas para o meio ambiente. A disposição irregular, como o lançamento de esgotos a céu aberto, comprometendo o bem estar e a saúde da população, fazem com que, cada vez mais, haja uma maior necessidade de construção de estações de tratamento de esgotos. Em contrapartida, sabe-se que o tratamento biológico dos esgotos, bem como os processos industriais geram compostos odorantes. Daí a importância não só do tratamento da fração líquida, mas também dos gases odorantes provenientes sob a forma de seus produtos. Partindo dessa premissa, várias pesquisas tem sido desenvolvidas com o intuito de tratar os odores gerados neste processo. Assim, o Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina em parceria com o SAMAE de Orleans elaborou um projeto de pesquisa com o intuito de diagnosticar, monitorar e avaliar os incômodos olfativos provenientes da ETE do SAMAE de Orleans e implantar em suas instalações uma unidade de biodesodorização em escala real.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Diagnosticar, monitorar e avaliar os odores na ETE de Orleans/SC e implantar em suas instalações uma unidade de biodesodorização em escala real objetivando a redução de seus incômodos olfativos e utilizar o experimento como modelo de gestão dos odores.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar diagnósticos olfatométricos na ETE seguindo as recomendações da União Européia EN 13725.
- Implantar e avaliar um biofiltro em escala real para biodesodorizar a ETE utilizando como meio filtrante turfa ou material similar.
- Desenvolver metodologias analíticas alternativas para avaliar o gás sulfídrico.
- Desenvolver metodologias olfatométricas utilizando o olfatômetro Odile, na obtenção da concentração do odor e o 1 – Butanol na obtenção da intensidade odorante.

3. Metodologia da pesquisa

Foi realizado monitoramento de um Biofiltro para o tratamento dos gases de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE). A ETE em questão é composta por um sistema de lagoas de estabilização, administrado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAMAE do Município de Orleans/SC. O sistema é composto de duas lagoas facultativas com área de 0,5 ha cada, profundidade de 1,30 m e vazão média de 7 a 10 L.s⁻¹. As lagoas facultativas por sua característica conceitual não emitem maus odores, porém, frente a algumas condições operacionais e ambientais podem trabalhar de forma inversa emitindo odores muitas vezes desconfortáveis a quem opera o sistema ou reside próximo à estação.

A avaliação do incômodo olfativo proveniente da ETE foi obtida através da realização de um perfil odorante para verificar qual ou quais unidades da ETE representam maior incômodo em relação ao odor. Baseado nessa informação instalou-se o biofiltro preenchido com turfa no ponto considerado mais crítico.

Após instalado o biofiltro, a avaliação da eficiência no tratamento dos odores foi realizada através da quantificação do gás sulfídrico (H₂S) e das análises olfatométricas (concentração do odor, intensidade odorante e hedonicidade).

3.1 Perfil odorante da estação

Para conhecer o perfil odorante da ETE, escolheram-se treze pontos ao longo da mesma, nos quais podem ocorrer possíveis influências dos odores ocasionados pelo processo de tratamento dos esgotos. Na Figura 1 é apresentada a vista aérea da ETE do SAMAE de Orleans e a localização dos pontos de coleta.



Figura 1 - Localização dos pontos amostrados na ETE.

Tabela 1 - Resumo dos pontos coletados.

Ponto	Local da amostragem
1	Caixa de chegada do esgoto
2	Caixa de chegada do esgoto das residências próximas ao SAMAE
3	Caixa de passagem do esgoto
4	Início da primeira lagoa – depois do aerador
5	Meio da primeira lagoa
6	Final da primeira lagoa
7	Início da segunda lagoa
8	Meio da segunda lagoa
9	Final da segunda lagoa
10	Saída do esgoto para o corpo receptor
11	Extremidade do terreno do SAMAE com a casa próximo ao biofiltro (lateral)
12	Extremidade do terreno do SAMAE com a rua (frente)
13	Extremidade do terreno do SAMAE com a casa localizada próximo as lagoas

As amostras de ar foram coletadas utilizando três metodologias: com caixa coletora, com câmara de fluxo (na superfície líquida das lagoas) e coleta direta na fonte. As amostras foram coletadas em duplicata, com tempo médio de duração de 10 minutos (para coleta das duas amostras) utilizando a metodologia da caixa coletora e coleta direta, e de 30 minutos com câmara de fluxo.

3.2 Metodologia de coleta das amostras odorantes

O tipo de coleta das amostras odorantes foi escolhido de acordo com o tipo de amostra.

- (a) Câmara de coleta – amostras coletadas bem acima da superfície líquida;
- (b) Câmara de coleta mais câmara de fluxo – amostras coletadas sobre a superfície líquida;
- (c) Coleta direta – amostras coletadas em áreas abertas principalmente próximas a residências.

A Figura 2 ilustra, em fotos, a metodologia de coleta utilizada nas três situações descritas acima.



(a)

(b)



(c)

Figura 2 - Metodologia de coleta das amostras odorantes.

3.3 Metodologia de análise das amostras odorantes

Para a avaliação dos pontos odorantes utilizou-se a olfatométrie como metodologia de análise, a qual está baseada na importância das mucosas olfativas como os únicos captadores disponíveis para avaliação dos odores. Desta forma, a capacidade de perceber um odor varia notavelmente de um indivíduo a outro, o que confere uma subjetividade a este tipo de medida.

As amostras odorantes foram classificadas quanto à concentração odorante, intensidade odorante e hedonicidade. As três técnicas para avaliação olfatométrica utilizaram um júri de pessoas.

3.3.1 Concentração odorante

Para determinação da concentração odorante da amostra utilizou-se o olfatômetro (aparelho que permite a diluição, de uma mistura odorante com um gás inodoro) de diluição dinâmica, marca Odile versão 2000, seguindo as recomendações da norma União Européia EN 13725 e da norma americana ASTM E679-91. O Limite de Percepção do Odor é obtido com base nas duas normas.

O Olfatômetro Odile 2000 é composto por um sistema de ar puro; uma unidade de pressurização; uma unidade de diluição; uma mesa olfatométrica com seis lugares; e o software de operação do computador.

A unidade de diluição é composta por reguladores de vazões mássicas que permitem a diluição em ar puro numa gama de 3 a 2.000.000 vezes o volume da amostra gasosa. Na Figura 3 é mostrado o esquema do olfatômetro e ao lado as suas unidades e o detalhe da mesa olfatométrica.

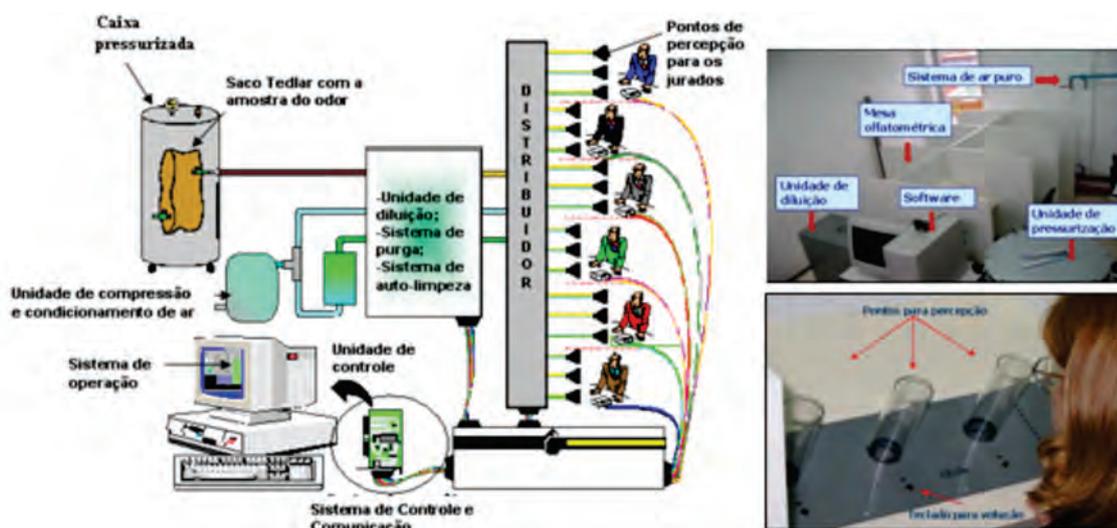


Figura 3 - Olfatômetro Odile.

A concentração odorante é obtida através de sucessivas diluições da amostra odorante com o ar puro. A primeira diluição é determinada pelo operador e as demais determinadas pelo software que são realizadas de maneira decrescente e logarítmica. O software faz a análise contínua das respostas dos jurados, trabalha com a média logarítmica de cada um e depois com a média dos seis.

Em seguida a amostra é apresentada aos jurados de maneira aleatória e em apenas um dos três tubos de percepção, nos outros dois sai ar puro. O jurado tem um tempo

para cheirar os três tubos e identificar em qual deles está percebendo algum tipo de odor. Passado o tempo de votação o software calcula uma nova diluição em função das respostas dos jurados. A análise termina quando todos os membros do júri acertam juntos, por duas vezes consecutivas, em qual tubo está saindo a amostra odorante.

Para cada análise são realizadas três rodadas de diluição. A primeira avaliação é descartada pelo software, pois é utilizada para adaptação do jurado. Com todas as respostas dos jurados, das três rodadas, é calculado o K50, isto é, a diluição que prevê que 50% dos jurados sentem o odor.

3.3.2 Intensidade Odorante

Esta análise é obtida através da comparação de uma amostra a ser avaliada com a intensidade de um composto de referência, neste caso, o 1-Butanol. A intensidade foi determinada de acordo com o método da escala estática, descrita na norma ASTM E544-759 1997.

Para se ter um padrão de referência é necessário fazer sucessivas diluições de um determinado volume da solução padrão de 1-butanol em água destilada até a obtenção das concentrações mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Escala de referência utilizando o 1-Butanol.

1- Butanol (g.l ⁻¹)	IO (Intensidade odorante)	Níveis de intensidade
10	MF-muito forte	5
1,0	F-forte	4
0,1	M-médio	3
0,01	f- fraco	2
0,001	mf- muito fraco	1

Fonte: BELLI FILHO e DE MELO LISBOA (1998).

Após a diluição, as novas soluções, com diferentes concentrações, são colocadas em cinco frascos de vidro numerados aleatoriamente. Antes de efetuar a análise propriamente dita faz-se um teste de calibração com cada membro do júri. O princípio do teste é cheirar as soluções contidas nos frascos e colocá-los em ordem crescente ou decrescente das concentrações, baseando-se nas intensidades, que variavam de muito fraco a muito forte e memorizá-las. Após a memorização, o júri é orientado a comparar a intensidade do odor em cada ponto, com as intensidades da escala de referência, não levando em conta sua qualidade.

3.3.3 Hedonicidade

Para avaliação da Hedonicidade a orientação é comparar o incômodo odorante sentido em cada amostra analisada com um painel contendo figuras que representam o nível de agrado ou desagrado de um odor.

3.4 Biofiltro em escala real

O Biofiltro foi construído em fibra de vidro com diâmetro interno de 1,5 m, altura total de 2,0 m e altura útil de 1,2 m, preenchido com turfa, utilizada como meio filtrante.

3.4.1 Instalação

As emissões odorantes provenientes da ETE são captadas por um exaustor convencional instalado diretamente na caixa de chegada do esgoto da estação, e por meio de um ventilador centrífugo industrial, os gases gerados no processo de decomposição do esgoto são direcionados ao biofiltro através de fluxo ascendente. Um fundo falso existente no biofiltro proporciona a distribuição homogênea do gás ao longo do meio filtrante.

A variação da vazão no ventilador centrífugo é comandada por um inversor de frequência. Na Figura 4, observa-se a tubulação através da qual os gases são succionados, por meio de um ventilador centrífugo, da caixa de chegada do esgoto na ETE e depois direcionados ao interior do biofiltro.



Figura 4 - Sistema de transporte dos gases da caixa de chegada do esgoto na ETE até o biofiltro.

Para medir a vazão de gás succionada pelo ventilador, instalou-se na saída do biofiltro uma tubulação a qual acoplou-se um tubo de *Pitot*. A pressão de velocidade do ar verificada por meio de um tubo de *Pitot* é medida por meio de um manômetro inclinado. Assim, para cada velocidade tem-se uma vazão de gás correspondente.

3.4.2 Material suporte

A turfa utilizada no experimento é proveniente do sul do Estado de Santa Catarina e recebe a denominação de Fibráflor. O material apresenta uma granulometria de 4 a 8 mm.

Porém, apesar de apresentar uma boa granulometria peneirou-se a turfa com o objetivo de evitar e/ou amenizar uma possível colmatação do meio filtrante e em seguida a mesma foi colocada, no interior do reator, sobre um fundo falso com altura de 10 cm preenchido com cavaco de madeira. Este fundo falso contribui para que não ocorra um eventual entupimento das canalizações pela turfa. Na Figura 5 é mostrado o interior do biofiltro onde pode-se observar o fundo falso de cavaco de madeira e o material filtrante disposto sobre o mesmo.



Figura 5 - Interior do biofiltro preenchido com cavaco de madeira e turfa.

3.4.3 Avaliação da umidade, pH e temperatura do meio filtrante

Para proporcionar uma umidade constante ao longo da altura do meio filtrante, foi instalado um esguicho na parte superior do biofiltro. Na tubulação do esguicho, acoplou-se um hidrômetro objetivando registrar o volume de água utilizado para umedecer a turfa.

A verificação da manutenção do teor de umidade do meio filtrante é realizada pela retirada de uma determinada quantidade do material por meio de 3 (três) orifícios de 40 mm cada, instalados ao longo da altura do biofiltro. Esses orifícios foram colocados a 1/3 da altura total da turfa, na metade desta altura e a 2/3. Após a retirada do material, em cada orifício, o mesmo é colocado em recipiente hermeticamente fechado e levado para o Laboratório Integrado de Meio Ambiente – LIMA para ser analisado.

O teor de umidade foi obtido nas amostras individualizadas, de cada orifício, e na amostra composta (misturas das amostras coletadas nas diferentes alturas do leito filtrante). O objetivo deste estudo foi manter um teor de umidade na turfa de 50%.

O pH das amostras de turfa foi medido com um pHmetro.

Para verificar a presença ou não de coliformes no gás que sai do biofiltro foram colocadas placas de petri com um meio de cultura específico, fluorocult. Foram dispostas quatro placas sobre a turfa, dentro do biofiltro. Após a colocação de todas as placas, depois de uma hora retirou-se a primeira, depois de duas a segunda, depois de três a terceira e ao final de quatro horas retirou-se a última placa. O princípio deste procedimento era fazer com que o gás que passa pelo biofiltro entrasse em contato com as placas. Após retirada das placas as mesmas eram colocadas em uma estufa a 35°C por um período de 24h. A indicação da presença de coliformes é dada pela mudança de cor. Esses ensaios foram feitos no próprio laboratório do SAMAE de Orleans. Na Figura 6 estão ilustradas as placas colocadas sobre a superfície da turfa dentro do biofiltro.

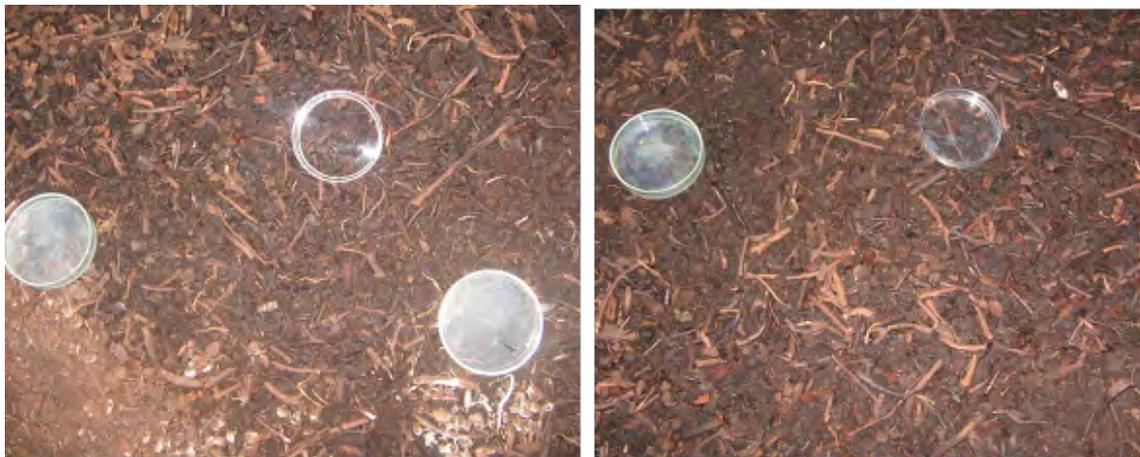


Figura 6 - Placas de petri colocadas sobre a superfície da turfa.

Para a medição de temperatura no meio filtrante, foram feitas três aberturas com tampões de 25 mm de diâmetro. Como relatado anteriormente, esses pontos de abertura foram feitos de modo a ficarem igualmente distribuídos na altura total da turfa, ou

seja, um a 1/3 da altura total, um na metade e outro a 2/3 desta altura. Suas posições também foram determinadas de modo que ficassem para cada altura defasados em 120° um do outro. Colocaram-se nessas aberturas termopares tipo K, com os sensores dentro do material suporte permitindo a leitura da temperatura. Os resultados correspondem a média da temperatura durante todo o estudo.

3.4.4 Avaliação da perda de carga ao longo do experimento

A variação da pressão em um sistema é um fator que está intrinsecamente ligado à perda de carga gerada no mesmo, assim, quanto maior a perda de carga maior será a queda de pressão. Desta forma, temos a pressão como um dos fatores operacionais que afetam consideravelmente o desempenho de um biofiltro.

Para a medição da perda de carga na turfa, foram instaladas duas tomadas de pressão estática. Uma dessas tomadas na parte inferior do Biofiltro, antes da estrutura de suporte da turfa, e a outra tomada na parte superior, após a altura total da turfa. Essas tomadas de pressão foram conectadas a um manômetro de coluna d'água que fornece a perda de carga do gás ao passar pela turfa. O principal objetivo do monitoramento da perda de carga é verificar a ocorrência ou não de colmatção e/ou adensamento do meio filtrante.

3.4.5 Avaliação dos parâmetros de eficiência do tratamento

A eficiência do sistema de tratamento foi verificada através da quantificação do H₂S e análises olfatométricas.

A escolha do composto gás sulfídrico, como parâmetro norteador para avaliação dos incômodos olfativos existentes na ETE, baseou-se em literatura e em pesquisas realizadas pelo grupo de trabalho do Laboratório de Efluentes Líquidos e Gasosos – LABEFLU, nos quais constatou-se que o referido composto é o principal responsável pelo mau cheiro nos esgotos domésticos.

Juntamente com a quantificação do H₂S, por meio da análise química, a análise olfatométrica veio complementar a avaliação do processo de tratamento e/ou redução dos incômodos odorantes relatados pela população residente ao entorno da ETE.

Foi realizada, também, a caracterização do gás na entrada e saída do biofiltro com o intuito de saber quais os compostos presentes nesse gás, bem como se houve ou não a redução de algum deles. Esta caracterização foi meramente descritiva, já que os parâmetros de referência para determinação da eficiência do Biofiltro foram a determinação do H₂S e das análises olfatométricas. Para caracterização do gás foram

coletadas amostras na entrada e saída do biofiltro, e após esse procedimento os mesmos foram analisados em um sistema acoplado de DTA-CG-EM – desorvedor térmico automático, cromatógrafo gasoso e espectrômetro de massa. Essa avaliação ocorreu após um período de funcionamento do biofiltro de 90 dias.

3.4.5.1 Análise química

Para quantificar o gás sulfídrico e obter a eficiência de remoção do mesmo instalou-se na entrada (antes de passar pelo leito filtrante), e saída do biofiltro (após passar pelo leito filtrante), pontos para amostragem dos gases coletados da caixa de chegada do esgoto. A esses pontos foram interligados sistemas de amostragem que possibilitaram quantificar o gás sulfídrico obtendo com isso a eficiência de remoção do referido composto.

A disposição dos frascos utilizados para a amostragem é apresentada na seguinte ordem: frasco de lavagem contendo a solução de captura do H_2S , frasco vazio, e dois frascos seqüenciais contendo bolinhas de vidro. O frasco vazio é utilizado como segurança caso haja refluxo no sistema, enquanto os frascos contendo bolinhas de vidro tem a finalidade de reter a umidade, proporcionando uma maior vida útil às bombas amostradoras.

O sistema de amostragem é comandado por duas bombas a vácuo que succionam uma determinada fração do volume do gás antes e após passar pelo leito filtrante. Essas frações são quantificadas por dois rotâmetros de gases (um na entrada e outro na saída), que fixam a vazão de amostragem que passa pelo sistema. O esquema com a disposição do sistema de amostragem para obtenção da concentração de H_2S no Biofiltro é mostrado na Figura 7.



Figura 7 - Disposição do sistema de amostragem.

Determinação do H_2S por gravimetria

Na determinação do composto de H_2S é utilizada a técnica de absorção deste gás em solução aquosa de cloreto de mercúrio ($HgCl_2$) a $4g.L^{-1}$. A fixação deste composto ocorre através do borbulhamento dos gases na solução de captura, sendo que sua quantificação é obtida pela determinação da massa do precipitado formado.

Para determinar o tempo de amostragem foram feitos testes variando o tempo e a vazão de amostragem. Inicialmente, trabalhou-se com um período de 14h. Após esse período, e em todas as vazões testadas ($60 L.h^{-1}$, $90 L.h^{-1}$, $120 L.h^{-1}$ e $150 L.h^{-1}$), verificou-se que a concentração de H_2S era muito baixa. Decidiu-se, então, aumentar o tempo de amostragem para 24h, em seguida 36h e finalmente 48h, quando observou-se visualmente a formação do precipitado leitoso em todas as vazões testadas. Fixou-se então o período de amostragem em 48h, ou seja, a cada 48h era trocada a solução de captura de H_2S . Com isso, as concentrações obtidas representam valores de uma

amostragem composta. As concentrações foram obtidas durante um período de 180 dias. A Tabela 3 apresenta as condições experimentais aplicadas no estudo.

Tabela 3 - Condições experimentais aplicadas no experimento

Taxas superficial de gas ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$)	Tempo de Contato (s)
60	300
90	180
100	90

3.4.5.2 Análise olfatométrica

A análise olfatométrica foi realizada através das determinações de intensidade, hedonicidade e concentração do odor. A coleta das amostras para realização das referidas análises foi realizada diretamente nos pontos de amostragem localizados na entrada e saída do biofiltro. A metodologia, tanto de coleta como de análise é a mesma conforme descrita nos itens 3.2 (coleta) e 3.3 (análise).

Após a coleta, os sacos eram transportados até Florianópolis e analisados no Laboratório de Olfatometria. Em paralelo, foram feitas análises da intensidade e hedonicidade no próprio local. Na Figura 8 observa-se o momento da calibração do membro do júri no SAMAE e em seguida a realização da análise.



Figura 8 - Calibração do júri e posterior análise da amostra odorante.

Após participarem do teste de calibração cada membro do júri recebia uma ficha contendo as informações para realização das duas análises como é mostrada na Figura 9.

ANÁLISE OLFATOMÉTRICA				
Local analisado:				
Idade:		Sexo:		
INTENSIDADE ODORANTE				
Muito Forte	Forte	Médio	Fraco	Muito fraco
Obs.:				
HEDONICIDADE				
				
O odor não me incomoda	O odor me incomoda pouco	O odor me incomoda	O odor me deixa extremamente incomodado	
Obs:				

Fonte: TRUPPEL (2002), adaptado por CABRAL (2005)

Figura 9 - Ficha para coleta de informações pelo júri.

Na Figura 10 observa-se o procedimento de realização das análises de intensidade e hedonicidade no ponto localizado próximo a caixa de chegada do esgoto na estação.



Figura 10 - Avaliação da intensidade e hedonicidade no ponto de análise próximo da caixa de chegada do esgoto.

4. Resultados

Os resultados apresentados a seguir foram obtidos utilizando as metodologias descritas anteriormente. Os resultados de concentração odorante foram gerados com base na norma ASTM E679-91 e utilizando o programa estatístico PROBIT usado exclusivamente para o tratamento estatístico dos dados da referida análise.

A Tabela 4 apresenta a síntese das informações obtidas para os treze pontos avaliados para obtenção do perfil odorante da ETE.

Tabela 4 - Síntese dos resultados obtidos para o perfil odorante em cada ponto avaliado na ETE

Pontos	Metodologia de coleta	Tipo de análise		
		Concentração do odor (UO.m ³)	IO	Hedonicidade
1	s/ câmara de fluxo	14571	Muito Forte	Odor incomoda extremamente
2	s/ câmara de fluxo	391	Forte	Odor incomoda pouco
3	s/ câmara de fluxo	13793	Muito Forte	Odor incomoda extremamente
4	c/ câmara de fluxo	269	Forte/Médio	Odor incomoda
5	c/ câmara de fluxo	104	Fraço	Odor incomoda pouco

Pontos	Metodologia de coleta	Tipo de análise		
		Concentração do odor (UO.m ³)	IO	Hedonicidade
6	c/ câmara de fluxo	181	Médio/Fraco	Odor incomoda pouco
7	c/ câmara de fluxo	381	Forte/Médio	Odor incomoda
8	c/ câmara de fluxo	308	Forte	Odor incomoda
9	c/ câmara de fluxo	171	Médio/Fraco	Odor incomoda pouco
10	s/ câmara de fluxo	313	Forte/Médio	Odor incomoda
11	s/ câmara de fluxo	194	Médio/Fraco	Odor incomoda
12	s/ câmara de fluxo	30	Muito fraco	Não incomoda
13	s/ câmara de fluxo	385	Forte/Médio	Odor incomoda

UO.m⁻³ – unidade de odor por metro cubico.

IO – Intensidade Odorante.

De acordo com a Tabela 4, os resultados obtidos apontam que os pontos críticos de emissão dos odores são na caixa de chegada (ponto 1) e caixa de passagem do esgoto (ponto 3). Ambos com intensidade odorante variando de Forte a Muito Forte e apresentando um odor extremamente desagradável. Esses pontos também foram os que apresentaram maiores concentrações odorantes, 14571 UO.m⁻³ (na caixa de chegada), e 13793 UO.m⁻³ (na caixa de passagem do esgoto).

No geral, as amostras odorantes seguiram uma coerência quando correlacionados os resultados para os três tipos análises empregadas.

O perfil odorante da ETE mostrou que de todos os pontos avaliados o mais crítico é o ponto 1 (caixa de chegada). Baseado nos resultados decidiu-se instalar o Biofiltro neste ponto já que além de ser o mais crítico, o mesmo está localizado na extremidade do terreno do SAMAE com uma residência, tornando-o alvo constante de reclamações devido aos maus odores.

4.1 Monitoramento do Biofiltro

A seguir serão apresentados os resultados obtidos durante o monitoramento do Biofiltro. Foram realizadas 13 amostragens ao longo da pesquisa.

4.1.1. Análises olfatométricas

Os resultados apresentados a seguir são referentes as análises olfatométricas realizadas ao longo do período de monitoramento do Biofiltro. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos nas 13 amostragens realizadas no Biofiltro em escala real.

Tabela 5 – Resumo dos resultados para a análise olfatométrica.

Tempo (dias)	Entrada			Saida		
	UO.m ³	IO	Hedonicidade	UO.m ³	IO	Hedonicidade
48	8499	Muito Forte	Odor incomoda extremamente	575	fraco	Odor não incomoda
56	20230	Muito forte	Odor incomoda extremamente	361	fraco	Não incomoda
64	1150	Forte	Odor incomoda extremamente	242	fraco	Não incomoda
72	11752	Muito forte	Odor incomoda extremamente	675	fraco	Incomoda pouco
80	43919	Muito forte	Odor incomoda extremamente	279	fraco	Não incomoda
88	31423	Muito forte	Odor incomoda extremamente	465	Medio/fraco	Incomoda pouco
96	26601	Muito forte	Odor incomoda extremamente	262	fraco	Odor não incomoda
104	29759	Muito forte	Odor incomoda extremamente	1071	medio	Incomoda pouco
112	10662	Muito forte	Odor incomoda extremamente	663	Medio	Incomoda pouco
120	11363	Muito forte	Odor incomoda extremamente	974	Medio	Incomoda
128	21670	Muito forte	Odor incomoda extremamente	989	Medio	Incomoda
136	33316	Muito forte	Odor incomoda extremamente	1378	Medio/forte	Incomoda
144	25146	Muito forte	Odor incomoda extremamente	781	Fraco/medio	Incomoda pouco

UO.m³ – unidade de odor por metro cubico.

IO – Intensidade Odorante.

Na primeira amostragem o limite de percepção dos jurados foi de 8499 UO.m⁻³ para a amostra coletada na entrada e 575 UO.m⁻³ para a amostra coletada na saída, obtendo uma eficiência de 93% na remoção da concentração odorante. Todas as seis pessoas que fizeram parte do júri disseram que na entrada, a intensidade da amostra era muito forte e apresentava um nível de incômodo extremamente desagradável, já na amostra coletada na saída, metade do júri relatou ser uma intensidade média e a outra metade achou a intensidade da amostra fraca. No geral, a maioria das pessoas relatou que o dor sentido na saída do biofiltro é um odor que incomoda pouco.

A concentração determinada na entrada para a segunda amostragem foi de 20.230 UO.m⁻³ e na saída 361 UO.m⁻³ o que resultou em uma eficiência de remoção da concentração odorante de 98%.

A terceira amostragem apresentou uma concentração odorante de 1.150 UO.m⁻³ na entrada e 242 UO.m⁻³ na saída, obtendo, assim, uma eficiência de remoção de 79%.

Para a quarta amostragem as concentrações odorantes foram de 11.752 UO.m⁻³ e 675 UO.m⁻³ respectivamente, na entrada e saída do biofiltro. A eficiência de remoção foi de 94%.

A quinta amostragem apresentou uma concentração extremamente elevada na entrada (43.919 UO.m⁻³) e muito baixa na saída (279 UO.m⁻³). Com uma eficiência de remoção de 99%.

O Limite de percepção dos jurados nas amostras coletadas na sexta amostragem foi de 31.423 UO. m⁻³ na entrada e, 465 UO. m⁻³ na saída do biofiltro, correspondendo a uma eficiência de remoção de 98%.

A sétima amostragem apresentou uma concentração de 26.601 UO.m⁻³ na entrada e 262 UO.m⁻³ na saída do biofiltro, com eficiência de remoção de 99%.

Na oitava amostragem a concentração odorante correspondente a amostra de entrada foi 29.759 UO.m⁻³ e 1.071 UO.m⁻³ na saída. Apresentado uma eficiência de remoção de 96%.

As concentrações odorantes na nona amostragem foram de 10.662 UO.m⁻³, na entrada e, 663 UO.m⁻³ na saída do biofiltro, atingindo uma eficiência de remoção de 98%.

A eficiência de remoção para a décima, décima primeira e décima segunda foi de 91%, 95%, e 96% de eficiência de remoção, respectivamente.

E por último, as concentrações obtidas na décima terceira amostragem, para entrada e saída do sistema, foram de 25.146 UO.m⁻³ e 781 UO.m⁻³, respectivamente, apresentando eficiência de remoção de 97%.

Em sua maioria, as amostras coletadas na entrada do sistema apresentaram intensidade odorante muito forte, e um odor extremamente desagradável. Já na saída essa intensidade variou de fraco a médio apresentando baixo nível de incômodo.

Carmo Jr. (2005) avaliando os pontos odorantes de uma ETE obteve uma concentração de 47.740 UO.m^{-3} no local de chegada do esgoto na estação (gradeamento). A esse odor atribuiu-se uma intensidade muito forte e a nível de incômodo um odor extremamente desagradável.

Segundo Yang e Hobson (2001), um odor com uma concentração odorante de 1.000 UO.m^{-3} não seria considerado um odor intenso. Odores intensos seriam aqueles que apresentassem concentrações acima de $1.000.000 \text{ UO.m}^{-3}$. Porém isso não foi observado quando se trata de estações de tratamento de esgoto, já que tanto neste estudo quando no trabalho realizado por Carmo Jr. (2005) as concentrações encontradas foram da ordem de 47.000 UO.m^{-3} sendo considerado pelos jurados um odor de intensidade muito forte e extremamente desagradável.

Souza (2007) avaliando um biofiltro com turfa em escala piloto no tratamento de COV's obteve eficiência de remoção das concentrações odorantes de 86%.

Em se tratando de um sistema em escala real, pode-se dizer que, o biofiltro alcançou ótimos resultados em relação aos incômodos odorantes sentidos na ETE.

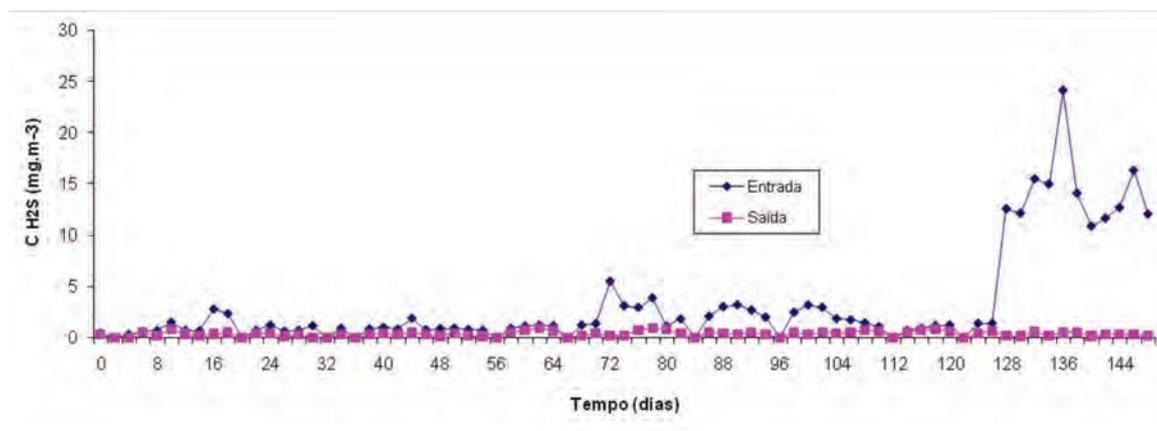


Figura 11- Gráfico com as concentrações de H_2S no biofiltro em escala real.

Observa-se um pico de concentração próximo ao 15º dia de amostragem, mas em sua grande maioria, as concentrações ficaram abaixo de 1 mg.m^{-3} na entrada e bem abaixo de $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$ na saída. Em média, a eficiência de remoção aplicando a condição de $60 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ foi de 72%. A vazão média de gás no biofiltro foi de $17,8 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$.

As concentrações obtidas ao longo do monitoramento do biofiltro para a taxa superficial de gás de $90 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ na entrada do biofiltro ficaram na faixa de $3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ e na saída ficaram abaixo de $1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. A eficiência de remoção do H_2S foi de 72%. A vazão média de gás no biofiltro foi de $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Na aplicação da TSG de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, a partir do 127º dia registraram-se grandes picos de concentração na entrada do sistema. Essas concentrações, até então, discrepantes das registradas anteriormente podem ser associadas a novas ligações de esgoto feitas no município e descargas clandestinas de esgoto na rede. Apesar do aumento considerável nas concentrações de entrada a maioria das concentrações obtidas na saída do biofiltro ficou abaixo de $0,5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. A média da eficiência de remoção do gás sulfídrico foi de 80%, porém, chegando a apresentar uma eficiência de 97%, para o referido composto. A faixa da temperatura observada para esta TSG, foi de 21 a 28°C. A vazão média de gás no biofiltro no foi de $45 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Em todas as aplicações das TSG o biofiltro apresentou uma boa eficiência de remoção de H_2S , esses resultados assemelham-se aos valores obtidos por Cabral (2003) que operando um biofiltro piloto para remoção de H_2S , obteve eficiência em torno de 95%.

Observa-se ainda que, os melhores resultados foram obtidos aplicando a TSG de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, com eficiência de até 97%.

4.1.2 Considerações sobre o meio filtrante - Turfa

Atualmente o tempo em que o biofiltro encontra-se em operação é de aproximadamente 820 dias. Normalmente a vida útil da turfa é em torno de 5 anos, porém, em nível de Europa tem-se conhecimento de biofiltros utilizando turfa como meio filtrante em operação há mais de 7 anos. A turfa pode ser ainda recuperada, para ser utilizada no mesmo biofiltro desde que não esteja colmatada e nem mineralizada. Após terminado a vida útil o material pode ser utilizado também para compostagem.

Teor de Umidade

Como descrito na metodologia o teor de umidade da turfa foi determinado a cada 15 dias, apresentando um teor de umidade médio de 51% o que segundo a bibliografia está dentro da faixa ideal para a manutenção de um bom processo de biofiltração.

Com relação a verificação da possível contaminação dos gases na saída do biofiltro, a indicação se dá através da mudança de cor do meio de cultura contido nas placas colocadas no interior do Biofiltro. Como o meio de cultura é transparente,

essa indicação se dá através da mudança para a cor azul, o que indica a presença de coliformes totais. No caso das placas retiradas do interior do Biofiltro após 1h, 2h, 3h e 4h essa mudança não foi nítida, o que nos dá indícios que esse gás não apresenta coliformes fecais. Observou-se também a presença de algumas colônias porém as mesmas não foram identificadas.

Avaliação da perda de carga ao longo do experimento

Durante o decorrer do experimento a variação da perda de carga no Biofiltro foi de aproximadamente 1mm, pode-se dizer que esta variação foi desprezível não comprometendo o funcionamento do sistema, o que mostra que não houve grandes variações de pressão. O principal objetivo do monitoramento da perda de carga foi verificar a ocorrência ou não de colmatação e/ou adensamento do meio filtrante, sendo que, ao final do experimento, constatou-se que nenhum dos dois fenômenos físicos ocorreu.

pH e Temperatura

A temperatura do meio filtrante durante o período do monitoramento ficou em torno de 31°C e o pH em torno de 5. Estes valores são valores médios, não apresentando grandes variações ao longo do estudo, o que podemos concluir que não foram fatores interferentes no processo de remoção dos odores.

5. Conclusões

5.1 Perfil odorante

Os pontos críticos identificados no perfil odorante foram os pontos 1 e 3, caixa de chegada e caixa de passagem do esgoto, respectivamente, apresentando uma intensidade Muito forte e grau de incômodo extremamente desagradável. Baseado nesse resultado decidiu-se instalar primeiramente um biofiltro na caixa de chegada do esgoto.

Os resultados mostraram ainda que para concentrações da ordem de 300 UO.m⁻³ tem-se intensidade odorante variando de Médio a Forte e o incômodo odorante relacionado é pouco. Para concentrações da ordem de 100 UO.m⁻³ tem-se intensidade odorante variando de fraco a médio e o incômodo relacionado a esta intensidade é pouco.

A etapa de determinação do perfil odorante em uma ETE é extremamente importante, pois de posse destas informações pode-se traçar o diagnóstico olfatométrico da mesma e com isso avaliar os pontos críticos e passíveis de um sistema de tratamento de odores.

5.2 Biofiltro

A aplicação de taxa de escoamento superficial da ordem de $60 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ implicou em maior tempo de contato no biofiltro e conseqüentemente uma aclimatação das bactérias no meio filtrante. Isto reduz a necessidade de inoculação do meio com bactérias. Pode-se concluir que a turfa apresenta em sua composição natural bactérias capazes de degradar o H_2S .

O biofiltro apresentou eficiência de remoção do gás sulfídrico na faixa de 72 a 97%. Os melhores resultados foram obtidos com taxa de escoamento superficial de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ após o reator estar estabilizado, tendo-se uma eficiência de remoção de 97% para o gás sulfídrico.

Com relação as análises olfatométricas foram obtidas reduções das concentrações odorantes, da intensidade odorante e a diminuição considerável dos inconvenientes olfativos.

Foram obtidos redução da concentração odorante, avaliada através de olfatômetro, superiores à 90%. A intensidade odorante foi de nível fraco e com incômodo insignificante.

Estes resultados consolidam o biofiltro eficiente na remoção de odores da ETE.

6. Recomendações e avaliação de aspectos econômicos

- Utilização de um detector específico para quantificar os compostos mal odorantes em baixas concentrações.
- Investimentos em pesquisas visando a aplicação de outros meios filtrantes alternativos como fibra de côco e casca de pinus. Em nível de microbiologia, recomenda-se estudos sobre o material filtrante a fim de obter informações relevantes como: o tipo de bactéria atuante no processo de degradação do H_2S , os parâmetros interferentes em seu crescimento e etc.
- Estudos com meio suporte alternativo.

- Em relação aos custos de implantação do Biofiltro, esta instalação gerou um custo percapta de R\$ 10,00 por habitante haja vista que a instalação com biofiltro foi da ordem de R\$ 40.000,00 atendendo a uma população de aproximadamente 3.950 habitantes (população atendida com sistema de tratamento de esgotos de Orleans).

7. Referências Bibliográficas

AFNOR X 43-103. **Qualité de l'air**. Mesurage de l'odeur d'une atmosphere gazeuse. Méthode Supraliminaire, 1990.

ASTM. **Designation: E 544-75 Standard Practices for Referencing Suprathreshold odor Intensity**. 1997.

ASTM-AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. E 679-91 - **Determination of Odor and Taste Tresholds by a Forced-Choice Ascending Series Method of Limits**. American National Standard. 30 p. 1997.

BELLI FILHO, P. et al. **Tratamento de odores em sistemas de esgotos sanitários. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios** - PROSAB, cap. 8, 2001.

BELLI FILHO, P; DE MELO LISBOA, H. **Avaliação de emissões odorantes**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, Vol. 3, n.º3, p. 101-106, 1998.

CABRAL, F. A. da S. **Biofiltração para desodorização de reatores anaeróbios**, 2003. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CARMO JR, G. N. R. **Otimização e Avaliação de metodologias olfatométricas voltadas ao saneamento ambiental**. 2005. 186f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

COUILLARD, D. **The use of peat in wastewater treatment**. Water Resource. v. 28, n. 6, p. 1261-1274, 1994.

DEVINNY, J. S.; DESHUSSES, M. A.; WEBSTER, T. S. **Biofiltration for air pollution control**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1999. 299.

FERNANDEZ, B. **Contribution a l'elaboration d'une methodologie d'analyse physico-chimique de composes odorans**. These . Académie de Bordeaux, 1997.

GAUDIN, F. **Formulation et application d'un garnissage réactif dans un biofiltro utilize en traitement d'air**. Thèse (Ecole Doctorale – Mécanique, Thermique, Génie Civil) – Université de Nantes, France, 2005.

- GODINOT, N. **Perception et Catégorisation dès Odeurs par l'Homme**. Thèse (Neurosciences & Olfaction) (1994), Université Claude Bernard Lyon. Disponível em: <<http://www.olfact.univ-lyon1.fr/~GODINOT/dea.html>>. Acesso em: maio de 2001
- GOSTELOW, P.; PARSONS, S.A. **Sewage treatment Works odour measurement**. Water Science and Technology. V 41, nº 6 p 33-40 2000.
- GOSTELOW, P.; PARSONS, S.A.; STUETZ, R. M. **Odour measurement for sewage treatment works**. Water Res. 35. 579-597, 2001.
- KENNES C., VEIGA M.C, **Bioreactors for waste gas treatment**, Kluwer Academic Publishers, 2001, 47-98.
- LE CLOIREC, P; FANLO, J.L.; DEGORGE-DUMAS, J.R.-**"Odeurs et désodorisation industrielles"**. Ecole dès Mines D'Alès. (1991).
- LE CLOIREC P. **Choix d'une technique de traitement**, Les composés organiques volatils (COV) dans l'environnement, Coordonateur P. Le Cloirec, Ed Tec & Doc Lavoisier, Paris, 1998, 601-614.
- LE CLOIREC, P.; HUMEAU, P.; RAMIREZ-LOPEZ, E. M. **Biotreatments of odours: control and performance of a biofilter and a bioscrubber**. Water Science Technology, v. 44, n. 9, p 219-226, 2001.
- LESON, G.; WINER, A. M. **Biofiltration: an innovative air pollution control technology for VOC emissions**. Air & Waste Management Association. v. 41, n. 8, p. 1045-1054, 1991.
- MCNEVIN, D.; BARFORD, J. **Biofiltration as na odour abatement strategy**. **Biochemical Engineering Journal**, v. 5, p. 231-242, 2000.
- MCGINLEY, C. M.; MAHIN, T. D.; POPE, R. J. **Elements of successful odor / odor laws**. WEF odor / VOC Specialty Conference Cincinnati. 16-19 April, 2000.
- MCGINLEY, C. M.; MCGINLEY, M. A. **Odor testing biosolids for decision making**. Water Environment Federation Specialty Conference: Residuals and Biosolids Management Conference. Austin, 3-6 March, 2002.
- NUVOLARI, ANTONIO et al. **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. Editora Edgard Blücher Ltda. 2003. 520 p.
- PHILIPS, R.J., 1997. **Odor Control of Food Processing Operations by Air Cleaning Technologies (Biofiltration)**. Disponível em: <http://www.cip.ukcentre.com/smell.htm>.
- RIBEIRO, J. T. **Controle de odores em sistemas de esgoto sanitário**. Esgoto Sanitário - Coleta, transporte tratamento e reuso agrícola. 1a Edição, 2003.
- RAMIREZ-LOPEZ, E.M.; MONTILLET, A.; LE CLOIREC, P.,. **Biofiltration of volatile organic compounds- application to air treatment**. Water Science Technology, vol 41, nº 12, p 183-190. 2000.

SCHIRMER, W. N. **Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis (COV) e odorantes em estação de despejos industriais de refinaria de petróleo.** 2004. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SOUZA, M. L. **Avaliação de um biofiltro piloto para desodorização de compostos orgânicos voláteis do setor petroquímico.** 2007. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Pós-Graduação em Engenharia Ambiental/PPGEA. Florianópolis, 2007.

STUETZ, R. M.; GOSTELOW, P.; BURGESS, J. E. **Odour perception. Odours in Wastewater Treatment Measurement, Modelling and control**, Part I, cap. 1. 2001.

STUETZ, R., FRENCHEN, F. B **Odour Wastewater Treatment, Measurement, Modeling and Control.** Ed. IWA – Publishing. London. 2001. 437p.

TRUPPEL A. **Redução de odores de uma lagoa de estabilização de esgoto sanitário e avaliação da qualidade de seu efluente.** 2002. 188f. Dissertação de mestrado (Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC. 2002.

ULLOA, P. A. E. **Diseño de un sistema de biofiltración para la eliminación de olores en la fábrica “lubascher y krause” Temuco.** 2005. 178pag. Tesis Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Temuco, 2005.

YANG, G.; HOBSON, J. **Use of chemicals for septicity and odour prevention in sewer networks.** 2001.

VDI 3881. **Olfactometry. Odour Threshold Determination - Fundamentals. Part 1**, may 1986.

VDI 3881. **Olfactometry. Odour Threshold Determination - Sampling. Part 2**, January 1987.

VDI 3882. **Olfactometry. Determination of Odour Intensity. Part 1**, October 1992

WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Odor control in wastewater treatment plants.** WEF - manual of practice nº 22 and American Society of Civil Engineers (ASCE), manual and reports on engineering practice nº 82, 1995.

WILLIAMS, T. O.. MILLER F.C., **Biofilters and facility operations**, *Biocycle*, 1992, 75-79, 1992.

ZHANG, Q. et al 2002. **Odour production, evaluation and control.** Disponível em: <<http://www.manure.mb.ca/projects/completed/pdf/02-hers-03.pdf>>. http://tecnologia.uol.com.br/album/20090311_wakinglife_album.jhtm?abrefoto=1

Arranjos Tecnológicos para Tratamento de Esgotos Sanitários de Forma Descentralizada – ATED

Participantes: Luiz Sérgio Philippi (coordenador) Pablo Heleno Sezerino, Madelon Rebelo Peters, Maria Elisa Magri, Fabrício Jacques Vieira, Victor Bustani Valente.

Proponente: Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão (FAPEU)

Executora: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Resumo

É bastante preocupante a atual conjuntura do saneamento básico brasileiro, uma vez que este demonstra carências tanto nas áreas rurais como urbanas. Alternativas ambientalmente sustentáveis, empregadas sob a óptica da descentralização, vêm sendo apontadas como promissoras para atenuação dos problemas de saneamento. Este projeto foi idealizado com o objetivo de estudar alternativas de arranjos tecnológicos para o tratamento de esgotos sanitários de forma descentralizada. As atividades desenvolvidas durante a pesquisa compreenderam um período de dois anos e seis meses, entre janeiro de 2005 e agosto de 2007, divididos em três fases: Fase 1, onde foram estruturados, organizados e iniciados os projetos experimentais, realizada entre janeiro e julho de 2005; Fase 2, onde foram operados, desenvolvidos e avaliados os experimentos, entre julho de 2005 e março de 2007; e Fase 3, onde foram confeccionados o relatório final de pesquisa e um guia. Como projeto final de

divulgação das tecnologias estudadas, foi objeto da pesquisa a elaboração de um guia de saneamento descentralizado. Os arranjos foram sistemas combinados anaeróbios e aeróbios. Os quatro sistemas estudados foram: arranjo tecnológico 1 – tanque séptico + filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal; arranjo tecnológico 2 – lagoa anaeróbia + filtro plantado com macrófitas de fluxo vertical; arranjo tecnológico 3 – tanque séptico + filtro de areia; e arranjo tecnológico 4 – tanque séptico modificado (TSM) + biofiltro aerado submerso. Os três primeiros arranjos tecnológicos não foram implantados como objetivos do projeto, foram somente selecionados, operados e monitorados. O arranjo 4 foi projetado, implantado, operado e monitorado, como objetivo específico da pesquisa, sendo composto por duas linhas de tratamento: TSM + biofiltro aerado submerso 1 (BAS1), com cascas de ostras como meio suporte; e TSM + biofiltro aerado submerso 2 (BAS2), com tampas de garrafas PET como meio suporte. Os sistemas foram operados e monitorados com relação às eficiências de remoção de matéria carbonácea, nitrogênio, fósforo e indicadores bacteriológicos. Foram avaliadas também a estabilidade dos sistemas biológicos e sua adequação às situações de implantação. O arranjo tecnológico 1 alcançou eficiências de remoção médias de 83%, 90%, 16% e 50%, produzindo um efluente final com concentrações de 64, 11, 48 e 9,4 mg/L de DQO total, SS totais, N-NH₄⁺ e P-PO₄³⁻, respectivamente. O arranjo tecnológico 2 alcançou eficiências de remoção médias de 70%, 69%, 73% e 35%, produzindo um efluente final com concentrações de 56, 21, 11 e 5,5 mg/L de DQO total, SS totais, N-NH₄⁺ e P-PO₄³⁻, respectivamente. O arranjo tecnológico 3 alcançou eficiências de remoção médias de 88%, 92%, 67% e 73%, produzindo um efluente final com concentrações de 64, 9,5, 55 e 9,8 mg/L de DQO total, SS totais, N-NH₄⁺ e P-PO₄³⁻, respectivamente. O arranjo tecnológico 4 - BAS 1 alcançou eficiências de remoção médias de 98%, 99,8%, 99% e 71%, produzindo um efluente final com concentrações de 19, 0,9, 0,8 e 7,1 mg/L de DQO total, SS totais, N-NH₄⁺ e P-PO₄³⁻, respectivamente; BAS 2 com 89%, 90%, 73% e 59%, produzindo um efluente final com concentrações de 112, 51, 15 e 10 mg/L de DQO total, SS totais, N-NH₄⁺ e P-PO₄³⁻, respectivamente.

Palavras-chave: saneamento descentralizado, esgoto sanitário, arranjos tecnológicos, filtros plantados com macrófitas, filtros de areia, biofiltros aerados submersos.

Abstract

The situation of basic sanitation in Brazil, nowadays, it is really preoccupying, once that it continues demonstrating lacking in the rural and urban areas. Environmentally sustainable alternatives, used under the optic of the decentralization, have been pointed as promising for the attenuation of sanitation problems. The present project was idealized under the optic of decentralized sanitation, with the objective to study alternatives of technological arrangements for wastewater treatment. The activities developed during the research comprehended a period of two years and six months, between January of 2005 and august of 2007, divided in three phases: Phase 1, where were structured, organized and started the experimental pilots, realized between January and July of 2005; Phase 2, where were operated, developed and evaluated the experiments, between July 2005 and March 2007; and Phase 3, for the construction of the final report and a guide. As a final project of divulgation of the technologies studied, the object of the research was the elaboration of a guide of decentralized sanitation. The arrangements were always combined systems of anaerobic and aerobic reactors. The four systems studied were: technological arrangement 1 - septic tank + constructed wetland with horizontal flux; technological arrangement 2 - anaerobic lagoon + constructed wetland with vertical flux; technological arrangement 3 - septic tank + sand filter; and technological arrangement 4 - modified septic tank (MST) + aerated submerged biofilter (ASB). The three first technological arrangements were not implanted as a project objective, they were just selectioned, operated and monitored. The arrangement 4 was projected, implanted, operated and monitored, as a specific objective of the research, being composed by two lines of treatment: MST + aerated submerged biofilter 1 (ASB1), with shell oysters as the support material; and MST + aerated submerged biofilter 2 (ASB2), with bottle tops of PET as the support material. The systems were operated and monitored according to the removal efficiencies of carbonaceous material, nitrogen, phosphorous, and bacteriological indicators. Were also evaluated the stability of the biological systems and their adequation to the situation of implantation. The technological arrangement 1 ranged a medium removal 83%, 90%, 16% and 50%, producing a final effluent with concentrations of 64, 11, 48 and 9,4 mg/L of COD total, SS total, N-NH₄⁺ and P-PO₄³⁻, respectively. The technological arrangement 2 ranged a medium removal 70%, 69%, 73% and 35%, producing a final effluent with concentrations of 56, 21, 11 and 5,5 mg/L of COD total, SS total, N-NH₄⁺ and P-PO₄³⁻, respectively. The technological arrangement 3 ranged a medium removal 88%, 92%, 67% and 73%, producing a final effluent with concentrations of 64, 9,5, 55 and 9,8 mg/L of COD total, SS total, N-NH₄⁺ and P-PO₄³⁻, respectively. The technological arrangement 4 - ASB 1 ranged a medium removal of 98%, 99,8%, 99% and 71%, producing a final effluent with concentrations of 19, 0,9, 0,8 and 7,1 mg/L of COD total, SS total, N-NH₄⁺ and P-PO₄³⁻, respectively; ASB 2 with 89%, 90%, 73% and 59%, producing a final effluent with concentrations of 112, 51, 15 and 10 mg/L COD total, SS total, N-NH₄⁺ and P-PO₄³⁻, respectively.

Key-words: decentralized sanitation, sanitary wastewater, technological arrangements, constructed wetlands, sand filters, aerated submerged biofilters.

1. Introdução

É bastante preocupante a atual conjuntura do saneamento básico brasileiro, uma vez que este continua demonstrando carências tanto nas áreas rurais como urbanas.

Segundo o relatório da Pesquisa Nacional do Saneamento Básico (PNSB) do ano de 2000, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o serviço de coleta de esgoto abrange apenas 41,6% dos distritos brasileiros, sendo que, deste percentual, apenas 35% recebem algum tratamento. Em número de habitantes aproximadamente 100 milhões de pessoas não são atendidas por rede coletora, observando-se que em áreas periféricas ou rurais são praticamente nulos os serviços de coleta e tratamento dos efluentes sanitários. O cenário do saneamento em Santa Catarina é ainda mais preocupante, uma vez que o estado é o penúltimo em todo o país em percentual de população atendida com redes coletoras e sistemas adequados de tratamento de esgotos.

Com base neste quadro, destaca-se que a população não coberta por serviços de coleta e tratamento dos esgotos fica a mercê de soluções, na maioria das vezes, ineficazes dado ao fato que as alternativas de sistemas individuais não seguem critérios técnicos de engenharia que garantam a qualidade do efluente que é lançado ao solo, rios e lagos, ou até mesmo diretamente no mar.

Otterpohl, Grottker e Lang (1997) descrevem inúmeras desvantagens dos sistemas de tratamento de esgotos centralizados, também chamados de sistemas convencionais, tais como a elevada demanda de energia para a degradação do material carbonáceo e para a nitrificação; o “desperdício” na ordem de 20%, 5% e 90% de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, passíveis de serem reutilizados na agricultura; a alta produção de biossólidos (lodo); alto custo de manutenção das redes coletoras, entre outros.

Alternativas ambientalmente sustentáveis, empregadas sob a óptica da descentralização, vêm sendo apontadas em literatura, destacando-se a separação das águas contendo material fecal e urina (águas negras – black water) das demais águas utilizadas nas residências (águas cinzas – grey water) e a utilização de sistemas naturais para o tratamento dos esgotos (SEZERINO et al., 2004).

Face a esta demanda, a descentralização dos serviços de coleta e tratamento de esgotos aparece como opção a ser utilizada em zonas dispersas, tais como periferias, áreas rurais e assentamentos, em virtude do alto custo de se implantar um sistema coletivo de coleta e tratamento de efluentes.

Os níveis de exigência em relação aos efluentes de sistemas descentralizados são os mesmos de grandes estações de tratamento, ou seja, necessidade de proteção da saúde pública e do meio ambiente e maximizar oportunidades de reutilização. O grande desafio é ser capaz de oferecer o nível requerido considerando restrições econô-

micas e naturais impostas para estes sistemas. Os aspectos relacionados à reutilização de efluentes não são abordados neste projeto, mas de uma forma geral, estes poderão ser utilizados na agricultura e na irrigação seguindo critérios específicos para este fim.

Uma vez definido que a descentralização é o caminho mais sensato a ser seguido, surge a questão de qual o arranjo dos processos de tratamento de esgotos existentes deve ser utilizado e a forma como estes devem ser construídos e operados.

As alternativas adotadas para sistemas de tratamento de esgotos domésticos de forma descentralizada são diversas, desde que observadas as restrições impostas pelo meio, tais como características do solo, altura de lençol freático, declividade, relevo, dentre outras (CRITES e TCHOBANOGLOUS, 1998). Dentre as alternativas usualmente utilizadas estão desde as mais rudimentares (como a fossa seca, por exemplo) até as que exigem uma implementação tecnológica maior (filtro biológico aerado, por exemplo), passando por tanques sépticos, filtros anaeróbios, reatores anaeróbios de fluxo ascendente de manta de lodo e tratamento e/ou disposição no solo. Este último, ainda pode ser subdividido em valas de filtração, sumidouro, valas de infiltração, escoamento superficial, filtro de areia, filtro plantado, filtro de pedras, etc. Os arranjos possíveis são múltiplos, sendo estes definidos em função das características do local a ser implantado.

Dentre as alternativas passíveis de utilização na composição dos arranjos, diversas estão em estudo atualmente nesta universidade, destacando-se as pesquisas relativas a filtros plantados com macrófitas (wetlands), filtros de areia e filtros de pedras, e ainda estudos relativos à segregação de águas negras (black water) – provenientes do vaso sanitário e águas cinzas (grey water) – oriundas das demais peças sanitárias, bem como o tratamento destes efluentes com vistas ao reuso e/ou a recarga de aquífero.

Além das pesquisas em andamento, surge ainda a alternativa de utilização do filtro biológico aerado em sistemas descentralizados, uma vez que esta é uma tecnologia em franca ascensão (GONÇALVES, 2001; AISSE e ALÉM SOBRINHO, 2001; NASCIMENTO; CHERNICHARO; GARCIA, 2000).

Partindo-se do citado, surge a necessidade de elaboração de um guia que auxilie o administrador público na divulgação dos arranjos tecnológicos para o tratamento de esgotos domésticos e/ou sanitários existentes e, principalmente, no amparo à população no momento da definição de qual sistema é o mais adequado a ser utilizado.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Este projeto tem por objetivo estudar quatro diferentes arranjos tecnológicos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, visando a elaboração de um guia, que possibilite o embasamento de administradores municipais na promoção de melhorias na qualidade de vida da população existente em zonas dispersas – áreas rurais e assentamentos.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar os arranjos dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários mais adequados para as diferentes características naturais existentes (declividade, nível do lençol freático, solo, etc.) que possam ser utilizados na promoção do saneamento descentralizado em zonas dispersas – periferias, áreas rurais, assentamentos, entre outros;
- Aplicar a tecnologia de reatores do tipo Biofiltros Aerados Submersos, com os meios suportes - cascas de ostras e tampas de polietileno, no tratamento de efluentes de um Tanque Séptico, e avaliar os processos de implantação, partida, operação e monitoramento do sistema;
- Pesquisar e avaliar três sistemas de tratamento de esgotos já existentes: Tanque Séptico + Filtro Plantado com Macrófitas de Fluxo Horizontal; Lagoa Anaeróbia + Filtro Plantado com Macrófitas de Fluxo Vertical; e Tanque Séptico + Filtro de Areia;
- Estabelecer parâmetros de projeto, construção e operação das unidades estudadas;
- Caracterizar os efluentes gerados, e analisar as potencialidades e níveis de depuração atingidos em cada arranjo dos sistemas propostos;

Observa-se que a elaboração do guia não foi contemplada no presente resumo executivo.

3. Metodologia

3.1 Arranjo Tecnológico 1: Tanque Séptico + Filtro Plantado de Fluxo Horizontal

Como arranjo tecnológico 1, foi selecionado um sistema de tratamento de esgoto já existente em uma residência, padrão médio, localizada no bairro de Sambaqui em Florianópolis/SC, com seis moradores.

O sistema foi composto pelas seguintes unidades (Figuras 1 e 2):

- Caixa de Gordura;
- Tanque Séptico;
- Filtro plantado com macrófitas (escoamento sub-superficial de fluxo horizontal);
- Desinfecção por pastilhas de cloro;
- Disposição final na rede pluvial.



Figura 1 - Fluxograma do arranjo tecnológico 1 - TS + FPMH.



Residência de
implantação
do sistema

Filtro plantado
de fluxo horizontal

Figura 2 - Foto da residência com o AT1 implantado.

3.1.1 Parâmetros de projeto e operacionais do sistema

A Tabela 1 apresenta o resumo dos parâmetros de projeto e operacionais do arranjo tecnológico 1.

Tabela 1 - Resumo dos parâmetros de projeto do arranjo tecnológico 1.

Parâmetros	Unidades	Tanque séptico	Filtro plantado
Volume útil	m ³	2,325	5,00
Altura útil	m	1,20	0,50
Área superficial	m ²	1,94	10,00
Vazão	m ³ /dia	0,96	0,96
TDH	dias	2,4	5,2
Intervalo de retirada de lodo	ano	2	-
Material filtrante	-	-	areia grossa
Porosidade do material filtrante	m ³ vazios/m ³ material	-	0,50
Macrófita	-	-	<i>Cyperus papyrus/Typha spp</i>

Observa-se que o tanque séptico foi dimensionado de acordo com a norma técnica brasileira da ABNT NBR 7229/93, enquanto no dimensionamento do filtro plantado com macrófitas foram aplicadas equações de reação de cinética de primeira

ordem e de cálculo da área superficial requerida, segundo recomendações de Philippi e Sezerino, 2006 e Kadlec e Knight, 1996.

3.2 Arranjo Tecnológico 2: Lagoa Anaeróbia + Filtro Plantado de Fluxo Vertical

Para o segundo Arranjo foi selecionado também um sistema de tratamento existente. Este encontrava-se junto à Estação Experimental de Tratamento e Reúso de Esgotos (UFSC), anexo à ETE Continental de Florianópolis, sendo projetado para o tratamento de uma fração do efluente da lagoa anaeróbia (escala real - 7,3ha - CASAN).

- O sistema era composto pelas seguintes unidades (Figuras 3 e 4):
- Tanque de distribuição - efluente bombeado da saída da lagoa anaeróbia;
- Seis módulos de filtros plantados com macrófitas de fluxo vertical (FPFV);
- Filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal (FPFH);
- Disposição final em corpo d'água.

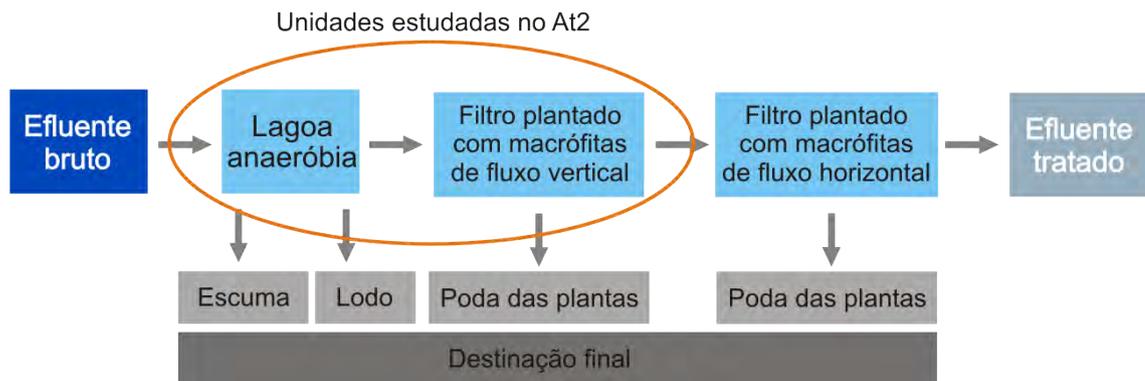


Figura 3 - Fluxograma do arranjo tecnológico 2 - LA + FPMFV.

As unidades focadas no estudo foram a lagoa anaeróbia e os filtros verticais, não sendo considerado o pós-tratamento pelo filtro horizontal.



Figura 4 - Foto do sistema de tratamento – LA + FPMV - Potecas/São José.

3.2.1 Parâmetros de projeto e operacionais do sistema

Foram projetados seis módulos de filtros, que foram dispostos em pares e alimentados sob diferentes cargas orgânicas e taxas hidráulicas. Duas alturas de leito foram aplicadas, sendo que três módulos foram preenchidos com 75 cm de material filtrante e três módulos com 45 cm. Os pares de FPMVs foram identificados de acordo com a carga de SS aplicada e a espessura do leito de areia.

Na Tabela 2 consta o resumo dos parâmetros de projeto e operacionais dos filtros plantados com macrófitas verticais do arranjo tecnológico 2.

Tabela 2 - Resumo dos parâmetros de projeto do arranjo tecnológico 2.

Parâmetros	Unidades	Filtros plantados com macrófitas verticais					
		V1 60	V1 30	V2 60	V2 30	V3 60	V3 30
Volume útil	m ³	1,80	1,01	1,80	1,01	1,80	1,01

Parâmetros	Unidades	Filtros plantados com macrófitas verticais					
		V1 60	V1 30	V2 60	V2 30	V3 60	V3 30
Altura útil de areia	m	0,60	0,30	0,60	0,30	0,60	0,30
Altura útil de brita1	m	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Área superficial	m ²	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
Taxas hidráulicas	mm/dia	153,7	153,7	230,7	230,7	307,4	307,4
Regime de fluxo	-	intermitente	intermitente	intermitente	intermitente	intermitente	intermitente
Taxa de aplicação superficial	gSSm ³ /dia	10,0	10,0	15,0	15,0	20,0	20,0
Material filtrante	-	areia grossa	areia grossa	areia grossa	areia grossa	areia grossa	areia grossa
Porosidade do material filtrante	m ³ vazios/ m ³ material	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Macrófita	-	<i>Typha spp</i>	<i>Typha spp</i>	<i>Typha spp</i>	<i>Typha spp</i>	<i>Typha spp</i>	<i>Typha spp</i>

Observa-se que o dimensionamento e plantio das macrófitas foi realizado segundo recomendações de Platzer, 1999 e Brix, 1997.

3.3 Arranjo Tecnológico 3: Tanque Séptico + Filtro de Areia

Este arranjo tecnológico foi composto também por um sistema de tratamento já existente. Observa-se que o efluente que alimentava este sistema era oriundo somente das unidades - vaso sanitário e pia de cozinha (águas negras) de uma residência. O arranjo então tratava as águas negras geradas em uma unidade residencial, localizada no bairro de Ratoles, em Florianópolis/SC, com três moradores.

O sistema era composto pelas seguintes unidades (Figuras 5 e 6):

- Caixa de gordura;
- Tanque séptico;
- Filtro de areia (fluxo descendente);
- Disposição final no solo por meio de valas de infiltração.



Figura 5 - Fluxograma do arranjo tecnológico 3 - TS + FA.



Figura 6 - Foto do arranjo TS + FA - Ratores / Florianópolis.

3.3.1 Parâmetros de projeto e operacionais do sistema

Na Tabela 3 constam os parâmetros de projeto e operacionais do arranjo 3. Observa-se que o tanque séptico e o filtro de areia foram dimensionados de acordo com as normas técnicas brasileiras da ABNT NBR 7229/93 e NBR 13969/97, respectivamente.

Tabela 3 - Resumo dos parâmetros de projeto do arranjo tecnológico 3.

Parâmetros	Unidades	Tanque séptico	Filtro areia
Volume útil	m ³	1,52	1,7
Altura útil	m	1,82	0,85
Área superficial	m ²	0,95	2,00
Vazão	m ³ /dia	0,20	0,20
Intervalo de retirada de lodo	ano	2	-
Regime de fluxo	-	intermitente	intermitente
Taxa de aplicação hidráulica	L/m ² .dia	-	10,0
TDH	Dias	7,6	8,5
Material filtrante	-	-	areia grossa

3.4 Arranjo Tecnológico 4: Tanque Séptico + Biofiltro Aerado Submerso

O arranjo tecnológico 4 foi um objetivo específico deste projeto, diferentemente dos outros arranjos que foram somente selecionados, pois eram sistemas já implantados.

O estudo e projeto de implantação deste último arranjo foi dividido em duas fases:

- Fase 1: foi implantado um experimento em escala laboratorial, constituído por quatro BAS com meios suportes distintos, cujo objetivo principal foi a escolha de dois meios que fornecessem uma qualidade melhor ao efluente final;
- Fase 2: que foi o enfoque principal do projeto, com a implantação de um experimento em escala real, constituído por um tanque séptico modificado (TSM), seguido por dois BAS, com os meios suportes determinados na Fase 1 do projeto.

3.4.1 Fase 1 - Experimento em escala laboratorial

O experimento foi conduzido no LIMA – Laboratório Integrado do Meio Ambiente do Depto de Engenharia Sanitária e Ambiental, e foi composto de quatro reatores (R) (volume= 1,7L), operados em batelada. Os materiais suportes testados foram: Cascas

de berbigão (R1); Cascas de ostra (R2); Tampas de polietileno (R3); e Tubo corrugado (R4). As principais características dos reatores estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Características dos reatores em escala laboratorial.

Características	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Reator 4
Meio suporte	Casca de ostra	Casca de berbigão	Tampas PET	Tubo corrugado
Volume total	1,7 L	1,7 L	1,7 L	1,7 L
Volume útil	1,29 L	1,17 L	1,43 L	1,5 L
Volume do meio suporte	0,41 L	0,53 L	0,27 L	0,2 L
Peso do meio suporte	1288,4 g	849,7 g	283,4 g	188,3 g

Para o fornecimento de oxigênio ao sistema foi utilizado um compressor de aquário da marca Big Air – Super Pump, modelo A420. Na Figura 7 está apresentado o experimento de bancada.



Figura 7 - Foto do experimento de bancada completo com os 4 reatores (biofiltros).

A alimentação dos quatro reatores era realizada uma vez ao dia, com fluxo ascendente. O esgoto afluyente era coletado na caixa de passagem em uma das redes coletoras de esgotos da CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento), localizada na UFSC.

O monitoramento do sistema foi realizado semanalmente. Às quintas feiras era analisado o esgoto bruto, e 24 horas após era analisado o efluente dos biofiltros.

3.4.2 Fase 2 – Experimento em escala real

De acordo com os resultados obtidos na fase 1 do projeto foi possível a escolha dos dois meios suportes de preenchimento que continuaram fazendo parte do projeto.

Os biofiltros foram preenchidos com os seguintes materiais: biofiltro aerado submerso 1 - cascas de ostras; e biofiltro aerado submerso 2 - tampas de polietileno.

O sistema em escala real foi alimentado com esgoto da rede coletora de esgotos e composto então, pelas unidades: tanque séptico modificado e dois biofiltros aerados submersos operando em paralelo (Figuras 8 e 9).

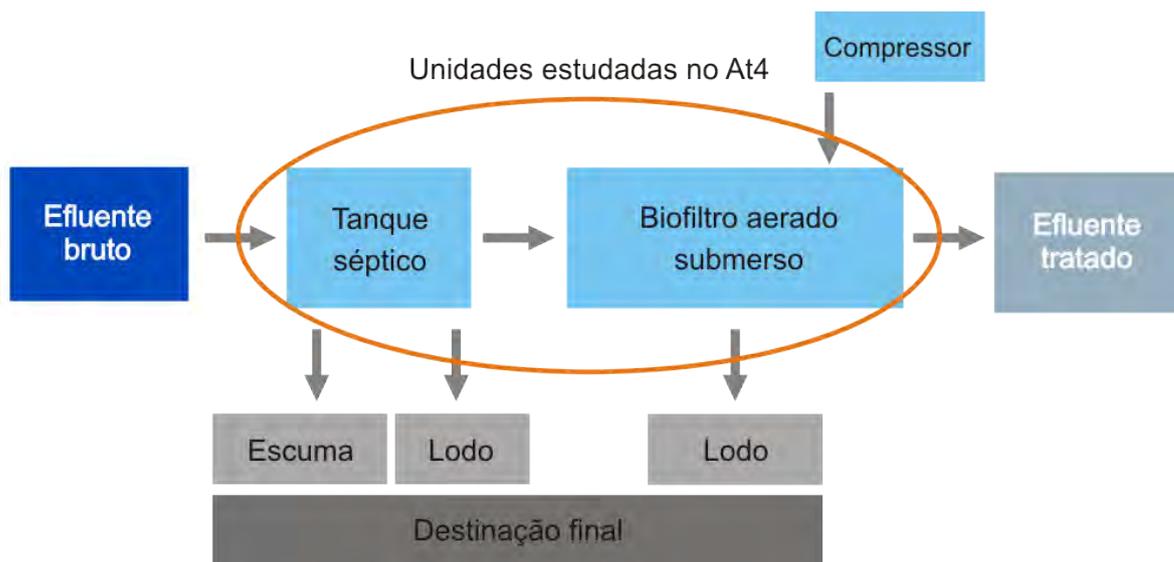


Figura 8 - Fluxograma do arranjo tecnológico 4 - TSM + BAS.



Figura 9 – Foto do arranjo TSM + BAS.

3.4.2.1 Parâmetros de projeto e operacionais do sistema

O dimensionamento do tanque séptico seguiu o que preconiza a norma da ABNT - NBR 7229/93, considerando 5 habitantes, e uma contribuição de 100 L esgoto/hab.dia. O dimensionamento dos biofiltros foi realizado levando-se em conta a carga orgânica volumétrica (COV) a ser aplicada nos reatores (800 gDQO/m³.dia), o valor médio de DQO do esgoto a ser tratado e um volume pré-estabelecido para os reatores.

A Tabela 5 apresenta o resumo dos parâmetros de projeto e operacionais do arranjo tecnológico 4.

Tabela 5 - Resumo dos parâmetros de projeto do arranjo tecnológico 4.

Parâmetros	Unidades	TSM	BAS 1	BAS 2
Volume útil	m ³	2,03	0,20	0,20
Altura útil	m	1,35	1,35	1,35
Vazão	m ³ /dia	0,80	0,40	0,40
Intervalo de retirada de lodo	ano	2	-	-
Regime de fluxo	-	contínuo	contínuo	contínuo
Taxa de aplicação hidráulica	m ³ /m ² .dia	-	3,41	3,41
Carga orgânica volumétrica	gDQO/m ³ .dia	-	800,0	800,0
TDH	dias	2,5	0,49	0,49
Meio suporte	-	-	cascas de ostras	tampas PET
Volume do meio suporte	m ³	-	0,482	0,318

Para fornecimento de aeração aos biofiltros foi utilizado um compressor de ar, marca Schulz®, linha mundial, modelo MSV 5,2 x 130.

3.5 Monitoramento dos arranjos tecnológicos

O monitoramento dos arranjos tecnológicos foi realizado através de coletas e análises físico-químicas e bacteriológicas.

Na Tabela 6 são apresentados os pontos de amostragem dos quatro arranjos tecnológicos.

Tabela 6 - Pontos amostrados nos arranjos tecnológicos.

Arranjo Tecnológico	Pontos Amostrados
AT1: Tanque Séptico + Filtro Plantado Horizontal	PONTO 1: Saída - Tanque séptico PONTO 2: Saída - Filtro plantado
AT2: Lagoa Anaeróbia + Filtro Plantado Vertical	PONTO 1: Saída - Lagoa anaeróbia PONTO 2: Saída - Filtro plantado
AT3: Tanque Séptico + Biofiltro Aerado Submerso	PONTO 1: Entrada - Tanque séptico PONTO 2: Saída - Tanque séptico PONTO 3: Saída - Biofiltro
AT4: Tanque Séptico + Filtro de areia	PONTO 1: Entrada - Tanque séptico PONTO 2: Saída - Tanque séptico PONTO 3: Saída - Filtro de areia
AT5: Filtro Anaeróbio + Filtro de areia	PONTO 1: Entrada - Filtro anaeróbio PONTO 2: Saída - Filtro Anaeróbio PONTO 3: Saída - Filtro de Areia

Na Tabela 7 são apresentados os parâmetros analisados nos quatro arranjos tecnológicos.

Tabela 7 - Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos avaliados nos pontos de amostragem dos arranjos tecnológicos: AT1, AT2, AT3 e AT4.

Parâmetros	Unidades	AT1	AT2	AT3	AT4 - Fase 1	AT4 - Fase 2
pH	-	X	X	X	X	X
Alcalinidade total	mgCaCO ₃ /L	X	X	X	X	X
Turbidez	NTU	X		X		
Sólidos totais	mg/L	X		X		

Parâmetros	Unidades	AT1	AT2	AT3	AT4 - Fase 1	AT4 - Fase 2
Sólidos suspensos totais	mg/L	X	X	X	X	X
DQO total	mg/L	X	X	X	X	X
Nitrogênio amoniacal	mg/L	X	X	X	X	X
Nitrogênio nitrito	mg/L	X	X	X	X	X
Nitrogênio nitrato	mg/L	X	X	X	X	X
Fósforo ortofosfato	mg/L	X	X	X	X	X
Coliformes totais	NMP/100mL	X	X	X	X	X
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	X	X	X	X	X
Oxigênio dissolvido	mg/L					X

Na Tabela 8 são apresentadas as periodicidades das análises dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos nos quatro arranjos tecnológicos, e o tempo de operação e monitoramento individualmente.

Tabela 8 - Periodicidade das análises físico-químicas e bacteriológicas e o tempo de operação e monitoramento dos arranjos tecnológicos: AT1, AT2, AT3 e AT4.

Períodos		AT1	AT2	AT3	AT4 - Fase 1	AT4 - Fase 2
das análises	Físico-químicas	quinzenal	semanal	semanal	semanal	bi-semanal
	Bacteriológicas	mensal	mensal	quinzenal	-	Quinzenal
Tempo de operação		5 anos	10 meses	2 anos	6 meses	8 meses
Tempo de monitoramento		2 anos	9,5 meses	1,8 anos	5,5 meses	7,5 meses

As metodologias analíticas e os equipamentos empregados na realização das análises laboratoriais estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Metodologias Analíticas e equipamentos utilizados nas análises laboratoriais.

Parâmetros	Metodologia/Equipamentos Utilizadas	Faixa de Leitura
pH	Potenciômetro. Leitura em pHmetro <i>Micronal, modelo B474</i>	0 - 14
Alcalinidade Total	Titulação potenciométrica com H ₂ SO ₄ 0,02N (APHA, 1998)	-
Turbidez	Nefelométrico – Standard Methods 2130 B (APHA, 1998)	-
Cor	Standard Methods 2120 C (APHA, 1998)	-
	Espectrofotométrico (HACH® – modelo DR4000)	
Sólidos Totais	Seco a 103 – 105°C. Standard Methods 2540 B (APHA, 1998)	-
Sólidos Dissolvidos Totais	Seco a 180°C. Standard Methods 2540 C (APHA, 1998)	-

Parâmetros	Metodologia/Equipamentos Utilizadas	Faixa de Leitura
Sólidos Suspensos Totais	Gravimetria (APHA, 1998).	-
DQO total	Método colorimétrico de refluxo fechado (APHA, 1998) Leitura em Espectrofotômetro HACH® – modelo DR4000	0 - 150mg/L
Nitrogênio Total Kjeldahl	Macro Kjeldahl. Standard Methods 4500 - Norg B (APHA, 1998)	-
Nitrogênio Amoniacal	Nessler (Vogel, 1981) Leitura em Espectrofotômetro HACH® – modelo DR4000	0 - 7,0mg/L
Nitrogênio Nitrito	Alfanaftalamina (APHA, 1998) - Leitura em Espectrofotômetro HACH® – modelo DR4000.	0 - 0,6mg/L
Nitrogênio Nitrato	Brucina (APHA, 1972) - Leitura em Espectrofotômetro HACH® – modelo DR4000.	0 - 7,5mg/L
Fósforo Ortofosfato	Ácido Vanadomolibdato (APHA, 1998) - Leitura em Espectrofotômetro HACH® – modelo DR4000.	0 - 12,5mg/L
Coliformes Totais	Substrato cromogênico. Colilert®	-
<i>Escherichia coli</i>	Substrato cromogênico. Colilert®	-

4. Resultados e discussões

4.1 Arranjo Tecnológico 1: Tanque Séptico + Filtro Plantado Horizontal

Os resultados médios obtidos com o experimento de Sambaqui - AT 1 - estão resumidos na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores médios, desvio padrão e número de amostragens dos parâmetros determinados no afluente e efluente do filtro plantado do AT 1.

Pontos Amostrados	Entrada Filtro Plantado	Saída Filtro Plantado
pH	Média	7,58
	Desvio Padrão	0,25
	Nº amostragens	22
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)	Média	263,30
	Desvio Padrão	88,50
	Nº amostragens	15
DQO total (mg/L)	Média	367,61
	Desvio Padrão	202,14
	Nº amostragens	22
SS totais (mg/L)	Média	115,50
	Desvio Padrão	100,40
	Nº amostragens	20
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Média	57,88
	Desvio Padrão	31,07
	Nº amostragens	20

Pontos Amostrados	Entrada Filtro Plantado	Saída Filtro Plantado	
Nitrogênio Nitrito (mg/L)	Média	0,32	0,15
	Desvio Padrão	0,90	0,26
	Nº amostragens	19	18
Nitrogênio Nitrato (mg/L)	Média	0,48	3,81
	Desvio Padrão	0,55	2,66
	Nº amostragens	19	18
Fósforo Ortofosfato (mg/L)	Média	19,01	9,41
	Desvio Padrão	10,15	3,96
	Nº amostragens	18	18
Coliformes totais (NMP/100ml)	Média	1,68x10⁷	3,15x10⁵
	Desvio Padrão	2,22x10 ⁷	5,02x10 ⁵
	Nº amostragens	5	5
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100ml)	Média	6,42x10⁶	1,42x10⁴
	Desvio Padrão	1,23x10 ⁷	8,52x10 ³
	Nº amostragens	5	5

4.1.1 Avaliação da remoção da matéria orgânica – DQO total e SST

Os resultados referentes à DQO total e SS totais dos dois pontos amostrados estão demonstrados nas Figuras 10 e 11.

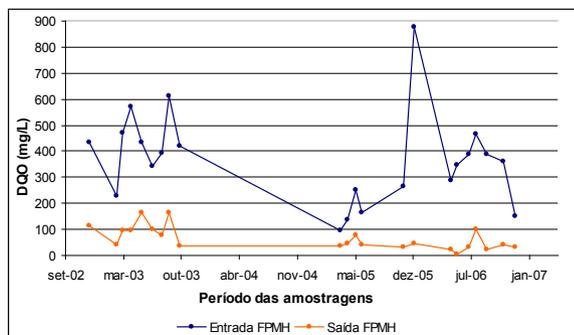


Figura 10 - Variação temporal das concentrações de DQO no AT 1.

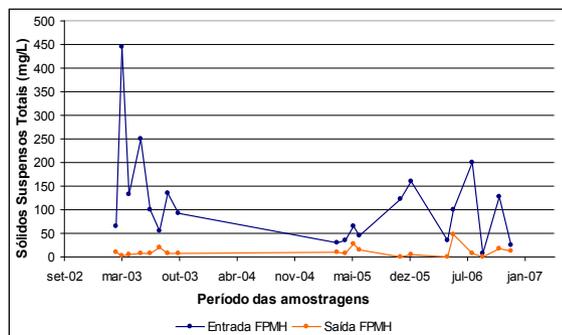


Figura 11 - Variação temporal das concentrações de SSt no AT 1.

O FPMH apresentou eficiência média na remoção de DQOt de 83%, com concentrações média, máxima e mínima no efluente de 64, 180 e 5 mg/L, respectivamente. Pode ser observado na Figura 10 que o FPMH teve um bom desempenho quanto às variações de cargas, com os picos de 600 e 900 mg/L de DQOt.

Com relação à remoção de sólidos suspensos a eficiência obtida foi de 91%, produzindo um efluente com concentração média de 11 mg/L de SS, com máxima e mínima de 50 e 5 mg/L, respectivamente. Esta eficiência deve-se em parte à boa capacidade filtrante do leito de areia.

4.1.2 Avaliação da remoção de Nitrogênio Amoniacal

A remoção de nitrogênio amoniacal no FPMH não pôde ser considerada efetiva, tendo em vista uma eficiência média de 16%, produzindo um efluente com concentração média de 48 mg/L. A baixa eficiência na nitrificação ocorreu em função, principalmente, da baixa aeração natural promovida nos filtros horizontais.

4.2 Arranjo Tecnológico 2: Lagoa Anaeróbia + Filtro Plantado de Fluxo Vertical

Os resultados obtidos no arranjo tecnológico 2 estão resumidos na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores médios, desvio padrão e número de amostragens dos parâmetros determinados nos afluentes e efluentes das unidades do AT 2.

Pontos Amostrados	Saída LA	Saída V1 60	Saída V1 30	Saída V2 60	Saída V2 30	Saída V3 60	Saída V3 30	
pH	Média	7,79	6,29	6,32	6,29	6,49	6,21	6,48
	Desvio Padrão	0,26	0,46	0,38	0,35	0,35	0,38	0,38
	Nº amostragens	37	37	36	36	36	37	37
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)	Média	324,69	78,21	80,07	77,54	99,09	78,17	110,86
	Desvio Padrão	39,06	68,61	36,99	33,13	34,88	38,27	46,77
	Nº amostragens	36	37	36	36	36	37	36
DQO total (mg/L)	Média	181,51	57,02	50,22	51,67	53,89	55,15	59,56
	Desvio Padrão	77,60	35,30	18,72	18,90	15,71	16,31	19,65
	Nº amostragens	27	30	29	29	28	30	30
SS totais (mg/L)	Média	66,91	20,65	19,67	19,72	21,86	21,14	23,47
	Desvio Padrão	20,33	16,91	10,97	9,46	9,54	7,24	10,46
	Nº amostragens	37	37	36	36	36	37	37
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Média	42,88	10,56	10,50	9,59	12,91	10,17	14,63
	Desvio Padrão	14,41	8,34	4,17	3,74	5,38	4,73	6,62
	Nº amostragens	31	30	30	30	30	31	31
Nitrogênio Nitrito (mg/L)	Média	0,21	2,08	3,23	1,93	2,82	2,54	2,62
	Desvio Padrão	0,10	1,85	2,13	1,66	2,09	2,12	2,29
	Nº amostragens	28	27	25	28	28	29	27
Nitrogênio Nitrato (mg/L)	Média	0,25	22,77	21,01	24,36	18,86	27,60	17,14
	Desvio Padrão	0,23	11,51	7,94	10,04	7,73	14,04	8,46
	Nº amostragens	28	29	28	28	28	28	29
Fósforo Ortofosfato (mg/L)	Média	8,54	5,52	5,25	5,54	5,47	5,83	5,44
	Desvio Padrão	2,29	1,89	1,54	1,18	1,31	1,35	1,36
	Nº amostragens	27	28	27	27	27	27	27
Coliformes totais (NMP/100ml)	Média	1,7x10⁷	1,9x10⁶	1,4x10⁶	1,7x10⁶	1,9x10⁶	2,4x10⁶	2,4x10⁶
	Desvio Padrão	6,1x10 ⁶	7,8x10 ⁵	1,5x10 ⁶	-	-	-	-
	Nº amostragens	5	2	2	1	1	1	1
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100ml)	Média	8,4x10⁵	1,3x10⁵	9,4x10⁴	9,6x10⁴	9,3x10⁴	6,8x10⁴	8,9x10⁴
	Desvio Padrão	5,5x10 ⁵	1,2x10 ⁵	2,3x10 ⁴	-	-	-	-
	Nº amostragens	5	2	2	1	1	1	1

Legenda:

LA: Lagoa Anaeróbia

V1 60: Filtro Vertical 1 - 60 cm de leito filtrante

V1 30: Filtro Vertical 1 - 30 cm de leito filtrante

V2 60: Filtro Vertical 2 - 60 cm de leito filtrante

V2 30: Filtro Vertical 2 - 30 cm de leito filtrante

V3 60: Filtro Vertical 3 - 60 cm de leito filtrante

V3 30: Filtro Vertical 3 - 30 cm de leito filtrante

4.2.1 Avaliação da remoção da matéria orgânica – DQO total e SST

Os resultados referentes à DQO total e SS totais estão demonstrados nas Figuras 12 e 13.

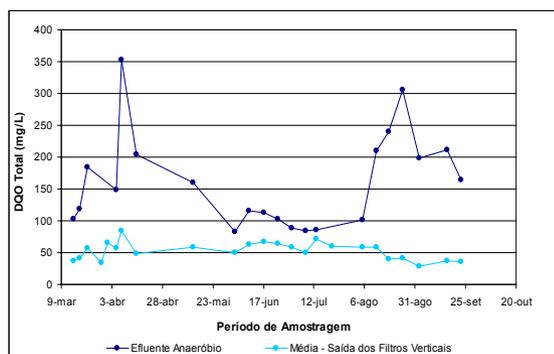


Figura 12 - Variação temporal das concentrações de DQO no AT 2.

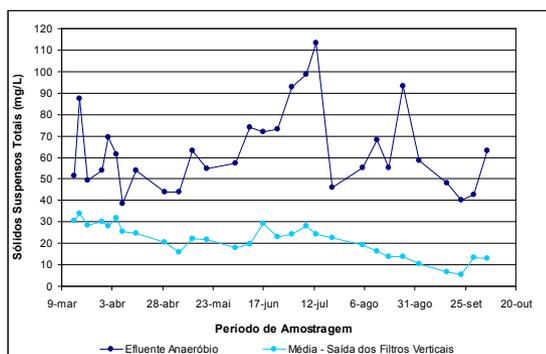


Figura 13 - Variação temporal das concentrações de SST no AT 2.

O FPMV apresentou eficiência média de remoção de DQOt de 70%, com concentrações média, máxima e mínima no efluente de 55, 85 e 30 mg/L, respectivamente. Pode ser observado na Figura 12, que o FPMH obteve um bom desempenho quanto às variações de cargas, com os picos de 300 e 350 mg/L de DQOt.

Com relação à remoção de sólidos suspensos, da mesma forma que a DQO, a eficiência obtida pôde ser considerada muito boa, de aproximadamente 69%, produzindo um efluente com concentração média de 21 mg/L de SS, com máxima e mínima de 35 e 5 mg/L, respectivamente. Esta eficiência deve-se, em parte, à boa capacidade filtrante do leito de areia.

4.2.2 Avaliação da remoção de Nitrogênio Amoniacal

Os resultados referentes ao parâmetro Nitrogênio, na forma de amônia e nitrato, dos dois pontos amostrados estão demonstrados na Figura 14.

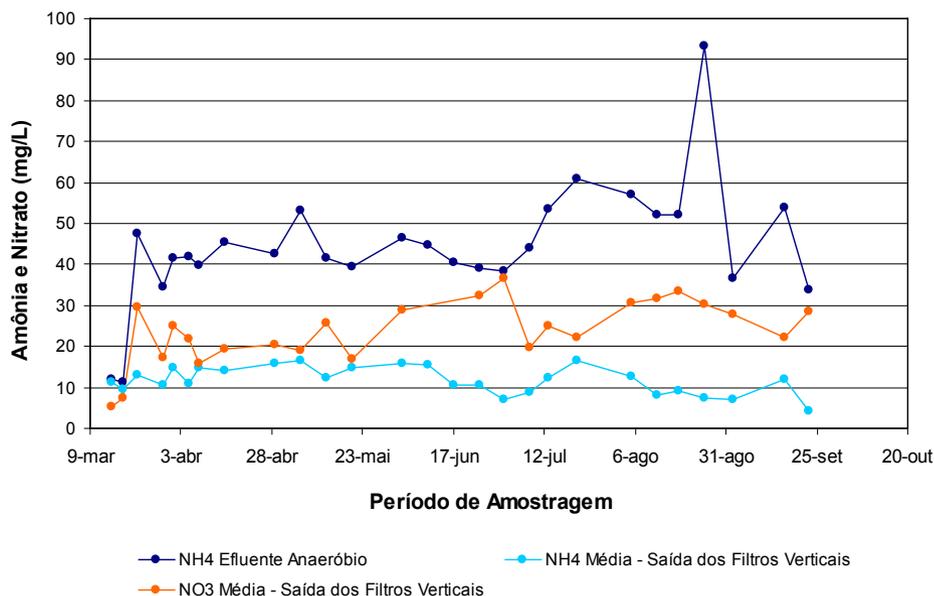


Figura 14 - Variação temporal das concentrações de amônia e nitrato no AT 2.

A remoção/transformação de nitrogênio amoniacal no FPMV pôde ser considerada efetiva, tendo em vista uma eficiência de remoção média de 73%, produzindo um efluente com concentração média de 11 mg/L.

A nitrificação foi evidente em todos os seis módulos FPMVs devido a constatação de remoção de nitrogênio amoniacal e a formação de nitrogênio nitrato no efluente de cada módulo (média de 22 mg/L).

Concentrações significativas de nitrato foram observadas nos efluentes dos filtros verticais, cerca de trinta dias após a partida do sistema, o que pôde ter ocorrido em função da provável transferência suficiente de oxigênio para o maciço filtrante, devido principalmente à configuração e ao regime intermitente de alimentação.

4.3 Arranjo Tecnológico 3: Tanque Séptico + Filtro de Areia Descendente

Os resultados obtidos no arranjo tecnológico 3 - estão resumidos na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores médios, desvio padrão, e número de amostragens dos parâmetros determinados na entrada do tanque séptico e no afluente e efluente do filtro de areia.

Pontos Amostrados		Tanque Séptico	Entrada Filtro de Areia	Saída Filtro de Areia
pH	Média	7,80	8,00	6,30
	Desvio Padrão	0,30	0,30	1,20
	Nº amostragens	41	28	35
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)	Média	1032,80	1017,50	126,30
	Desvio Padrão	382,80	335,80	140,30
	Nº amostragens	36	24	29
DQO total (mg/L)	Média	517,50	375,40	63,70
	Desvio Padrão	317,30	112,60	50,70
	Nº amostragens	39	25	31
SS totais (mg/L)	Média	124,10	76,50	9,50
	Desvio Padrão	81,70	42,90	8,30
	Nº amostragens	34	24	26
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Média	168,40	204,00	55,20
	Desvio Padrão	125,00	110,50	53,50
	Nº amostragens	40	27	34
Nitrogênio Nitrito (mg/L)	Média	0,30	0,30	4,80
	Desvio Padrão	0,30	0,30	7,00
	Nº amostragens	37	26	31
Nitrogênio Nitrato (mg/L)	Média	0,70	0,70	27,20
	Desvio Padrão	0,50	0,40	46,00
	Nº amostragens	41	27	29
Fósforo Total (mg/L)	Média	36,20	40,30	9,80
	Desvio Padrão	21,70	26,00	7,70
	Nº amostragens	34	20	27
Coliformes totais (NMP/100ml)	Média	8,80x10⁶	8,93x10⁶	7,99x10⁴
	Desvio Padrão	7,83x10 ⁶	8,35x10 ⁶	1,78x10 ⁴
	Nº amostragens	32	18	4
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100ml)	Média	5,56x10⁶	4,11x10⁶	5,27x10⁵
	Desvio Padrão	8,25x10 ⁶	5,43x10 ⁶	8,14x10 ⁵
	Nº amostragens	32	18	23

4.3.1 Avaliação da remoção da matéria orgânica – DQO total e SST

Os resultados referentes à DQO total e SS totais estão demonstrados nas Figuras 15 e 16.

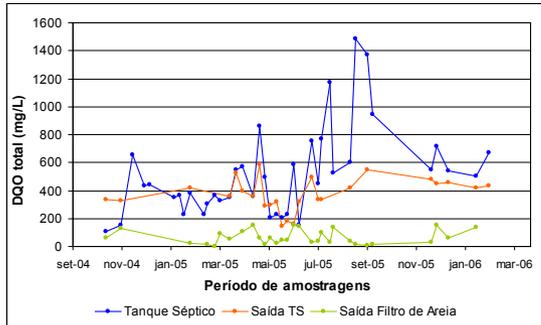


Figura 15 - Variação temporal das concentrações de DQO no AT 3.

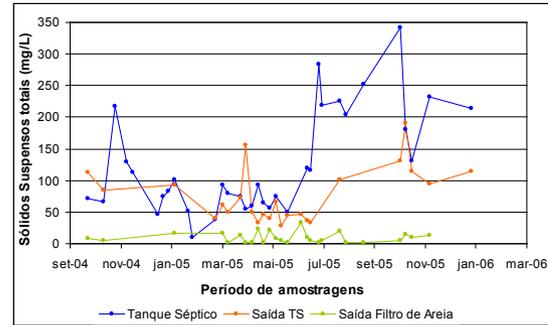


Figura 16 - Variação temporal das concentrações de SSt no AT 3.

O TS apresentou eficiência média na remoção de DQOt de 27%, com concentração média efluente de 375 mg/L. O FA obteve resultados mais significativos, com 83% de remoção média de DQO, produzindo efluente com concentração média de 64 mg/L.

Com relação à remoção de sólidos suspensos, da mesma forma que a DQO, a eficiência global obtida pôde ser considerada satisfatória, de aproximadamente 92%, produzindo um efluente com 9,5 mg/L de SS de concentração média, o que caracteriza uma boa capacidade filtrante do leito de areia. As eficiências médias isoladas foram de 38% para o tanque séptico e de 88% para o filtro de areia.

4.3.2 Avaliação da remoção de Nitrogênio Amoniacal

Os resultados obtidos referentes ao parâmetro nitrogênio, na forma de amônia e nitrato, dos três pontos amostrados estão demonstrados na Figura 17.

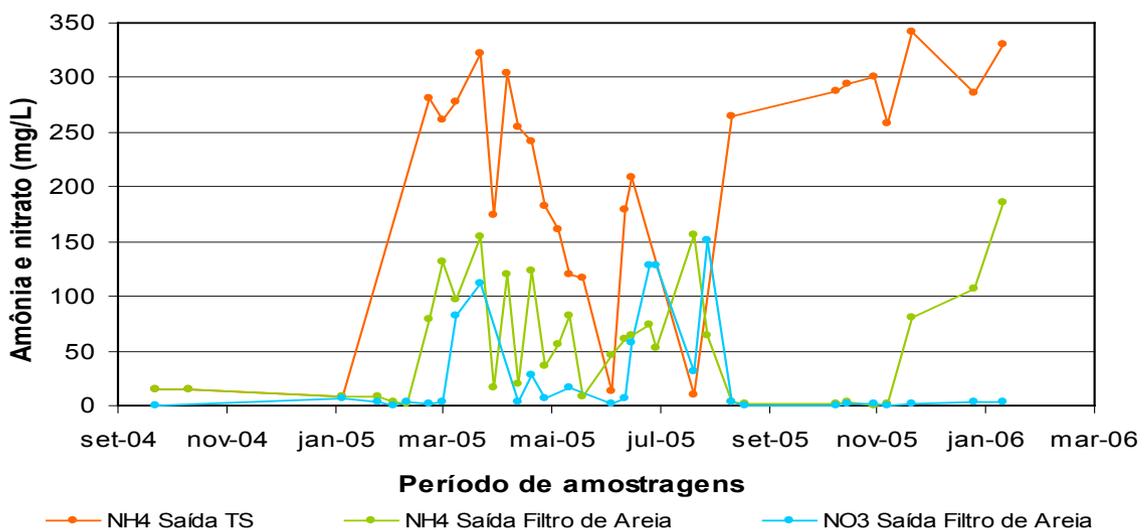


Figura 17 - Variação temporal das concentrações de amônia e nitrato no AT 3.

A remoção de frações de amônia pode ser considerada significativa, especialmente se observadas as altas concentrações no TS - média de 204 mg/L. Esta concentração se comparada com a composição média dos esgotos domésticos é considerada muito elevada. A porcentagem média de remoção de amônia no FA foi então de 73%, produzindo um efluente com concentração média de 55 mg/L.

4.4 Arranjo Tecnológico 4: Tanque Séptico + Biofiltro Aerado Submerso

4.4.1 Fase 1

Os resultados obtidos no experimento em bancada estão resumidos na Tabela 13.

Tabela 13 - Valores médios, desvio padrão e número de amostragens dos parâmetros determinados na fase 1 do AT 4.

Pontos Amostrados	Esgoto Bruto	Reator 1 Cascas de Berbigão	Reator 2 Cascas de Ostras	Reator 3 Tampas PET	Reator 4 Tubo Corrugado	
pH	Média	7,45	7,71	7,84	5,58	5,56
	Desvio Padrão	0,14	0,14	0,16	0,38	0,36
	Nº amostragens	18	18	18	18	18
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ /L)	Média	173,92	45,58	58,02	7,96	6,84
	Desvio Padrão	26,47	8,18	7,62	2,51	1,77
	Nº amostragens	22	21	22		22
DQO total (mg/L)	Média	485,60	61,70	47,50	80,50	103,30
	Desvio Padrão	127,60	22,20	13,20	26,10	35,70
	Nº amostragens	18	18	18	18	18
SS totais (mg/L)	Média	164,40	73,80	71,70	76,30	88,80
	Desvio Padrão	38,80	23,00	30,80	52,20	29,70
	Nº amostragens	23	22	23		23
Nitrogênio Amônia (mg/L)	Média	44,10	5,66	5,49	10,26	12,33
	Desvio Padrão	6,32	3,26	4,14	3,53	3,90
	Nº amostragens	18	18	18	18	18
Nitrogênio Nitrato (mg/L)	Média	0,27	33,10	30,40	21,40	22,10
	Desvio Padrão	0,17	12,02	10,97	7,14	7,76
	Nº amostragens	22	20	20		20
Fósforo Ortofosfato (mg/L)	Média	10,05	6,31	6,22	6,63	7,07
	Desvio Padrão	2,52	2,47	2,50	2,92	3,07
	Nº amostragens	18	18	18	18	18

De acordo com os resultados das análises físico-químicas, as melhores eficiências globais no tratamento do esgoto bruto foram alcançadas, em ordem decrescente, pelos meios: casca de ostra (BAS 2), casca de berbigão (BAS 1), tampas de PET (BAS 3), e por último conduíte (BAS 4).

Foi escolhido então, um material plástico, as tampas de polietileno, pois são passíveis de serem utilizadas no interior do Estado, e as cascas de ostra, material este que se caracteriza como resíduo da produção de moluscos no Litoral de Santa Catarina.

4.4.2 Fase 2

Os resultados obtidos com a realização das análises laboratoriais referentes aos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, nos quatro pontos amostrados do sistema em escala real TSM + BAS, estão demonstrados na Tabela 14.

Tabela 14 - Valores médios, desvio padrão e número de amostragens dos parâmetros determinados na fase 2 do AT 4.

Pontos Amostrados		Entrada TSM	Saída TSM	Saída BAS1 - Ostra	Saída BAS 2 - PET
pH	Média	7,37	7,47	7,61	5,86
	Desvio Padrão	0,37	0,41	0,34	1,33
	Nº amostragens	23	23	23	23
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)	Média	296,47	60,39	60,39	48,00
	Desvio Padrão	75,81	59,05	14,67	54,05
	Nº amostragens	22	21	22	22
DQO total (mg/L)	Média	1031,67	309,34	19,19	111,91
	Desvio Padrão	384,28	64,45	5,90	34,79
	Nº amostragens	23	22	21	21
SS totais (mg/L)	Média	504,79	74,67	0,88	51,02
	Desvio Padrão	580,78	146,57	1,22	48,14
	Nº amostragens	23	22	23	23
Nitrogênio Amônia (mg/L)	Média	55,20	55,93	0,78	15,17
	Desvio Padrão	8,67	6,67	0,39	9,61
	Nº amostragens	22	20	20	20
Nitrogênio Nitrito (mg/L)	Média	0,06	0,05	0,13	1,14
	Desvio Padrão	0,03	0,03	0,11	1,37
	Nº amostragens	22	20	20	20
Nitrogênio Nitrato (mg/L)	Média	0,64	0,57	60,70	33,82
	Desvio Padrão	0,18	0,10	12,99	19,42
	Nº amostragens	22	20	20	20

Pontos Amostrados	Entrada TSM	Saída TSM	Saída BAS1 - Ostra	Saída BAS 2 - PET	
Fósforo Ortofosfato (mg/L)	Média	24,88	18,43	7,13	10,24
	Desvio Padrão	6,20	3,43	0,96	1,89
	Nº amostragens	22	21	22	22
Coliformes totais (NMP/100ml)	Média	2,42x10⁷	8,03x10⁶	7,99x10⁴	7,00x10⁴
	Desvio Padrão	2,42x10 ⁷	1,86x10 ⁶	1,78x10 ⁴	3,59x10 ³
	Nº amostragens	4	4	4	4
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100ml)	Média	9,30x10⁶	3,37x10⁶	2,75x10⁴	6,43x10⁴
	Desvio Padrão	6,01x10 ⁵	7,76x10 ⁵	4,80x10 ³	7,40x10 ²
	Nº amostragens	4	4	4	4

4.4.2.1 Avaliação da remoção da matéria orgânica – DQO total e SST

Os resultados referentes à DQO total dos quatro pontos amostrados estão demonstrados nas Figuras 18 e 19.

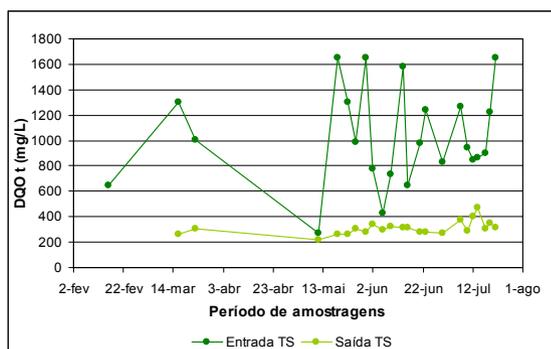


Figura 18 - Variação temporal das concentrações de DQO no AT 4.

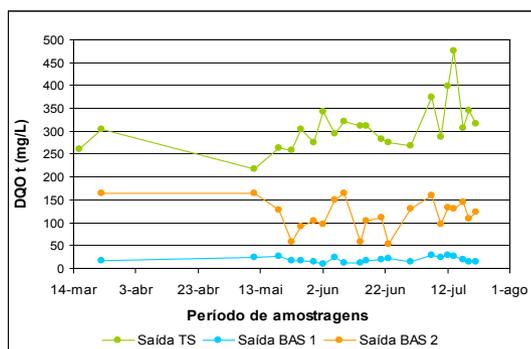


Figura 19 - Variação temporal das concentrações de DQO no AT 4.

O TSM apresentou eficiência média na remoção de DQOt de 70%, com concentrações média, máxima e mínima no efluente de 309, 476 e 138 mg/L, respectivamente. Mesmo com grandes variações nas concentrações de DQO do esgoto bruto na entrada do TSM, este mostrou uma boa capacidade de resistência às variações de cargas e equalização dos efluentes. Uma das razões para o bom rendimento deve-se, em parte, ao elevado tempo de detenção hidráulica, 2,5 dias.

Com relação às eficiências nos BAS, o BAS 1 obteve uma média de remoção de 94% de DQOt, com concentrações média, máxima e mínima de 19, 29, e 10 mg/L, respectivamente. Enquanto o BAS 2 apresentou uma média de 64%, com concentrações média, máxima e mínima de 112, 165 e 52 mg/L, respectivamente.

Os resultados referentes aos SS totais dos quatro pontos amostrados estão demonstrados nas Figuras 20 e 21.

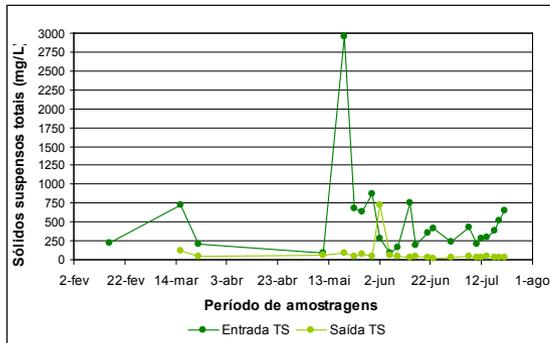


Figura 20 - Variação temporal das concentrações de Sst no AT 4.

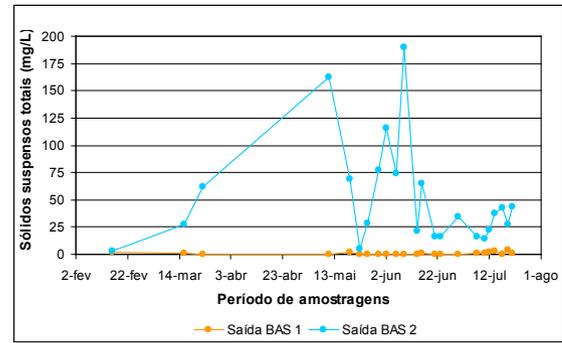


Figura 21 - Variação temporal das concentrações de Sst no BAS1 e 2 no AT 4.

O TSM apresentou eficiência média de remoção de SST de 85%, com concentrações média, máxima e mínima no efluente de 75, 725 e 20 mg/L, respectivamente.

Com relação às eficiências nos BAS, o BAS 1 obteve uma média de remoção de 98,8% de SST, com concentrações média, máxima e mínima de 0,9, 4,0 e 0,0 mg/L, respectivamente.

O BAS 2 apresentou uma eficiência média de remoção de 32% de SST, com concentrações média, máxima e mínima de 51, 190 e 3,0 mg/L, respectivamente. O BAS 2 apresentou menor eficiência na retenção e remoção de SST, e um problema constante de desprendimento de biomassa do meio suporte, o que provocou em 44% das análises realizadas, efluentes com concentrações maiores de SST do que a de afluentes.

4.4.2.2 Avaliação da remoção de Nitrogênio Amoniacal nos biofiltros

Os resultados referentes aos compostos nitrogenados, $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ e $N-NO_3^-$, dos pontos amostrados do BAS 1 e 2 estão representados nas Figuras 22 e 23.

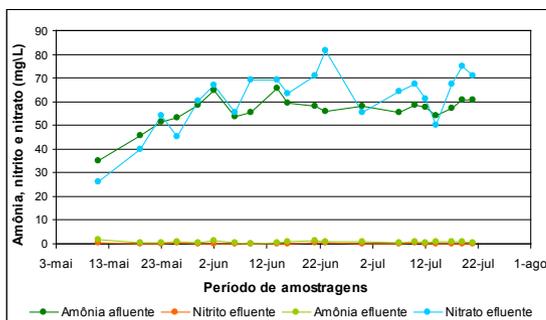


Figura 22 - Variação temporal das concentrações de amônia, nitrito e nitrato no BAS1 do AT 4.

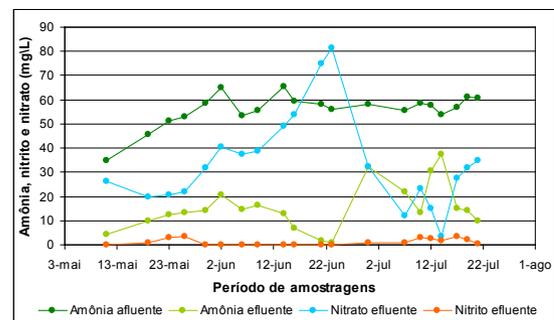


Figura 23 - Variação temporal das concentrações de amônia, nitrito e nitrato no BAS2 do AT 4.

O biofiltro com cascas de ostras (BAS1) apresentou 98,6% de eficiência média de remoção de amônia do afluente, com concentrações efluentes média, máxima e mínima de 0,8 , 1,8 e 0,20 mg/L, respectivamente. A nitrificação no BAS1 apresentou uma eficiência média de 100%, considerando que as concentrações efluentes de nitrato foram mais elevadas que as concentrações afluentes de amônia.

O biofiltro com tampas PET (BAS2) apresentou 73% de eficiência média de remoção de amônia no afluente, com concentrações efluentes médias, máximas e mínimas de 15, 37 e 0,9 mg/L, respectivamente.

O BAS 1 manteve uma ótima capacidade de tamponamento durante todo o período de operação do experimento, mesmo com uma intensa atividade nitrificante no reator. Este fato se deve, principalmente, ao material utilizado como meio suporte - as cascas de ostras, que além de realizarem a função de suporte para aderência de biofilme, atuaram no fornecimento de alcalinidade ao sistema.

Cada 1 mol de amônia oxidada (18.000 mg) promove o “consumo” de 1 mol de carbonato (100.000 mg), ou seja, a cada 1mg de amônia oxidada a nitrito 5,56 mg de carbonato são “consumidos”. Se considerarmos que uma média de 60,00 mg/L de nitrogênio inorgânico no BAS 1 foram oxidados (NO_3 efluente - NO_3 afluente - NO_2 afluente), temos que 333,6 mg/L de carbonato foram consumidos neste processo. Como no afluente ao BAS 1, a alcalinidade média era de 301,78 mg/L, podemos supor que esta foi totalmente consumida durante a nitrificação, e ainda faltaria em torno de 31,82 mg/L para que os 60 mg/L de NO_x fossem formados.

Como os efluentes do BAS 1 ainda apresentaram uma alcalinidade residual média de 60,39 mg/L, podemos concluir que as cascas de ostras forneceram uma média de 92,21 mg/L de carbonato de cálcio ao sistema.

O BAS 2 não obteve uma boa capacidade de tamponamento do reator, diferentemente do BAS 1, apresentando grandes variações nas concentrações de alcalinidade e nos valores de pH.

4.5 Comparações entre os Arranjos Tecnológicos - Nível de Tratamento Proporcional aos Efluentes e Aplicabilidade

A Tabela 15 apresenta dados comparativos entre os quatro arranjos tecnológicos estudados, na questão da eficiência de tratamento e qualidade do efluente final, e a Tabela 16 apresenta uma comparação destes resultados com os padrões de referência para lançamentos de efluentes em corpos d'água e padrões de reuso. Observa-se que na Tabela 16, as classes de reuso citadas referem-se: Classe1: descarga de bacia sanitária, lavagem de pisos, fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos; Classe 2:

lavagem de agregados, preparação de concreto, compactação do solo e controle de poeiras; Classe 3: irrigação de áreas verdes e rega de jardim.

Um das maiores desvantagens dos sistemas naturais aqui estudados, nos Arranjos 1, 2 e 3, em relação aos sistemas convencionais, Arranjo 4, é o requerimento de área.

Tendo em vista o aspecto acima citado, os sistemas naturais são recomendados para o tratamento de esgotos das regiões rurais e/ou de localidades com baixa densidade populacional (considerado aqui aqueles com menos de 50 habitantes/km²) e disponibilidade territorial. Só na região da Grande Florianópolis/SC, por exemplo, existem oito municípios com densidade populacional menor do que 50 habitantes/km²; destes, cinco municípios apresentam densidade menor do que 5 habitantes/km². Entre estes oito municípios, em apenas um, a população é servida de sistema de esgotamento sanitário seguido de tratamento e disposição final.

Destaca-se, ainda, que os arranjos tecnológicos estudados no tratamento de esgotos produziram, em geral, efluentes com potencialidades de reúso em situações diversas, desde que realizado algum tipo de desinfecção para eliminação de organismos patogênicos. Isto reforça a idéia da necessidade de agregar valor aos esgotos tratados. As concentrações de nitrogênio amoniacal e nitrogênio nitrato nos efluentes dos arranjos estudados possibilitariam, por exemplo, o reúso dos efluentes na irrigação de certos tipos de cultura agrícola.

Tabela 15 - Comparação entre os arranjos tecnológicos com relação à eficiência de tratamento proporcionada aos efluentes.

Parâmetros	AT 1 - TS + FPMFH		AT 2 - LA + FPMFV		AT 3 - TS + FA		AT 4 - TS + BAS	
	Eficiência - FPMFH		Eficiência - FPMFV		Eficiência - FA		Eficiência - BAS 1	Eficiência - BAS 2
Demanda Química de Oxigênio total	82,5%		69,9%		83,0%		93,8%	63,8%
	64,0 mg/L		54,6 mg/L		63,7 mg/L		19,2 mg/L	111,9 mg/L
Sólidos Suspensos totais	90,5%		68,5%		87,6%		98,80	31,7%
	11,0 mg/L		21,1 mg/L		9,5 mg/L		0,9 mg/L	51,0 mg/L
Nitrogênio Amoniacoal (N - NH₄)	16,3%		73,4%		72,9%		98,6%	72,9%
	48,4 mg/L		11,4 mg/L		55,2 mg/L		0,8 mg/L	15,2 mg/L
Fósforo Ortofosfato (P - PO₄)	50,5%		35,5%		75,7%		61,3%	44,4%
	9,4 mg/L		5,5 mg/L		9,8 mg/L		7,1 mg/L	10,2 mg/L
Coliformes totais	2 unidades log		1 unidade log		2 unidade log		3 unidades log	3 unidades log
	10 ⁵ NMP/100mL		10 ⁶ NMP/100mL		10 ⁴ NMP/100mL		10 ⁴ NMP/100mL	10 ⁴ NMP/100mL
Escherichia coli	2 unidades log		1 unidade log		1 unidade log		2 unidades log	2 unidades log
	10 ⁴ NMP/100mL		10 ⁴ NMP/100mL		10 ⁵ NMP/100mL		10 ⁴ NMP/100mL	10 ⁴ NMP/100mL

LEGENDA:

TS: Tanque Séptico

LA: Lagoa Anaeróbia

AT: Arranjo Tecnológico

FA: Filtro de Areia

FPMFH: Filtro Plantado com Macrófitas de fluxo horizontal

FPMFV: Filtro Plantado com Macrófitas de fluxo vertical

BAS 1: Biofiltro Aerado Submerso 1 - ostras

BAS 2: Biofiltro Aerado Submerso 2 - PET

Tabela 16 - Comparação entre os arranjos tecnológicos e padrões de qualidade.

ARRANJOS TECNOLÓGICOS	PARÂMETROS						
	Demanda Química de Oxigênio total		Sólidos Suspensos totais	Nitrogênio Amoniacal N - NH ₃	Fósforo Ortofosfato P -PO ₄	<i>Escherichia coli</i>	
	REMOÇÃO MÉDIA	EFLUENTE MÉDIO	EFLUENTE MÉDIO	EFLUENTE MÉDIO	EFLUENTE MÉDIO	EFLUENTE MÉDIO	
	%	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100ML	
AT 1: TS + FPMFH Eficiência FPMFH	83	64,3	11,0	48,4	9,4	1,00E+04	
AT 2: LA + FPMFV Eficiência FPMFV	67	54,6	21,1	11,4	5,5	1,00E+04	
AT 3: TS + FA Eficiência FA	83	63,7	9,5	55,2	9,8	1,00E+05	
AT 4: TSM + BAS	Eficiência BAS 1 OSTRÁ	94	19,2	0,9	0,8	7,1	1,00E+04
	Eficiência BAS 2 PET	64	111,9	51,0	15,2	10,2	1,00E+04
Legislação Estadual SC Decreto 14250 / 1981	80% (DBO ₃) OU 60,0mg/L (DBO ₅)	-	-	10	1 (P total)	-	
Resolução CONAMA 357 / 2005	-	-	-	20	-	-	
Manual ANA/Fisp & SINDUSCON / 2005	Reuso Classe 1	-	< 10,0	< 5,0	> 1 (P total)	ausentes	
	Reuso Classe 2	-	< 30,0	30,0	-	< 1,00+03	
	Reuso Classe 3	-	< 20,0	< 20,0	5,0 - 30,0	< 2,00+02	

LEGENDA:

TS: Tanque Séptico
 LA: Lagoa Anaeróbia
 AT: Arranjo Tecnológico
 FA: Filtro de Areia
 FPMFH: Filtro Plantado com Macrófitas de fluxo horizontal
 FPMFV: Filtro Plantado com Macrófitas de fluxo vertical
 TSM: Tanque Séptico Modificado
 BAS 1: Biofiltro Aerado Submerso 1 - ostras
 BAS 2: Biofiltro Aerado Submerso 2 - PET

5. Conclusões

Como conclusões obtidas com a avaliação dos processos de operação e monitoramento dos arranjos tecnológicos, podem-se destacar:

Arranjo Tecnológico 01

- A remoção de matéria orgânica carbonácea foi eficiente no FPMH (83% DQO), produzindo efluentes com média de 64 mg/L DQO;
- A remoção de matéria na forma de sólidos suspensos também se apresentou eficiente (90%), produzindo efluentes com médias de 11 mg/L SS;
- A nitrificação não foi observada no FPMH;
- A remoção de indicadores microbiológicos foi inexpressiva;
- Com relação à investigação de parâmetros de projeto, a taxa hidráulica aplicada ao FPMH, deve ser considerada como uma ferramenta para a determinação da área superficial deste filtro, assim como a carga afluente aplicada em termos de sólidos suspensos (gSS/m².d) deve estar relacionada à área transversal ao escoamento, definindo assim, as relações de comprimento e largura do filtro.

Arranjo Tecnológico 02

- A remoção de matéria orgânica carbonácea foi eficiente nos FPMV (70% DQO), produzindo efluentes com médias de 55 mg/L;
- A remoção de matéria na forma de sólidos suspensos também se apresentou eficiente (69%), produzindo efluentes com média de 21 mg/L;
- A remoção de nitrogênio amoniacal foi evidente em todos os módulos FPMV (eficiência média de 73%);
- Todos os FPMV foram submetidos a elevadas cargas orgânicas (2 a 4 vezes superiores em termos de SS, e 1,3 a 2,7 vezes superiores em termos de DQO aos valores recomendados na literatura, para condições de clima temperado) e mostraram-se efetivos na nitrificação de efluente de lagoa anaeróbia, sob condições de clima subtropical, sem presença de colmatação durante o período de avaliação;
- A remoção de indicadores microbiológicos foi inexpressiva;

Arranjo Tecnológico 03

- A remoção global de matéria orgânica carbonácea foi eficiente no sistema (88% DQO), produzindo efluente com média de 64 mg/L DQO;
- A remoção de matéria na forma de sólidos suspensos também se apresentou eficiente (92%), produzindo efluentes com médias de 9,5 mg/L SS;
- A eficiência de remoção da amônia foi de 73% no filtro de areia, considerada satisfatória, tendo em vista a elevada concentração média afluyente (204mg/L);
- A remoção de indicadores microbiológicos foi inexpressiva;
- Com relação à investigação de parâmetros de projeto, a taxa hidráulica aplicada ao FA (100 L/m².dia), recomendada por norma para esgotos domésticos convencionais, poderá ser utilizada no dimensionamento de filtros para o tratamento de águas negras, de acordo com os resultados obtidos neste estudo, tendo em vista a boa eficiência alcançada em termos de remoção de matéria orgânica.

Arranjo Tecnológico 04

- O meio suporte do BAS1, as cascas de ostras, mostrou-se eficiente na função de suporte para aderência e formação de biofilme, e também eficiente no fornecimento de alcalinidade ao reator, propiciando uma ótima capacidade de tamponamento ao mesmo;
- O meio suporte do BAS2, as tampas de PET, não foi tão eficiente como meio de aderência como as cascas de ostras, pois o desprendimento de biofilme foi constante. Mas se adotados decantadores após estes reatores e/ou algum tipo de tratamento químico no PET para aumentar a sua rugosidade, a continuidade de seu estudo é muito válida;
- O tanque séptico modificado mostrou-se muito eficiente na remoção das frações de sólidos suspensos e DQO particulada, além de responder positivamente frente às variações de cargas orgânicas ocorridas durante a operação do sistema;
- Os dois biofiltros foram efetivos na nitrificação dos efluentes, destacando-se a melhor eficiência do BAS1 com 100% de nitrificação;
- A remoção de indicadores microbiológicos foi inexpressiva;
- Com relação à investigação de parâmetros de projeto, a carga orgânica volumétrica aplicada no dimensionamento dos biofiltros (800 gDQO/m³.dia) possibilitou o BAS1 de atingir elevados nível de depuração dos esgotos, tanto em termos de matéria carbonácea, quanto em termos de matéria nitrogenada. Recomenda-se que para situações onde seja requerido um alto nível de

depuração dos esgotos esta carga seja utilizada no dimensionamento de biofiltros com cascas de ostras como meio suporte.

- Com relação à investigação de parâmetros de projeto, no biofiltro aerado 2, com tampas de garrafa PET, o tempo de estudo e a metodologia utilizada apontaram para esta COV como sendo um parâmetro de projeto não tão satisfatório, sendo necessários estudos futuros para resposta a esta questão.

6. Recomendações para utilização dos resultados pela Funasa

As potencialidades observadas e avaliadas, juntamente com os critérios de dimensionamento e operação obtidos, conduzem à utilização destes arranjos tecnológicos para amenizar o déficit no tratamento de esgotos domésticos evidente no Estado de Santa Catarina e ao longo de todo o território nacional.

A partir dos dados gerados na pesquisa, a Funasa poderá utilizar os resultados obtidos para difundir o treinamento de técnicos da área, além de incentivar as comunidades e administradores públicos a procurarem outras alternativas para o tratamento de seus esgotos de forma descentralizada.

7. Indicativo de custos e aplicabilidade dos sistemas

Para realização de um indicativo de custos, foram adotadas duas situações de projeto, a primeira considerando a implantação dos arranjos para cinco habitantes, unifamiliar, e a segunda para cinquenta, multifamiliar. Para o dimensionamento da lagoa anaeróbia, não foi considerada a situação de cinco habitantes, em função de esta unidade ser inviável para tratamentos em nível residencial.

As Tabelas 17 e 18 apresentam um resumo dos parâmetros de dimensionamento para as duas situações propostas.

Tabela 17 - Resumo dos parâmetros de dimensionamento das unidades para 5 habitantes.

Parâmetros	Tanque séptico	Filtro plantado horizontal	Filtro plantado vertical	Filtro de areia	Biofiltro aerado submerso
Volume útil (m ³)	2,20	6,00	3,00	5,20	0,32
Área ocupada (m ²)	1,40	10,00	5,00	6,50	0,64
Altura útil (m)	1,50	0,60	0,60	0,80	0,50

Tabela 18 - Resumo dos parâmetros de dimensionamento das unidades para 50 habitantes.

Parâmetros	Lagoa anaeróbia	Tanque séptico	Filtro plantado horizontal	Filtro plantado vertical	Filtro de areia	Biofiltro aerado submerso
Volume útil (m ³)	19,50	12,80	60,00	30,00	52,00	3,25
Área ocupada (m ²)	4,90	6,40	100,00	50,00	65,0	2,3
Altura útil (m)	4,00	1,50	0,60	0,60	0,80	1,4

A Tabela 19 apresenta o custo per capita (em reais) de implantação das unidades que compõem os arranjos tecnológicos, para as duas situações de projeto. Observa-se que os valores referentes aos custos tiveram como base orçamentos realizados no estado de Santa Catarina, município de Florianópolis, local de realização da pesquisa. Observa-se também que não foram levados em consideração os custos com rede coletora para a segunda situação, com 50 habitantes.

Os arranjos tecnológicos foram orçados de acordo com a forma como foram estudados na pesquisa. As exceções foram: na pesquisa o AT 4 foi construído em uma única caixa d'água, mas no orçamento as unidades foram consideradas separadas, um biofiltro em caixa d'água e um tanque séptico em alvenaria. Foi orçado também o filtro de areia em alvenaria.

Tabela 19 - Custo per capita de implantação das unidades que compõem os AT.

Unidade	5 habitantes	50 habitantes
Lagoa anaeróbia	-	R\$ 62,0
Tanque séptico	R\$ 146,0	R\$ 48,0
Filtro plantado horizontal	R\$ 211,0	R\$ 194,0
Filtro plantado vertical	R\$ 387,0	R\$ 174,0
Filtro de areia (caixa d'água)	R\$ 347,0	R\$ 469,0
Filtro de areia (alvenaria)	R\$ 240,6	R\$ 171,4
Biofiltro aerado submerso	R\$ 405,0	R\$ 85,0

A Tabela 20 apresenta o custo per capita de implantação dos arranjos tecnológicos, para as duas situações de projeto.

Tabela 20 - Custo per capita de implantação dos AT.

Arranjo	5 habitantes	50 habitantes
Tanque séptico + Filtro plantado horizontal	R\$ 357,0	R\$ 242,0
Filtro plantado vertical + Lagoa anaeróbia	-	R\$ 236,0
Tanque séptico + Filtro de areia (alvenaria)	R\$ 386,0	R\$ 219,0
Tanque séptico + Filtro de areia (caixa d'água)	R\$ 493,0	R\$ 517,0
Tanque séptico + Biofiltro aerado submerso	R\$ 551,0	R\$ 133,0

8. Referências Bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: Projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementares e disposição final dos efluentes de tanques sépticos: procedimentos. Rio de Janeiro: 1997, 57p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: 1993, 15p.

AISSE, M.A. e ALÉM SOBRINHO, P. Avaliação do sistema reator UASB e filtro biológico aerado submerso para o tratamento de esgoto sanitário. In: CHERNICHARO, C. A. L. (org.) Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios. Coletânea de Trabalhos Técnicos. PROSAB 2, V2. Belo Horizonte: Segrac Editora e gráfica Ltda, 2001, p.111-118.

ANA, FIESP e SindusCon-SP. Conservação e Reuso de água em Edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 ed. Washington: APHA-AWWA-WEF, 1998.

APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17 ed. Washington: APHA-AWWA-WEF, 1971.

BRASIL CONAMA 357. CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2005). Decreto N° 357 de 2005.

BRIX, H. Macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? Water Science and Technology, v.35, n.5, p. 11-17, 1997.

CRITES, R.; TCHOBANOGLOUS, G. Small and Decentralized Wastewater Management Systems. McGraw-Hill: New York, USA, 1998. 1084 p.

GONÇALVES, R.F; CHERNICHARO, C.A.L; ANDRADE NETO, C.O.; ALEM SOBRINHO, P.; KATO, M.T.; COSTA, R.H.R.; AISSE, M.M.; ZAIAT, M. Pós- tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por reatores com biofilme. In: CHERNICHARO, C. A. L. (org.)

- Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios. Coletânea de Trabalhos Técnicos. PROSAB 2, V2. Belo Horizonte: Segrac Editora e gráfica Ltda, 2001. 12 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. www.ibge.gov.br. Acesso em: 20 fevereiro 2007.
- KADLEC, R.H. e KNIGHT, R.L. Treatment Wetlands. Lewis Publishers: Florida, 1996. 893p.
- KAYSER, K.; KUNST, S. Processes in vertical-flow reed beds: nitrification, oxygen transfer and soil clogging. Water Science Technology, v.51, n.9, p. 177-184, 2005.
- NASCIMENTO, M. C. P.; CHERNICHARO, C. A. L.; GARCIA, P. B. S. Avaliação de filtros biológicos aeróbios como pós-tratamento de efluentes de reatores UASB. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 2000, Porto Seguro. Anais do SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9 . Porto Seguro, 2000, 9 p. CD ROM.
- OTTERPOHL, R.; GROTTKER, M.; LANG, J. Sustainable water and waste management in urban areas. Water Science and Technology, v. 35, n. 9, p. 121-133, 1997.
- PLATZER, C. Design recommendation for subsurface flow constructed wetlands for nitrification and denitrification. Water Science Technology, v. 40, n. 3, p. 257-263, 1999.
- PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H. Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. Ed. do Autor: Florianópolis, SC, 2004. 144p.
- SEZERINO, P.H.; BENTO, A.P.; GOTARDO, J.T.; PETERS, M.R.; QUEIROZ, A.; OLIJNYK, D.P.; LAPOLLI, F.R.; PHILIPPI, L.S. Sistemas naturais para o tratamento descentralizado de esgotos nos municípios da Grande Florianópolis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 3, 2004, São Paulo. Anais do CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 3. São Paulo: ICTR-NISAN/USP, 2004.
- VOGEL, A. L. Análise inorgânica qualitativa. 4ª ed. Editora Guanabara: Rio de Janeiro. 1981.



Desfluoretação parcial de águas subterrâneas

Participantes: Eduardo Lobo Alcayaga (coordenador) Adilson Bem da Costa, Alcido Kirst, Ênio Leandro Machado, Jocelene Soares, Igor Guilherme Kunrath, Ana Paula Wetzel.

Proponente: Associação Pró-ensino em Santa Cruz do Sul (Apesc).

Executora: Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC).

Resumo

Este estudo teve por objetivo o desenvolvimento e avaliação de um filtro doméstico utilizando carvão ativado de osso para remoção do excesso de íons fluoreto de águas subterrâneas para consumo humano, caracterizando as propriedades físicas, químicas e biológicas da água bruta e tratada. O sistema de filtração foi construído utilizando diferentes volumes de carvão ativado de osso, confinado em uma tubulação de PVC, operando com uma vazão de $180 \pm 20 \text{ L h}^{-1}$, e diariamente tratados 10 L de água, o suficiente para o abastecimento diário de uma família de até 5 pessoas. A vida útil deste sistema foi estabelecida com base na Portaria nº 518, do Ministério da Saúde, que limita a concentração de íons fluoreto na água em até $1,5 \text{ mg L}^{-1}$, indicando a saturação da fase estacionária. Os resultados obtidos demonstraram a eficiência do carvão ativado de osso na adsorção de íons fluoreto, indicando que sistemas de filtração utilizando 3,5 kg deste material são suficientes para atender as necessidades de consumo de uma família de 5 pessoas, por um período de seis meses, desde que observadas as condições de montagem e operação descritas neste estudo.

Palavras-chave: saúde pública, íons fluoreto, carvão ativado de osso, filtro de desfluoretação.

Abstract

This study aimed at the development and evaluation of a domestic filter using activated bone charcoal for removal the fluoride ions excess from groundwater for drinking water supply, characterizing the physical, chemical and biological properties of the raw and treated water. The filtration system was constructed using different volumes of activated bone charcoal, confined in a PVC tube and operating with a flow rate of $180 \pm 20 \text{ L h}^{-1}$ and daily treated 10 L of water, enough to supply daily a family of up to 5 people. The lifetime of this system was established based on Decree nº 518, Ministry of Health, which limits the concentration of fluoride ions in water up to 1.5 mg L^{-1} , indicating the saturation of the stationary phase. The results demonstrated the efficiency of bone charcoal in the adsorption of fluoride ions, indicating that filtration systems using 3.5 kg of this material are sufficient to meet consumption needs of a family of 5 persons for a period of six months, provided the conditions of assembly and operation described in this study.

Keywords: Public health, fluoride, activated bone charcoal, fluoride removal filter.

1. Introdução

No Brasil, e particularmente no interior do Estado do Rio Grande do Sul, muitos municípios não dispõem de um sistema público de abastecimento de água, sendo que, os que o possuem, limitam-se muitas vezes apenas à área urbana do município. Em virtude disto, as comunidades que não dispõem de água tratada utilizam a água proveniente de poços e fontes naturais, denominados sistemas alternativos de abastecimento. Cabe salientar que esses sistemas de abastecimento, muitas vezes, são administrados pelas próprias comunidades, na forma de cooperativas denominadas “Sociedades Hídricas”. Em muitos casos, contudo, a água não apresenta condições de ser consumida sem um tratamento prévio, devido ao fato de algumas características físicas, químicas ou microbiológicas apresentarem valores em desacordo com os padrões recomendados para potabilidade.

Apesar de menos prioritários em relação aos aspectos microbiológicos de qualidade da água, os aspectos químicos são importantes para assegurar a saúde da população frente a problemas crônicos (OMS, 1995). Diversos autores têm relatado que o consumo prolongado de água com concentração excessiva de íons fluoreto, pode resultar, em crianças, numa patologia denominada fluorose dental (OMS, 1995; SHAFER et al., 1979; RAMIRES, 2005) e, em concentrações extremas, a fluorose esquelética (OMS, 1995).

De fato, a ocorrência de fluorose dental em crianças vem sendo diagnosticada na região dos Vales do Rio Pardo e Rio Taquari, RS, Brasil, como uma patologia associada ao consumo prolongado de água com excesso de íons fluoreto (LOBO e COSTA, 2008; LOBO et al., 2000; COSTA et al. 2004; COSTA e RESCH, 2006). Na Figura 1 pode-se observar os sintomas desta patologia em uma criança de 13 anos, natural da cidade de Vera Cruz, RS.



Figura 1 - Sintomas da fluorose dental em uma criança de 13 anos.

Segundo a portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, a concentração máxima permitida para íons fluoreto em águas de abastecimento é de 1,5 mg L⁻¹. Contudo, a Secretaria Estadual da Saúde, do estado do Rio Grande do Sul, através da portaria nº 10, de 19 de agosto de 1999, com base em estudos específicos, definiu em 0,8 mgL⁻¹ a concentração ideal de íons fluoreto em águas de consumo humano no Estado do Rio Grande do Sul, devido a sua ação na inibição da cárie dental, e teores 0,6 e 0,9 mgL⁻¹ como limites mínimos e máximos, respectivamente (RIO GRANDE DO SUL, 1999).

A contaminação química da água, particularmente por íons fluoreto, não é de fácil tratamento. Sistemas de desfluoretação de águas subterrâneas têm sido propostos na literatura, envolvendo a utilização de sistemas de adsorção com alumina ativada (ALVARINHO e MARTINELLI, 2000; COSTA e LOBO, 1997; LOUNICI et al., 1997), bentonita, carvão, caolita (SRIMURALI et al., 1998), resinas de troca iônica (CASTEL et al., 2000), além de sistemas de osmose reversa (MIN et al., 1984) e diálise (AMOR et al., 2001; HICHOOR et al., 2000). Entretanto, nenhum destes procedimentos de desfluoretação resultou, ao menos no Brasil, na confecção de um sistema de uso doméstico com baixo custo, fácil operação e manutenção.

Uma revisão detalhada sobre diferentes procedimentos de desfluoretação de águas naturais é apresentada por MEENAKSHI e MAHESHWARI (2006). Os autores destacam que a seleção do melhor procedimento a ser adotado depende de fatores químicos, geográficos e econômicos. Ou seja, um procedimento adequado para uma determinada comunidade pode ser pouco eficiente em outras localidades.

A UNISC, ciente da gravidade do problema, vem desenvolvendo desde 1996 estudos voltados à confecção de um sistema eficiente e de baixo custo, capaz de reduzir a concentração de íons fluoreto na água de abastecimento até valores adequados ao consumo humano, de forma a erradicar a fluorose dental nas comunidades que utilizam água subterrânea. Neste sentido, estudos recentes (LOBO et al., 2005) têm demonstrado que a confecção de sistemas domésticos de filtração, utilizando carvão ativado de osso como meio adsorvente, apresentam resultados promissores na remoção do excesso de íons fluoreto de águas subterrâneas.

2. Objetivos

2.1 Objetivos

O objetivo principal deste estudo foi o desenvolvimento de um filtro eficiente, de baixo custo, que possibilite a desfluoretação parcial de águas subterrâneas à níveis permissíveis ao consumo humano, conforme Portaria n.º 518/04 do Ministério da Saúde.

2.2 Objetivos específicos

- Construir filtros de desfluoretação de águas subterrâneas, para uso residencial, utilizando carvão ativado de osso como meio adsorvente;
- Avaliar a eficiência do sistema proposto em condições reais de operação;
- Adequar as dimensões do sistema de tratamento para um volume de água compatível com as necessidades de uma família de 5 pessoas;
- Avaliar a qualidade da água bruta e tratada, através de análises físicas, químicas e biológicas;
- Estabelecer procedimentos de controle da saturação dos filtros para orientação aos usuários nas residências.

3. Metodologia

3.1 Construção dos filtros para desfluoretação da água

O sistema para desfluoretação parcial de águas subterrâneas, proposto neste estudo, foi construído utilizando tubulações de PVC (poli-cloreto de vinila), com diâmetro externo de 100 mm e carvão ativado de osso como meio adsorvente de íons fluoreto, conforme ilustrado na Figura 2.

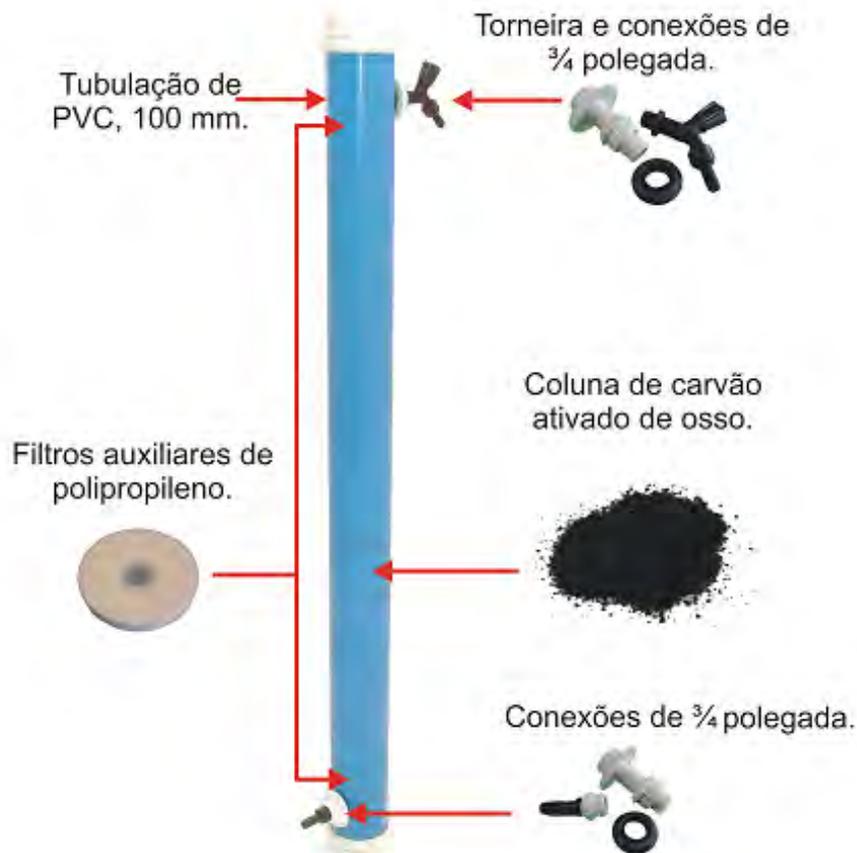


Figura 2 - Diagrama do sistema de filtração.

Ao todo, foram construídos sete protótipos de filtração (identificados como F1, F2, F3, F4, F5, F6 e F7), utilizando volumes diferentes de carvão ativado de osso. Na Tabela 1 encontram-se descritas as diferentes características construtivas dos sete primeiros protótipos (F1 a F7) nos quais foi desenvolvido um extenso monitoramento da qualidade da água tratada, para determinação das suas características físicas, químicas e biológicas, bem como, da capacidade de adsorção de íons fluoreto.

O carvão ativado de osso com diâmetro de partícula entre 0,6 a 2,8 mm de foi fornecido pela Bonechar Carvão Ativado do Brasil LTDA¹. Já, os filtros auxiliares de polipropileno de 25 mm de altura, 93 mm de diâmetro e 25 μ m de porosidade foram fornecidos pela Hidro Filtros do Brasil Indústria e Comércio de Filtros LTDA².

¹ Rua Pion. Maria Cavalcanti Ruy, 980. Parque Industrial II, CEP 87065-090, Maringá, PR, Brasil. Telefone nº (44) 3266-1517 ou 3266-2014 (www.bonechar.com.br)

² Rua Gérson Andréis, 62. Distrito Industrial, CEP: 95112-130, Caxias do Sul, RS, Brasil. Telefone nº (54) 3213-6300 (<http://www.hidrofiltros.com.br>)

Tabela 1 - Características construtivas dos filtros de desfluoretação

Parâmetros	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Altura total, cm	75	75	75	90	100	120	150
Altura da FE, cm	46	46	46	60	76	90	100
Diâmetro interno, mm	98	98	98	94	94	94	94
Diâmetro externo, mm	100	100	100	100	100	100	100
Volume da FE, L	2,91	3,08	2,98	4,4	5,4	6,3	7,7

Onde: FE – Fase Estacionária (carvão ativado de osso).

Para melhor determinação do volume de carvão introduzido em cada filtro, a massa de carvão foi pesada em uma balança e em função da sua densidade ($0,72 \text{ kgL}^{-1}$) o volume de carvão foi determinado.

3.2 Instalação e condições de operação

Os filtros de desfluoretação foram instalados no próprio campus da UNISC, em Santa Cruz do Sul, RS, uma vez que os poços da universidade apresentam concentração de íons fluoreto entre 2,5 e 4,0 mg L^{-1} . A pressão da rede hidráulica onde foram instalados os filtros foi de $70 \pm 2 \text{ kPa}$ ($10 \pm 0,3 \text{ PSI}$). Resultados de perda de carga indicaram valores da ordem de 20 a 35%.

Ambos os sistemas apresentados na Tabela 1 foram operados com uma vazão de $180 \pm 20 \text{ L h}^{-1}$, suficiente para atender as necessidades de uso doméstico. Diariamente, foram tratados 10 litros de água, suficiente para abastecimento diário de uma família de até 5 pessoas, segundo dados da OMS (1995).

3.3 Monitoramento da qualidade da água

Após a instalação dos protótipos, foi elaborado um cronograma de monitoramento da qualidade da água tratada por cada filtro e da qualidade da água subterrânea bruta. Para os filtros F1, F2 e F3, os primeiros 10 litros de água tratada (na primeira coleta) foram considerados como purga do sistema (para eliminação de turbidez originária do carvão) e assim descartados. Para os demais filtros o volume de purga foi de 50 litros. Esses valores foram determinados a partir de dados experimentais.

Durante o desenvolvimento deste estudo, a concentração de íons fluoreto foi monitorada continuamente na água subterrânea bruta e na água tratada pelos sete filtros de desfluoretação.

Periodicamente, foram coletadas amostras (quatro ao todo) para determinação da qualidade da água (águas subterrâneas bruta e tratada), em que foram determinados os seguintes parâmetros: alcalinidade bicarbonatos, alcalinidade carbonatos, alcalinidade hidróxidos, cádmio, chumbo, cálcio, cloretos, cloro residual livre, condutividade elétrica, cor aparente, cromo total, dureza total, ferro total, fluoretos, fósforo total, magnésio, manganês, mercúrio, níquel, nitrato, nitrito, potássio, sólidos totais dissolvidos, sódio, sulfato, turbidez, zinco e coliformes termotolerantes.

A amostragem da água tratada pelos sistemas de filtração foram identificadas como amostra 1 (coletada imediatamente após a instalação do filtro) e amostra 2, amostra 3 e amostra 4 coletadas ao longo da vida útil de cada sistema. As amostras da água subterrânea bruta foram coletadas diretamente no reservatório principal, após cloração com hipoclorito de sódio.

As metodologias analíticas utilizadas na coleta das amostras e nas determinações físicas e químicas e microbiológicas encontram-se descritas em APHA (1998).

As propriedades organolépticas da água tratada foram avaliadas através de quatro diferentes testes sensoriais: teste de ordenação, teste de preferência, teste de odor e teste de sabor.

Os testes sensoriais foram realizados com um total de 308 julgadores, sendo eles alunos, funcionários e professores da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), convidados a participar por livre e espontânea vontade.

Este estudo foi conduzido de forma a comparar cinco diferentes amostras de água: água da rede pública, água subterrânea, águas subterrâneas tratadas por filtro de carvão de osso ativado (duas amostras) e água engarrafada (mineral), conforme é demonstrado na Tabela 2. As amostras foram armazenadas a temperatura ambiente ± 20 °C, em recipientes plásticos livres de qualquer atributo que possa vir a interferir em seu odor e/ou sabor.

As metodologias adotadas seguiram rigorosamente normas técnicas específicas. Na Tabela 3 é apresentado um resumo das características metodológicas de cada um dos testes sensoriais.

Tabela 2 - Origem das amostras para os testes sensoriais

Abreviatura	Amostra	Origem da amostra
ARP	Água da rede pública	Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN
ASB	Água subterrânea bruta	Poço tubular profundo - UNISC
AST1	Água subterrânea tratada 1	Filtro de carvão ativado de osso em fase inicial de operação
AST2	Água subterrânea tratada 2	Filtro de carvão ativado de osso em fase final de operação
AE	Água engarrafada	Adquirida em comércio local

Tabela 3 - Características metodológicas dos testes sensoriais

Teste sensorial	Metodologia	Total de julgadores
Ordenação	NBR 13170	108 (47 homens e 61 mulheres)
Preferência	NBR 13170	100 (55 homens e 45 mulheres)
Determinação de odor	CORSAN, FQ-S 004A	50 (26 homens e 24 mulheres)
Determinação de sabor	CORSAN, FQ-S 016	50 (sem identificação)

3.4 Avaliação da eficiência de adsorção

Para avaliação da cinética de adsorção e determinação da eficiência de adsorção do carvão ativado de osso, foi monitorada diariamente a concentração de íons fluoreto nos sete filtros desenvolvidos neste estudo (F1 a F7) e na água bruta.

A capacidade de adsorção absoluta (CA) e a capacidade de adsorção relativa (CAR) de íons fluoreto pelo carvão ativado de osso foi determinada através das equações abaixo, adaptada de Seixas *et al.* (1991):

$$CA = \sum (C_0 - C_i)V \quad CAR = \sum \frac{(C_0 - C_i)V}{V_E}$$

Onde: CA – capacidade de adsorção absoluta em mg de íons fluoreto; CAR – capacidade de adsorção relativa em mg de íons fluoreto por litro de fase estacionária; C_0 – concentração de íons fluoreto na água bruta (mg L^{-1}); C_i – concentração de íons fluoreto na água tratada (mg L^{-1}); V – volume de água tratada (L); V_{FE} – Volume de fase estacionária (L).

3.5 Dimensionamento dos filtros e controle de saturação

Para determinação das dimensões ideais dos filtros de desfluoretação às necessidades de diferentes grupos familiares, e determinação da saturação dos filtros, foram utilizadas diferentes ferramentas de modelamento matemático. Para este modelamento foram utilizados os resultados de cinética de adsorção obtida para os sete modelos de filtros, utilizando os softwares Microsoft Excel 2000 e considerando as seguintes variáveis: volume de carvão ativado de osso, massa de carvão ativado de osso, altura da fase estacionária (carvão) e volume de água tratada até a saturação do sistema. O modelamento teve como base a correlação dos parâmetros medidos com base em modelos lineares de regressão por mínimos quadrados parciais.

4. Resultados e discussões

4.1 Monitoramento da qualidade da água subterrânea bruta

O monitoramento da qualidade da água bruta foi fundamental para definir as características físicas, químicas e biológicas, originais da água de poço utilizada como fonte de abastecimento do sistema de desfluoretação avaliado neste estudo. Permitindo, desta forma, além da determinação da eficiência na remoção de íons fluoreto, verificar outras alterações nas propriedades físicas, químicas e microbiológicas da água subterrânea após filtração em carvão ativado de osso.

Os resultados obtidos indicaram uma água alcalina, rica em íons bicarbonatos e sódio, caracterizando-se, como uma água bicarbonatada sódica (Tabela 4). Entre todos os parâmetros avaliados, apenas a concentração de íons fluoreto ($3,6 \pm 0,3$ mg L⁻¹, n = 4) apresenta-se em desacordo com os padrões estabelecidos para consumo humano segundo a Portaria nº 518 (BRASIL, 2004).

Tabela 4 - Resultados obtidos no monitoramento da água subterrânea utilizada como fonte de abastecimento para os sistemas de desfluoretação (água bruta)

Parâmetro	VMP	Amostras (n)			
		amostra 1	amostra 2	amostra 3	amostra 4
Alcalinidade bicarbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	147,3	147,3	153,9	134,4
Alcalinidade carbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	37,4	37,4	28,6	29,8
Alcalinidade hidróxidos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	0	0	0	0,0
Cádmio, µg L ⁻¹	5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chumbo, µg L ⁻¹	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cálcio, mg L ⁻¹	*	0,87	0,72	0,40	0,8
Cloretos, mg L ⁻¹ (Cl)	250	10,4	10,9	15,6	12,0
Cloro residual livre, mg L ⁻¹ (Cl ₂)	5,0	0,38	0,09	0,16	0,43
Condutividade elétrica, µS cm ⁻¹	*	473	474	497	480
Cor aparente, uH	15	<2	<2	<2	<2
Cromo total, mg L ⁻¹	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Dureza total, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	500	2,3	1,9	1,1	2,0
Ferro total, mg L ⁻¹	0,3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Fluoretos, mg L ⁻¹	1,5	3,7	3,5	3,8	3,2

Parâmetro	VMP	Amostras (n)			
Fósforo total, mg L ⁻¹ (P)	*	0,02	0,07	0,14	0,8
Magnésio, mg L ⁻¹	*	0,03	0,04	0,03	0,03
Manganês, mg L ⁻¹	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mercúrio, µg L ⁻¹	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel, mg L ⁻¹	0,02* ^δ	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitratos, mg L ⁻¹ (N-NO ₃ ⁻)	10	0,2	0,1	0,2	0,2
Nitritos, mg L ⁻¹ (N-NO ₂ ⁻)	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pH	6,0 a 9,5	9,2	9,2	9,1	9,2
Potássio, mg L ⁻¹	*	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Sódio, mg L ⁻¹	200	154,4	154,4	154,4	136,2
Sólidos totais dissolvidos, mg L ⁻¹	1.000	295,5	299,0	295,0	250,5
Sulfatos, mg L ⁻¹ (SO ₄ ⁻²)	250	16,3	15,9	39,0	34,3
Turbidez, uT	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Zinco, mg L ⁻¹	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Coliformes termotolerantes, NMP 100 mL ⁻¹	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Onde: (VMP) Vapor máximo permitido pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (*) parâmetros não citados pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (δ) valor máximo recomendado pela OMS (OMS, 1995).

4.2 Monitoramento da qualidade da água tratada

4.2.1 Propriedades físicas, químicas e biológicas

Os resultados obtidos no monitoramento da qualidade da água tratada pelos sete filtros permitiram identificar um aumento na concentração de íons na água tratada, evidenciada na determinação de sólidos totais dissolvidos (Figura 3). Este aumento foi mais evidente nos filtros F1, F2 e F3, e nas alíquotas coletadas logo após a instalação dos filtros (amostra 1), ou seja, logo após a purga do sistema. Nos filtros F4, F5, F6 e F7 em que foram utilizados maiores volumes de água para purga não foram identificados aumentos significativos ($P > 0,05$) na concentração de sólidos totais dissolvidos.

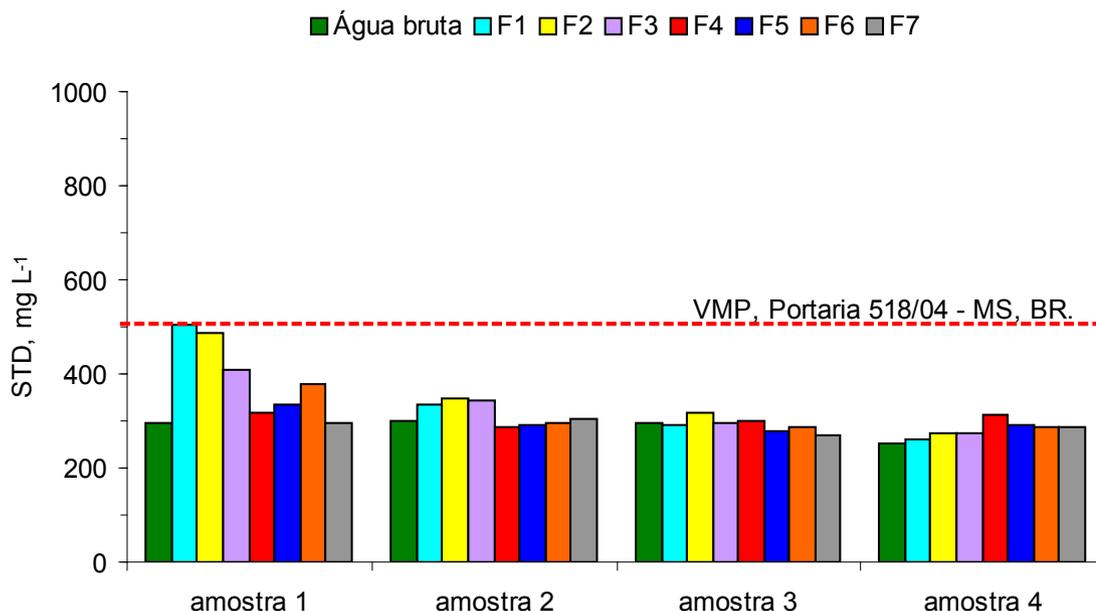


Figura 3 - Concentração de sólidos totais dissolvidos nas quatro amostras coletadas da água tratada pelos filtros F1, F2, F3, F4, F5, F6 e F7 e da água bruta.

Na Figura 3, a linha pontilhada representa o valor máximo permitido (VMP) pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde, Brasil

Esse aumento na concentração de sólidos totais dissolvidos foi provocado pela dissolução de elementos como fósforo, sódio e potássio do carvão ativado na água. Além disso, o caráter alcalino do carvão ativado de osso resultou no aumento da alcalinidade por carbonatos e, concomitantemente, do pH da água tratada.

Entre todos os parâmetros físicos e químicos determinados, cujos resultados estão listados, na íntegra, nos Apêndices 1 – 7, os resultados para sódio e pH foram os mais preocupantes, uma vez que extrapolaram os limites estabelecidos para abastecimento público na Portaria nº 518, do Ministério da Saúde.

Esse fenômeno foi observado fundamentalmente na alíquota coletada logo após a instalação de cada um dos filtros, ou seja, logo após a purga do sistema. Cabe salientar, também, que a água subterrânea utilizada neste estudo já apresenta valores elevados para pH ($9,2 \pm 0,1$, $n = 4$) e sódio ($149,9 \pm 9,1$ mg L⁻¹, $n = 4$).

Desta forma, a utilização de um volume maior de água para a purga, como adotado para os filtros F4, F5, F6 e F7, mostra-se fundamental para assegurar que a água tratada atenda os parâmetros estabelecidos na Portaria nº 518, do Ministério da Saúde.

Uma comparação entre a concentração destes parâmetros na água tratada e na água bruta pode ser observada nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

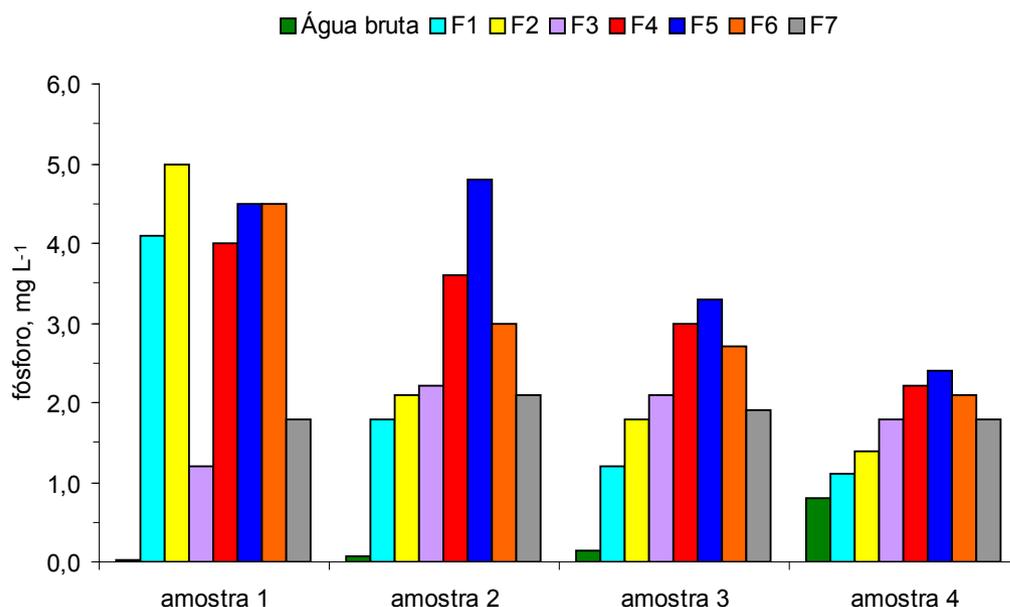


Figura 4 - Concentração de fósforo total nas quatro amostras coletadas da água tratada pelos filtros F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 e da água bruta.

Como pode ser observado na Figura 4, há a lixiviação de fósforo do carvão para a água tratada e à medida que maiores volumes de água são tratados, ocorre uma redução da concentração deste na água, para a maioria dos sistemas avaliados.

Apesar de entender como natural que quanto maior a massa de carvão utilizado maior deverá ser a concentração de fósforo na água, flutuações nestes valores foram observadas, como ao se comparar os resultados dos filtros F5 e F7. Esta variação na concentração ocorre devido a outros fatores do processo que podem interferir, tais como: empacotamento da coluna de filtração, distribuição do tamanho de partícula de cada lote de carvão (visto que vários lotes de carvão foram utilizados nesta pesquisa), variações na concentração de fósforo da água bruta, variações pontuais de vazão, e, sobretudo no volume exato correspondente a cada alíquota coletada.

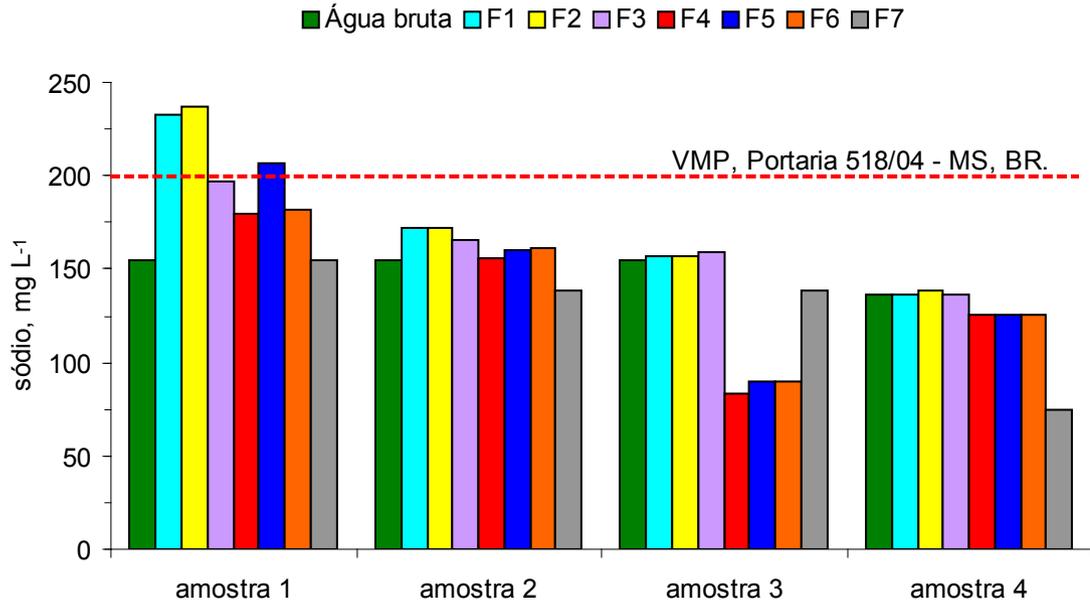


Figura 5 - Concentração de sódio nas quatro amostras coletadas da água tratada pelos filtros F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 e da água bruta.

A concentração de sódio extraída com carvão foi superior ao valor máximo permitido (VMP) pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde, Brasil (linha pontilhada) apenas na primeira alíquota de água analisada. Este mesmo comportamento é observado nos resultados obtidos para potássio, e carbonatos, enfatizando a necessidade de purga dos filtros no início de sua operação.

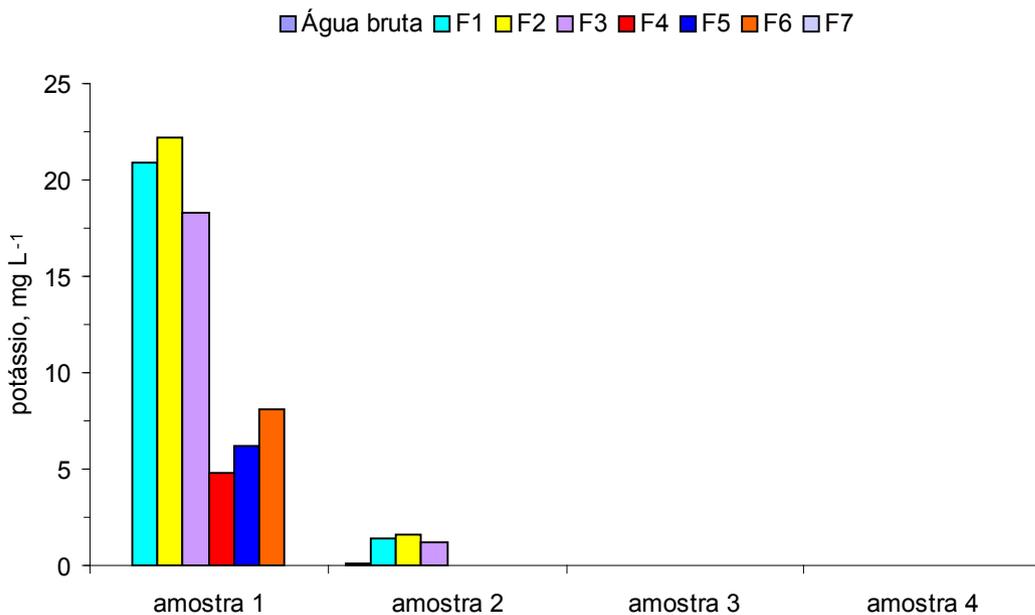


Figura 6 - Concentração de potássio nas quatro amostras coletadas da água tratada pelos filtros F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 e da água bruta.

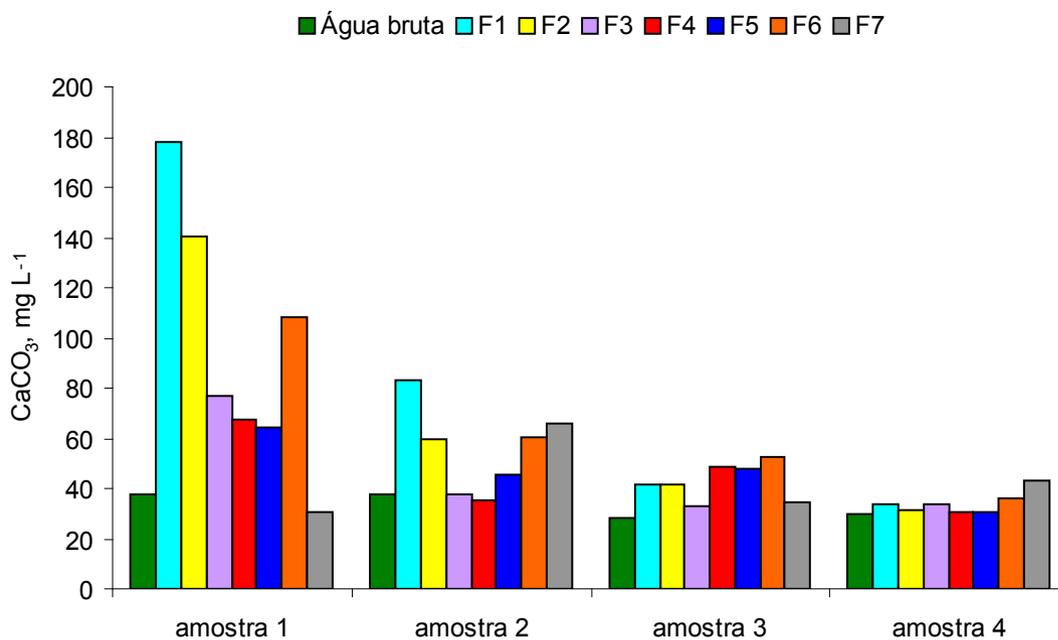


Figura 7 - Concentração de carbonatos nas quatro amostras coletadas da água tratada pelos filtros F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 e da água bruta.

A lixiviação de carbonatos (Figura 7) resulta num aumento de pH, especialmente na primeira alíquota de água coletada para análise (Figura 8).

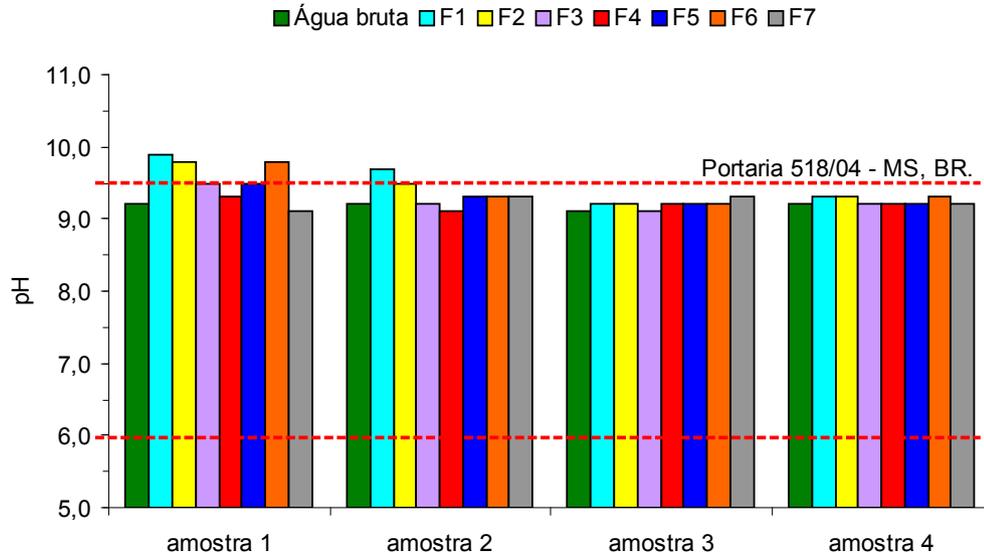


Figura 8 - Valores de pH nas quatro amostras coletadas da água tratada pelos filtros F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 e da água bruta. As linhas pontilhadas limitam a faixa de pH determinada na Portaria nº 518, do Ministério da Saúde, Brasil.

Os resultados obtidos identificaram, também, a remoção completa do cloro livre residual da água subterrânea bruta, onde se observa que a maioria dos resultados indicou uma concentração de cloro livre residual, na água tratada, próximo ou inferior ao próprio limite de detecção do método analítico ($0,05 \text{ mg L}^{-1}$).

Dessa forma, surge a necessidade de que essa água tratada seja consumida logo após sua filtração, evitando-se contaminações posteriores, devido ao seu armazenamento (em reservatórios externos). Contudo, cabe lembrar que o escopo deste estudo foi justamente o desenvolvimento de um sistema de uso doméstico.

Quanto às características microbiológicas da água tratada, foram encontrados resultados positivos para contaminação fecal em apenas 3 das 24 amostras coletadas. Esses resultados foram obtidos nos filtros F2 (amostra 4), F3 (amostra 3) e F4 (amostra 3). Devido à pontualidade destes resultados, acredita-se na possibilidade de contaminação externa, associada à amostragem, visto que os equipamentos permaneceram expostos ao ambiente durante os testes.

4.2.2 Propriedades organolépticas

Os resultados obtidos nos testes sensoriais indicaram uma boa receptividade para o consumo da água tratada pelo sistema de filtração em carvão ativado de ossos. Na maioria dos experimentos as amostras AST1 e AST2 figuraram entre as de melhor nota, havendo uma relação direta com a aceitação da água por parte dos consumidores.

Os testes de ordenação revelaram diferenças significativas entre as amostras pesquisadas ($P < 0,05$), indicando que a amostra de água engarrafada (AE) é significativamente diferente (mais objetável) das amostras de água tratadas por filtro (AST1 e AST2).

Os resultados dos testes sensoriais de preferência demonstram diferenças significativas entre as amostras pesquisadas ($P < 0,05$), indicando que a amostra de água de rede pública (ARP) é significativamente diferente (menor preferência) em relação à amostra de água tratada pelo filtro AST2, a qual se destacou como a mais preferida, de acordo com o teste de preferência, pelos consumidores.

No que diz respeito aos resultados de odor, observou-se que a maioria ($94,4 \pm 3,8\%$) dos julgadores não identificou nenhum odor nas amostras pesquisadas. Destacando-se a amostra AST1, onde nenhum dos 50 julgadores atribuiu odor algum.

Quanto aos resultados dos testes organolépticos de sabor, apesar das amostras AST1 e AST2 apresentarem-se como as mais objetáveis, não foram identificadas diferenças significativas ($P > 0,05$) em relação às demais amostras.

4.3 Eficiência dos filtros para desfluoretação

Para a avaliação da eficiência dos sistemas de desfluoretação foram considerados os valores obtidos para íons fluoreto no monitoramento contínuo (Análise Parcial) dos sete filtros (F1 a F7). A vida útil destes sistemas foi definida no instante em que os resultados na água tratada atingiram valores superiores a $1,5 \text{ mg L}^{-1}$, limite máximo estabelecido pela Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, indicando a saturação da fase estacionária para os objetivos deste estudo. Os resultados de cinética de adsorção de íons fluoreto estão apresentados nas figuras 9 e 10.

Os filtros F1, F2 e F3, ambos com volume de carvão da ordem de três litros, não apresentaram variação significativa ($P < 0,05$) de eficiência de capacidade de adsorção, indicando uma vida útil de dois meses de operação (média de 62 ± 3 dias). Estes resultados atestam que os procedimentos construtivos e de operação, bem como de eficiência do sistema, foram uniformes, permitindo uma boa reprodutibilidade dos resultados. Os filtros F4, F5, F6 e F7, estes confeccionados com volumes diferentes

de carvão ativado, apresentaram resultados de vida útil da ordem de 170, 190, 200 e 260 dias de operação, respectivamente. Na Figura 11 é apresentado um comparativo entre a concentração média de íons fluoreto na água bruta e na água tratada, nos sete protótipos avaliados neste estudo, durante a vida útil destes sistemas.

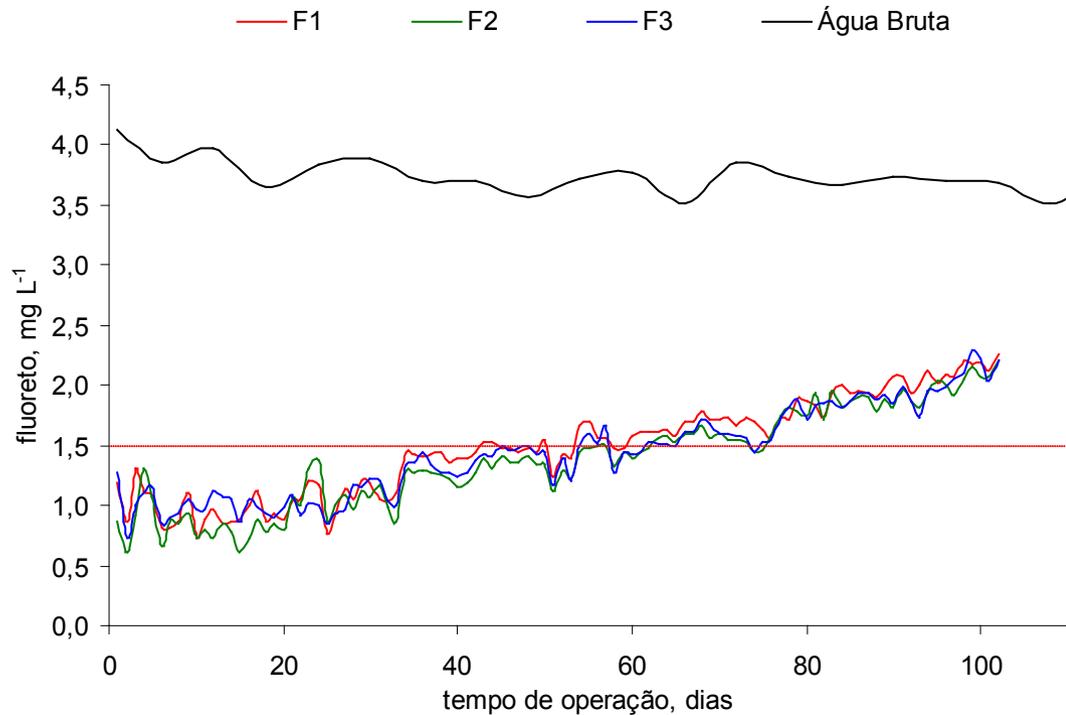


Figura 9 - Resultados do monitoramento da concentração de íons fluoreto da água tratada pelos filtros F1, F2, e F3. A linha pontilhada representa o valor máximo permitido (VMP) pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde, Brasil.

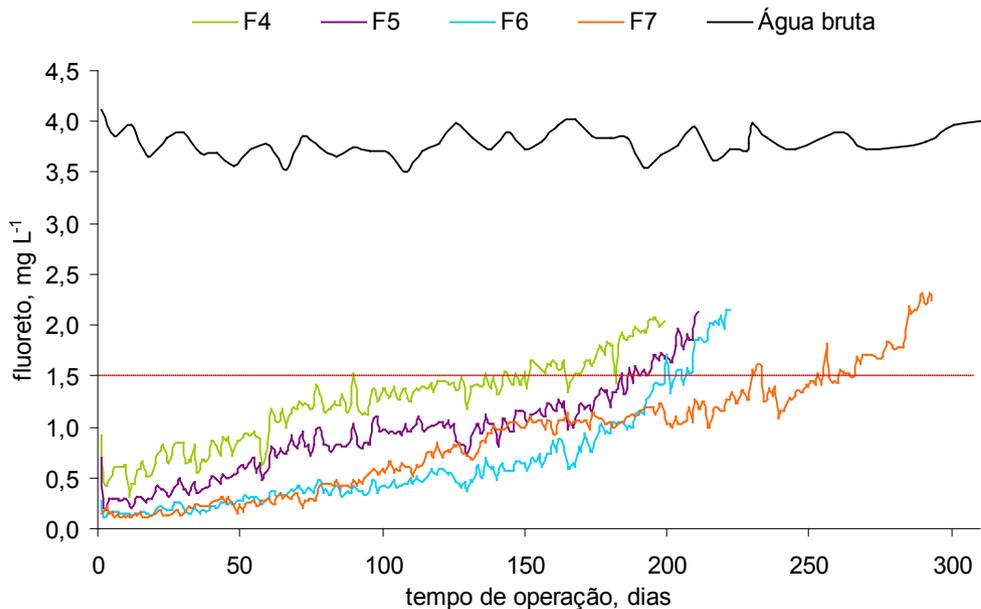


Figura 10 - Resultados do monitoramento da concentração de íons fluoreto da água tratada pelos filtros F4, F5, F6 e F7. A linha pontilhada representa o valor máximo permitido (VMP) pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde, Brasil.

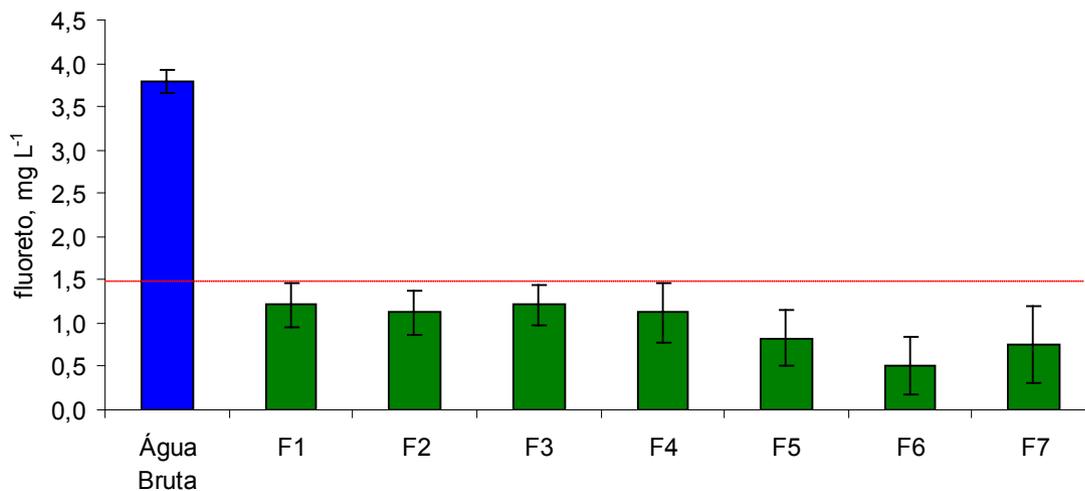


Figura 11 - Valores médios para íons fluoreto e respectivo desvios-padrão obtidos no monitoramento da água bruta (n=48) e na água tratada pelos filtros F1 (n=59), F2 (n=62), F3 (n=65), F4 (n=168), F5 (n=190), F6 (n=202) e F7 (n=260). A linha pontilhada representa o valor máximo permitido (VMP) pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde, Brasil.

Os resultados de capacidade de adsorção relativa dos filtros F1, F2 e F3, cada um com três litros de carvão ativado de osso, foram significativamente semelhantes ($P < 0,05$), indicando, como média, que um litro de carvão ativado de osso adsorve 541 ± 20 mg de íons fluoreto, nas condições de operação estipuladas neste estudo.

Já, os filtros F4, F5, F6 e F7, apresentaram resultados de CAR (média = 1.033 ± 15 mg L⁻¹) significativamente superiores aos demais. Contudo, como pode ser observado na Figura 12 e Tabela 5, não há diferenças significativas ($P < 0,05$) na CAR entre os quatro últimos protótipos. Estes resultados indicam uma correlação linear (coeficiente de correlação de *Pearson*), extremamente significativa, entre o CA e o volume de carvão utilizado na confecção dos filtros F4 a F7 ($r = 0,9981$, $p = 0,0019$).

Tabela 5 - Resultados operacionais apresentados pelos sete filtros de desfluoretação testados

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Volume de água tratada, L	590	620	650	1.680	1.900	2.020	2.600
Tempo de operação, dias	59	62	65	168	190	202	260
CA, mg	1.524,2	1.656,8	1.676,8	4.479,2	5.620,9	6.621,0	7.882,7
CAR, mg L ⁻¹ (FE)	523,8	537,9	562,7	1.018,1	1.040,6	1.051,0	1.023,7

Onde: CA – Capacidade de adsorção absoluta; CAR – Capacidade de adsorção relativa.

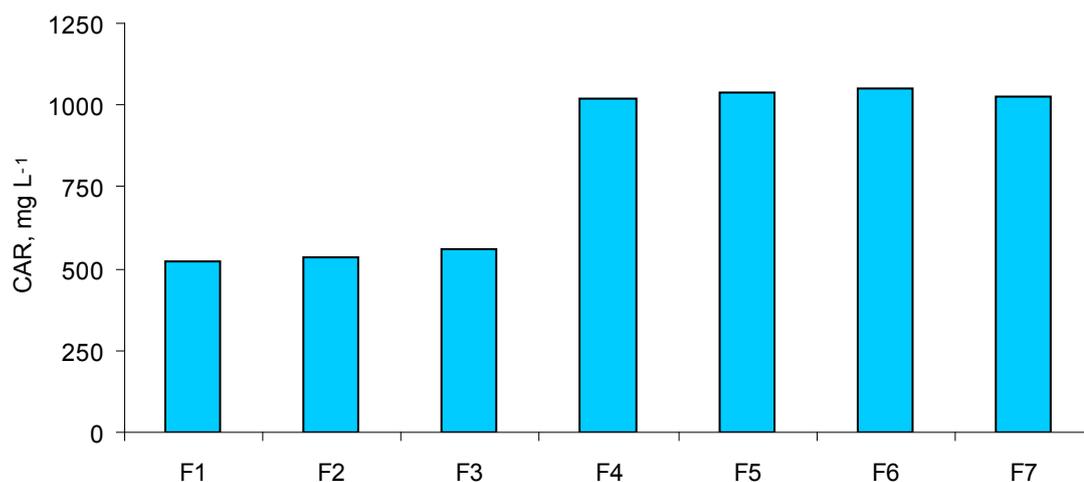


Figura 12 - Histograma da CAR (Capacidade de adsorção relativa) de íons fluoretos para os sete filtros de desfluoretação testados.

Esses resultados indicam que os filtros F1, F2 e F3 apresentam uma menor CAR em função da menor altura de coluna (46 cm), que reduz o tempo de contato entre a fase estacionária e a água durante o processo de filtração. Neste contexto, observa-se que acima de 60 cm de altura de coluna da fase estacionária (filtros F4 – F7), a principal variável responsável pela determinação da vida útil do sistema de desfluoretação é o volume (ou massa) de carvão ativado utilizado. Cabe salientar que a concentração de íons fluoreto na água bruta, o tamanho de partícula da fase estacionária, a vazão, e a largura da coluna também são variáveis importantes, contudo, neste estudo, estas foram mantidas como constantes.

4.4 Dimensionamento dos filtros e controle de saturação

No desenvolvimento desta etapa da pesquisa, diferentes formas de modelamento de dados de cinética de adsorção foram testadas, inclusive métodos multivariados de calibração, contudo, os melhores resultados foram obtidos com modelos de regressão linear univariada, aplicando Microsoft Excel e GraphPad InStat.

Os resultados de correlação (coeficiente de correlação de *Pearson*) entre as diferentes variáveis utilizadas indicaram uma correlação significativa entre o volume de carvão utilizado (e conseqüentemente a massa de carvão) e o volume de água tratada ($r = 0,9727$, $p = 0,0002$). Na Tabela 6 são apresentados os coeficientes de correlação obtidos entre as diferentes variáveis consideradas neste estudo.

Tabela 6 - Coeficiente de correlação de *Pearson* entre as diferentes variáveis consideradas neste estudo

	VFE, L	MFE, kg	HFE, cm	VAT, L	CAR, mg L ⁻¹	CAB, mg
VFE, L	1					
MFE, kg	1	1				
HFE, cm	0,9940	0,9940	1			
VAT, L	0,9727	0,9727	0,9580	1		
CAR, mg L ⁻¹	0,8486	0,8486	0,8446	0,9375	1	
CAB, mg	0,9867	0,9867	0,9826	0,9931	0,9227	1

Onde: VFE - Volume de fase estacionária, L; MFE - Massa de fase estacionária, kg; HFE – Altura da fase estacionária, cm; VAT - Volume de água tratada até a saturação do sistema, L.

A partir dos dados obtidos foi produzido um modelo de regressão linear correlacionando o volume de carvão ativado utilizado e o volume de água tratada (até a saturação do sistema) para os filtros F4, F5, F6, F7 (Figura 13).

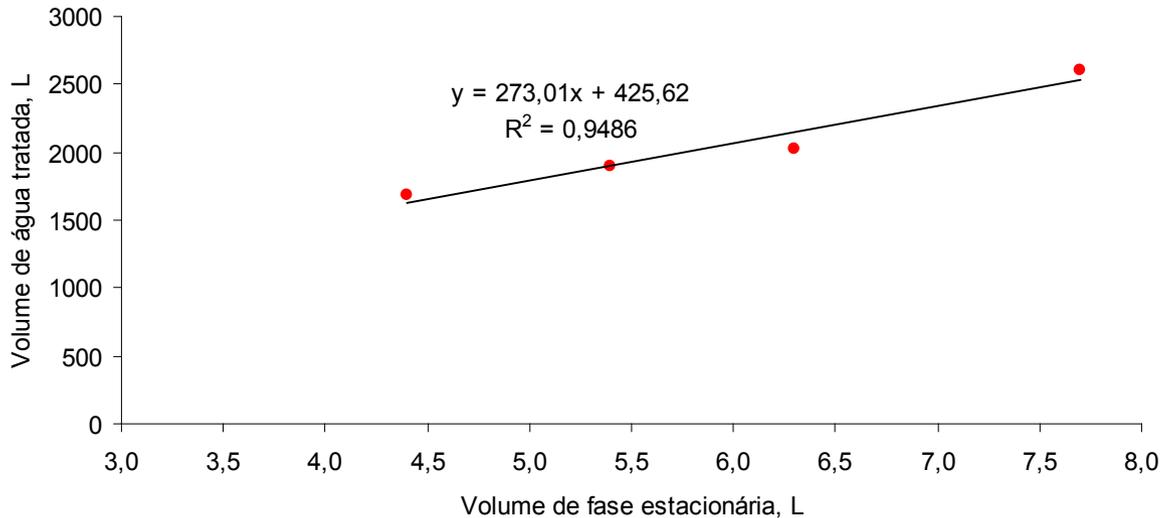


Figura 13 - Representação do gráfico de regressão linear elaborado a partir dos dados de volume de fase estacionária (carvão ativado de osso), nos filtros F4 – F7, e volume de água tratada.

Dessa forma, este modelo foi utilizado considerando as seguintes condições de uso, para o carvão ativado de osso (*mesh* 8 x 30):

- A altura mínima da fase estacionária deve ser de 60 cm para obtenção da máxima eficiência de adsorção;
- A vazão de operação dos filtros deve ser de $180 \pm 20 \text{ L h}^{-1}$;
- O volume de água tratada corresponde a dois litros por pessoa;
- A concentração de íons fluoreto na água bruta deve ser da ordem de 4 mg L^{-1} ;

Além dessas condições de uso, determina-se como seis meses (180 dias) o período para substituição do carvão (fase estacionária) com base nos seguintes argumentos:

- Coincide com o período máximo recomendado para a limpeza de reservatórios domiciliares de água, possibilitando, desta forma, a elaboração de campanhas de limpeza e manutenção do sistema do abastecimento comunitário, como um todo.
- Na adoção de períodos longos entre cada manutenção do sistema (superiores a 6 meses) corre-se o risco desta cair no esquecimento por parte dos usuários.

- c) Quanto maior a frequência de manutenção dos sistemas, menores serão os riscos de entupimento, formação de colônias microbianas e, desta forma, menores os riscos de mau funcionamento e contaminação microbiológica dos sistemas.
- d) Coincidir com o prazo de validade dos demais filtros de uso domiciliar distribuídos no comércio.

Neste contexto, na Tabela 7 e Figura 14 estão descritas as características construtivas de diferentes filtros para desfluoretação (para famílias de 5 a 7 pessoas), utilizando o modelo de predição. No resultado correspondente ao volume de carvão ativado predito pelo modelo, foi acrescido 5% como coeficiente de segurança, para eventuais variações de vazão, consumo de água e qualidade do carvão ativado utilizado.

Abaixo, estão descritas as memórias de cálculo utilizadas para elaboração das informações apresentadas na Tabela 7:

- a) Volume de água tratada (VAT): corresponde ao volume de água (L) necessária para abastecer uma determinada família pelo período de 180 dias.

$$\text{VAT (L)} = \text{Número de pessoas} \times 2 \text{ litros} \times 180 \text{ dias.}$$

- b) Volume de fase estacionária (VFE): corresponde ao volume (L) de fase estacionária, acrescido de 5%.

$$\text{VFE (L)} = ((\text{VAT} - 425,62)/273,01) \times 1,05$$

- c) Massa de carvão (MFE) = corresponde a massa (kg) de fase estacionária.

$$\text{MFE (kg)} = \text{VFE} \times \text{densidade (0,65 kg L}^{-1}\text{)}$$

- d) HFE: Altura (cm) da fase estacionária em tubulação de 94 mm de diâmetro interno.

$$\text{HFE (cm)} = (\text{VC} \times 1000) / (3,1416 \times 4,7^2)$$

- e) HLE: Altura livre para expansão entre a coluna de carvão e o filtro auxiliar de polipropileno, constante em 6 cm.

- f) HT: Altura total do tubo de PVC (cm) incluindo o espaço de 16 cm nas duas extremidades para instalação dos filtros auxiliares e conexões de entrada e saída de água.

$$\text{HT (cm)} = \text{HFE} + \text{HLE} + 32 \text{ cm}$$

Tabela 7 - Características construtivas dos filtros de desfluoretação em tubulação de PVC tipo rígido de 94 mm de diâmetro interno

Número de pessoas abastecidas	VAT, L	VFE, L	MFE, kg	HFE, cm	HL, cm	HT, cm
5	1.800	5,3	3,5	76	6	114
6	2.160	6,7	4,4	97	6	135
7	2.520	8,1	5,3	117	6	155



Figura 14 - Dimensionamento do filtro de desfluoretação.

4.5 Determinação dos custos de montagem e manutenção

Para a determinação dos custos de montagem e manutenção do sistema de desfluoretação foram considerados os componentes orçados na Tabela 8, e os diferentes modelos (dimensionamentos) apresentados na Tabela 7.

Cabe salientar que estes componentes foram orçados no comércio local (Santa Cruz do Sul, RS) em agosto de 2009, como venda direta ao consumidor para confecção de um sistema de desfluoretação. Deve-se considerar que na aquisição de quantidades

maiores destes componentes, muitos fornecedores concedem descontos da ordem de 10%.

Optou-se pela utilização de tubulação de PVC tipo rígido, para confecção do corpo do filtro, por apresentar maior resistência mecânica e menores problemas de vazamento. Nas extremidades, foram utilizadas tampas (CAP) de PVC branco (classe 1), em função de estes apresentarem maior flexibilidade, facilitando procedimentos de manutenção. Além disto, as tampas de PVC (tipo rígido) são mais caras (R\$ 14,00).

A utilização de tubulação de PVC branco (classe 1), quando possível, reduz os custos de confecção dos filtros em até 20%.

Tabela 8 - Descrição e orçamento dos materiais utilizados para a construção do sistema de desfluoretação.

Quantidades	Unid.	Materiais	Custo unit., R\$	Custo total, R\$
2	pc	Tampa de PVC flexível (branco) de 100 mm	4,80	9,60
1	pc	Torneira para jardim ¾ polegada	2,40	2,40
1	pc	Adaptador auto-ajustável roscável para caixa d'água, ¾ de polegada (19,05 mm)	7,72	7,72
2	pc	Anel de vedação, 100 mm	2,40	4,80
2	pc	Filtro auxiliar de polipropileno, 25 µm, 93 mm	5,80	11,60
2	pc	Adaptador de borracha, 32 mm	4,86	9,72
1,5	m	Mangueira	2,20	3,30
1	m	Fita veda-rosca de politetrafluoretileno	0,12	0,12
1	pc	Adaptador para mangueira de jardim	0,95	0,95
2	pc	Braçadeiras.	1,00	2,00

Quantidades	Unid.	Materiais	Custo unit., R\$	Custo total, R\$
1,14 – 1,55	m	Tubo em PVC rígido (Azul) 100 mm	15,60	17,80 – 24,18
3,50 – 5,30	kg	Carvão ativado de osso	3,50	12,25 – 18,55

Na Tabela 9 são apresentados os custos de instalação e manutenção dos três modelos de filtros desenvolvidos. Para os custos de manutenção semestral foi considerada a substituição do carvão ativado de osso e da fita veda-rosca. Já para a manutenção anual, foi incluída a substituição dos filtros auxiliares de polipropileno. Não estão incluídos aqui quaisquer custos de mão de obra.

Tabela 9 - Custos de instalação e manutenção dos filtros de desfluoretação.

Número de pessoas	Custo, R\$			Custo da água tratada, R\$ 100L ⁻¹	
	Instalação (CI)	Manutenção semestral (CMS)	Manutenção anual (CMA)	1º ano CI + CMS	Demais anos CMA + CMS
5	82,24	12,37	23,94	5,25	2,01
6	88,67	15,52	27,12	4,82	1,96
7	94,94	18,67	30,27	4,50	1,93

Outro aspecto a ser considerado neste orçamento, diz respeito a instalação propriamente dita, pois parafusos, buchas, entre outros acessórios, podem ser necessários para a fixação do filtro na residência, os quais não foram incluídos neste orçamento, visto que dependem da realidade de cada residência.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, identificou-se a impossibilidade de utilização de cola na confecção dos filtros, por dois motivos principais. O primeiro refere-se a problemas de gosto e odor na água, fenômeno típico para a maioria das colas disponíveis no mercado. O segundo é a dificuldade de desmonte do filtro para manutenção, levando por muitas vezes a danificação do sistema.

Contudo, como as extremidades do sistema não são coladas, a pressão da rede de distribuição de água (tipicamente de 100 kPa), desloca as tampas do filtro provocando vazamentos. Para evitar este tipo de problema o usuário pode desenvolver diferentes sistemas para impedir a remoção das tampas.

Neste estudo foi utilizada uma braçadeira para fixação das tampas e instalação do filtro em paredes de concreto. Este sistema foi construído em uma oficina mecânica ao custo de R\$ 30,00 (Figura 15).



Figura 15 - Braçadeira de fixação do filtro de desfluoretação.

5. Conclusão

Este estudo reúne um conjunto de esforços da Universidade de Santa Cruz do Sul, através do seu quadro de professores e alunos, para o controle de agravos à saúde em decorrência do consumo de água subterrânea com concentrações excessivas de íons fluoreto. O excesso de íons fluoreto que inicialmente parecia apenas um problema

regional, hoje se configura como um grave problema de saúde pública em diferentes regiões do Brasil.

Os resultados obtidos demonstraram a eficiência do carvão ativado de osso na adsorção de íons fluoreto, indicando que sistemas de filtração utilizando 3,5 kg deste material são suficientes para atender as necessidades de consumo de uma família de 5 pessoas, por um período de seis meses, desde que observadas as condições de montagem e operação descritas neste estudo. Além disto, os custos de instalação (\cong R\$ 82,00) e manutenção (manutenção semestral \cong R\$ 12,00 e manutenção anual \cong R\$ 24,00) são acessíveis às comunidades menos favorecidas.

Devido às características químicas do carvão ativado de osso, há dissolução de íons sódio, potássio, fósforo e carbonatos na água tratada, principalmente no início do funcionamento do sistema. O excesso destes íons é minimizado a níveis adequados para o consumo humano, pelo simples descarte dos primeiros 50 litros de água. Contudo a eficiência deste procedimento deve ser comprovada caso a caso, pelo monitoramento destas variáveis na água tratada após instalação do sistema de filtração.

É importante assinalar que os resultados obtidos nesta pesquisa vêm ao encontro dos objetivos do Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento implantado pela FUNASA, através da Coordenação de Desenvolvimento Tecnológico em Engenharia Sanitária, uma vez que foi possível desenvolver tecnologia na área de saúde pública, que possa ser utilizada de imediato, de fácil aplicabilidade, baixo custo de implantação, operação e manutenção e que resulte na melhoria das condições de vida da população brasileira, especialmente as menos favorecidas.

6. Recomendações para utilização dos resultados pela Funasa

O principal produto desta pesquisa foi o desenvolvimento de um sistema de filtração eficiente, de baixo custo, que possibilita a desfluoretação parcial de águas subterâneas, até níveis permitidos ao consumo humano, conforme a Portaria nº 518/04, do Ministério de Saúde. No intuito de socializar esta tecnologia para um fornecimento de água potável em diferentes comunidades do Brasil, foi elaborado um manual técnico de montagem, operação e manutenção deste sistema de filtração.

Entretanto, cabe ainda a validação deste manual em diferentes regiões brasileiras, com o propósito de corrigir eventuais imperfeições na linguagem utilizada e identificar as diferentes dificuldades apresentadas pelas equipes de montagem e operação, de forma a produzir um manual, capaz de esclarecer as dúvidas e dificuldades inerentes a cada comunidade.

Desta forma, recomenda-se a elaboração de um projeto piloto de extensão voltado à capacitação de líderes comunitários para a montagem e operação deste sistema, bem como do seu monitoramento. Desta forma, enquanto a comunidade é capacitada, também é feita a validação e correção do manual de montagem, operação e manutenção do sistema de filtração.

Como citado anteriormente, devido às características químicas do carvão ativado de osso, há dissolução de íons sódio, potássio, fósforo e carbonatos na água tratada, principalmente no início do funcionamento do sistema. Este processo é natural e próprio do sistema de troca iônica que ocorre nos sítios de ativação do meio adsorvente. Entre estes parâmetros, o único que apresenta efeito sanitário é o sódio, contudo o excesso destes íons é minimizado a níveis adequados para o consumo humano, pelo simples descarte dos primeiros 50 litros de água. Volumes maiores de água de purga podem ser necessários no tratamento de águas com concentrações altas (concentração inicial) de sódio. A água utilizada neste estudo apresentava, em média, uma concentração inicial de sódio superior a 150 mg L^{-1} , sendo 200 mg L^{-1} o limite estabelecido pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde.

7. Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 13170**: Teste de ordenação em análise sensorial. Rio de Janeiro, 1994.

ALVARINHO, S. B., MARTINELLI, J. R. Utilização de alumina para remoção de fluoretos em águas e efluentes. **Cerâmica**, p. 1-27, 2000.

AMOR, Z., BARIOU, B., MAMERI, N. TAKY, M., NICOLAS, S. ELMIDAOU, A. Fluoride removal from brackish water by electrodialysis. **Desalinacion**, p.133. 2001.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington, 1998.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde, Diário oficial nº 59 de 26 de março de 2004, Seção 1.

CASTEL, C. et al. **Selective removal of fluoride ions by two-way ion-exchange cyclic process**. Chemical Engineering Science, p 55, 2000.

CORSAN – COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. **Determinação de odor – método de análise sensorial em ETAs**. FQS 004A. 2003 (A).

CORSAN – COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. **Determinação de gosto – método de análise degustativa**. FQS 016A. 2003 (B).

COSTA A. & LOBO, E. A. **Estudo preliminar do processo de desfluoretação parcial da água utilizando a alumina ativada DD-2.** Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. v. 3: p. 549-544, São Paulo: ABRH, 1997.

COSTA, A. B., LOBO, E. A., KIRST, A., SOARES, J., GOETTEMS, C. H. **Estudo comparativo da concentração de flúor, pH e condutividade elétrica da água subterrânea dos municípios de Santa Cruz do Sul, Venâncio Aires e Vera Cruz, RS, Brasil.** Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cuiabá: ABAS, 2004. CD-ROM.

COSTA, A. B., RESCH, V. **Constituintes inorgânicos presentes nas águas subterrâneas do município de Venâncio Aires, RS, Brasil.** Anais do VIII Congresso Latinoamericano de Hidrologia Subterrânea Y Expo-Agua, Asunción – Paraguay, 2006.

HICHOOR, M. et al. **Fluoride removal from waters by Donnan dialysis. Separation and Purification Technology,** 2000. p. 18.

LOBO, E. A., COSTA, A. B., KIRST, A. **Qualidade das águas subterrâneas, em relação à concentração de íons fluoretos, na região do vale do Rio Pardo e Rio Taquari, RS, Brasil.** In: I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas - ABAS Fortaleza – CE, 2000.

LOBO, E. A., COSTA, A. B. **Análise descritiva da concentração de íons fluoreto em poços artesianos da região do Vale do Rio Pardo e Rio Taquari, RS, Brasil.** Revista Tecnológica, p. 2, 29-35, Santa Cruz do Sul, 1998.

LOBO, E. A., COSTA, A. B., KIRST, A. MACHADO E., THIER F., SOARES, J., KUNRATH, I. G. **Desfluoretação Parcial de Águas Naturais.** Relatório Técnico Final. Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul, 2005.

LOUNICI, H. et al. **Study of a new technique for fluoride removal from water. Desalination,** p. 114. 1997

MEENAKSHI, R.C. MAHESHWARI, A. **Fluoride in drinking water and its removal** Journal of Hazardous Materials. Vol 137, Issue 1, 1 Sept 2006, Pages 456-463.

MIN, B. R., GILL, A. L., GILL, W. N. **A note on fluoride removal by everse osmosis.** Desalination, 1984. p. 89-93.

OMS – ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Guías para a calidad del agua potable.** 2 ed. p. 195p. Ginebra, 1995.

RAMIRES, I. **Manual: Flúor e Fluoretação da Água de Abastecimento Público.** 155p Bauru, 2005.

RIO GRANDE DO SUL. Portaria nº 10, de 16 de agosto de 1999 da Secretaria Estadual da Saúde, do estado do Rio Grande do Sul, Diário oficial do Estado do Rio Grande do Sul de 27 de agosto de 1999.

SEIXAS, M. E. P., AMARAL, L. A. V., PAVAN, L. A. P., VALENTIM, J. V., HASEGAWA, P. T., DOMINGUES, L. A., GALLACI FILHO, A., TELES, E. N. & TORRETA, H. I. **Remoção de fluoretos da água de abastecimento**. São Paulo: CETESB, 1991.

SHAFFER, G. W., HIKE, M. K. & LEVY, B. M. **Patologia bucal**, 3 ed. Rio de Janeiro, Interamericana, 1979.

SRIMURALI, M., PRAGATHI, A., KARTHIKEYAN, J. **A study on removal of fluorides from drinking water by absorption onto low-cost materials**. p. 285-289 Environmental Pollution, 1998.

APÊNDICE 1 - Resultados obtidos no monitoramento da água tratada pelo filtro 1

Parâmetro	VMP	Amostras			
		amostra 1	amostra 2	amostra 3	amostra 4
Alcalinidade bicarbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	189,0	148,4	155,0	137,3
Alcalinidade carbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	178,0	83,5	41,8	33,6
Alcalinidade hidróxidos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	0	0	0	0
Cádmio, µg L ⁻¹	5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chumbo, µg L ⁻¹	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cálcio, mg L ⁻¹	*	0,34	0,22	0,04	0,13
Cloretos, mg L ⁻¹ (Cl ⁻)	250	18,2	10,9	16,3	12,5
Cloro residual livre, mg L ⁻¹ (Cl ₂)	5,0	<0,05	0,07	<0,05	<0,05
Condutividade elétrica, µS cm ⁻¹	*	852	559	508	469
Cor aparente, uH	15	<2	<2	3	2
Cromo total, mg L ⁻¹	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Dureza total, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	500	8,3	4,9	3,4	3,9
Ferro total, mg L ⁻¹	0,3	<0,02	<0,02	0,03	<0,02
Fluoretos, mg L ⁻¹	1,5	1,8	1,3	0,5	0,7
Fósforo total, mg L ⁻¹ (P)	*	4,1	1,8	1,2	1,1
Magnésio, mg L ⁻¹	*	1,8	1,1	0,8	0,9
Manganês, mg L ⁻¹	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mercúrio, µg L ⁻¹	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel, mg L ⁻¹	0,02* ^δ	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitratos, mg L ⁻¹ (N-NO ₃ ⁻)	10	0,3	0,2	0,2	0,5
Nitritos, mg L ⁻¹ (N-NO ₂ ⁻)	1	<0,01	<0,01	0,02	0,01
pH	6,0 a 9,5	9,9	9,7	9,2	9,3
Potássio, mg L ⁻¹	*	20,9	1,4	<0,02	<0,02
Sódio, mg L ⁻¹	200	232,2	172,2	156,6	136,2
Sólidos totais dissolvidos, mg L ⁻¹	1.000	504,5	333,0	291,0	260,0
Sulfato, mg L ⁻¹ (SO ₄ ⁻²)	250	36,8	34,3	36,9	33,0
Turbidez, uT	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Zinco, mg L ⁻¹	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Coliformes termotolerantes, NMP 100 mL ⁻¹	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Onde: (VMP) Vapor máximo permitido pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (*) parâmetros não citados pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (δ) valor máximo recomendação pela OMS (OMS, 1995).

APÊNDICE 2 - Resultados obtidos no monitoramento da água tratada pelo filtro 2

Parâmetro	VMP	Amostras			
		amostra 1	amostra 2	amostra 3	amostra 4
Alcalinidade bicarbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	193,4	164,9	153,9	138,2
Alcalinidade carbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	140,7	59,3	41,8	31,7
Alcalinidade hidróxidos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	0,0	0,0	0,0	0,0
Cádmio, µg L ⁻¹	5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chumbo, µg L ⁻¹	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cálcio, mg L ⁻¹	*	0,38	0,15	<0,02	0,11
Cloretos, mg L ⁻¹ (Cl ⁻)	250	20,9	11,3	14,7	12,7
Cloro residual livre, mg L ⁻¹ (Cl ₂)	5,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Condutividade elétrica, µS cm ⁻¹	*	812	535	505	479
Cor aparente, uH	15	4	2	<2	<2
Cromo total, mg L ⁻¹	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Dureza total, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	500	4,2	2,2	1,3	2,2
Ferro total, mg L ⁻¹	0,3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Fluoretos, mg L ⁻¹	1,5	1,7	1,1	0,4	0,8
Fósforo total, mg L ⁻¹ (P)	*	5,0	2,1	1,8	1,4
Magnésio, mg L ⁻¹	*	0,8	0,4	0,3	0,5
Manganês, mg L ⁻¹	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mercurio, µg L ⁻¹	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel, mg L ⁻¹	0,02* ^δ	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitratos, mg L ⁻¹ (N-NO ₃ ⁻)	10	0,1	0,1	0,2	0,2
Nitritos, mg L ⁻¹ (N-NO ₂ ⁻)	1	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
pH	6,0 a 9,5	9,8	9,5	9,2	9,3
Potássio, mg L ⁻¹	*	22,2	1,6	<0,02	<0,02
Sódio, mg L ⁻¹	200	236,7	172,2	156,6	138,2
Sólidos totais dissolvidos, mg L ⁻¹	1.000	489,0	347,0	315,5	273,5
Sulfato, mg L ⁻¹ (SO ₄ ⁻²)	250	18,7	17,1	37,9	34,3
Turbidez, uT	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Zinco, mg L ⁻¹	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Coliformes termotolerantes, NMP 100 mL ⁻¹	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	20

Onde: (VMP) Vapor máximo permitido pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (*) parâmetros não citados pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (δ) valor máximo recomendação pela OMS (OMS, 1995).

APÊNDICE 3 - Resultados obtidos no monitoramento da água tratada pelo filtro 3

Parâmetro	VMP	Amostras			
		amostra 1	amostra 2	amostra 3	amostra 4
Alcalinidade bicarbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	185,7	173,6	160,5	134,4
Alcalinidade carbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	76,9	37,4	33,0	33,6
Alcalinidade hidróxidos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	0,0	0,0	0,0	0,0
Cádmio, µg L ⁻¹	5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chumbo, µg L ⁻¹	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cálcio, mg L ⁻¹	*	1,06	0,15	<0,02	0,08
Cloretos, mg L ⁻¹ (Cl ⁻)	250	19,1	10,9	12,9	13,6
Cloro residual livre, mg L ⁻¹ (Cl ₂)	5,0	0,06	0,05	<0,05	<0,05
Condutividade elétrica, µS cm ⁻¹	*	668	520	498	466
Cor aparente, uH	15	5	<2	<2	<2
Cromo total, mg L ⁻¹	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Dureza total, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	500	5,9	1,7	0,7	1,1
Ferro total, mg L ⁻¹	0,3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Fluoretos, mg L ⁻¹	1,5	2,0	1,3	0,5	0,9
Fósforo total, mg L ⁻¹ (P)	*	1,2	2,2	2,1	1,8
Magnésio, mg L ⁻¹	*	0,8	0,3	0,2	0,23
Manganês, mg L ⁻¹	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mercúrio, µg L ⁻¹	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel, mg L ⁻¹	0,02* ^δ	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitratos, mg L ⁻¹ (N-NO ₃ ⁻)	10	0,1	0,1	0,2	0,8
Nitritos, mg L ⁻¹ (N-NO ₂ ⁻)	1	<0,01	<0,01	0,03	0,02
pH	6,0 a 9,5	9,5	9,2	9,1	9,2
Potássio, mg L ⁻¹	*	18,3	1,2	<0,02	<0,02
Sódio, mg L ⁻¹	200	196,6	165,5	158,8	136,2
Sólidos totais dissolvidos, mg L ⁻¹	1.000	409,0	342,0	295,0	273,0
Sulfato, mg L ⁻¹ (SO ₄ ⁻²)	250	19,4	17,8	37,9	34,3
Turbidez, uT	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Zinco, mg L ⁻¹	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Coliformes termotolerantes, NMP 100 mL ⁻¹	Ausência	Ausente	Ausente	40	Ausente

Onde: (VMP) Vapor máximo permitido pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (*) parâmetros não citados pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (δ) valor máximo recomendação pela OMS (OMS, 1995).

APÊNDICE 4 - Resultados obtidos no monitoramento da água tratada pelo filtro 4

Parâmetro	VMP	Amostras			
		amostra 1	amostra 2	amostra 3	amostra 4
Alcalinidade bicarbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	139,2	238,6	117,1	19,2
Alcalinidade carbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	67,2	35,5	49,0	30,9
Alcalinidade hidróxidos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	0,0	0,0	0,0	0,0
Cádmio, µg L ⁻¹	5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chumbo, µg L ⁻¹	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cálcio, mg L ⁻¹	*	0,4	0,2	0,08	0,1
Cloretos, mg L ⁻¹ (Cl ⁻)	250	13,5	11,2	9,0	11,0
Cloro residual livre, mg L ⁻¹ (Cl ₂)	5,0	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Condutividade elétrica, µS cm ⁻¹	*	548	554	456	472
Cor aparente, uH	15	2	<2	<2	<2
Cromo total, mg L ⁻¹	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Dureza total, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	500	2,4	1,9	1,5	1,2
Ferro total, mg L ⁻¹	0,3	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
Fluoretos, mg L ⁻¹	1,5	<0,2	0,2	0,3	0,5
Fósforo total, mg L ⁻¹ (P)	*	4,0	3,6	3,0	2,2
Magnésio, mg L ⁻¹	*	0,4	0,3	0,3	0,2
Manganês, mg L ⁻¹	0,1	0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Merúrio, µg L ⁻¹	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel, mg L ⁻¹	0,02* ^δ	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitratos, mg L ⁻¹ (N-NO ₃ ⁻)	10	0,2	0,1	0,1	0,1
Nitritos, mg L ⁻¹ (N-NO ₂ ⁻)	1	<0,01	0,01	0,02	0,02
pH	6,0 a 9,5	9,3	9,1	9,2	9,2
Potássio, mg L ⁻¹	*	4,8	<0,02	<0,02	<0,02
Sódio, mg L ⁻¹	200	180	155,7	83,5	125,1
Sólidos totais dissolvidos, mg L ⁻¹	1.000	316	288,5	301,5	311,0
Sulfato, mg L ⁻¹ (SO ₄ ⁻²)	250	34,3	35,5	35,5	37,3
Turbidez, uT	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Zinco, mg L ⁻¹	5	0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Coliformes termotolerantes, NMP 100 mL ⁻¹	Ausente	Ausente	Ausente	40	Ausente

Onde: (VMP) Vapor máximo permitido pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (*) parâmetros não citados pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (δ) valor máximo recomendação pela OMS (OMS, 1995).

APÊNDICE 5 - Resultados obtidos no monitoramento da água tratada pelo filtro 5

Parâmetro	VMP	Amostras			
		amostra 1	amostra 2	amostra 3	amostra 4
Alcalinidade bicarbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	141,6	234,7	115,2	116,5
Alcalinidade carbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	64,3	45,1	48,0	30,9
Alcalinidade hidróxidos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	0,0	0,0	0,0	0,0
Cádmio, µg L ⁻¹	5	,0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chumbo, µg L ⁻¹	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cálcio, mg L ⁻¹	*	0,4	1,0	0,3	<0,02
Cloretos, mg L ⁻¹ (Cl ⁻)	250	14,0	12,0	11,0	11,5
Cloro residual livre, mg L ⁻¹ (Cl ₂)	5,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Condutividade elétrica, µS cm ⁻¹	*	579	569	459	476
Cor aparente, uH	15	2	<2	<2	<2
Cromo total, mg L ⁻¹	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Dureza total, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	500	2,5	4,0	2,2	0,6
Ferro total, mg L ⁻¹	0,3	0,03	<0,02	0,02	<0,02
Fluoretos, mg L ⁻¹	1,5	0,3	<0,2	<0,2	0,2
Fósforo total, mg L ⁻¹ (P)	*	4,5	4,8	3,3	2,4
Magnésio, mg L ⁻¹	*	0,3	0,4	0,4	0,2
Manganês, mg L ⁻¹	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mercúrio, µg L ⁻¹	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel, mg L ⁻¹	0,02* ^δ	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitratos, mg L ⁻¹ (N-NO ₃ ⁻)	10	0,2	0,1	0,1	0,1
Nitritos, mg L ⁻¹ (N-NO ₂ ⁻)	1	<0,01	0,01	0,02	0,01
pH	6,0 a 9,5	9,5	9,3	9,2	9,2
Potássio, mg L ⁻¹	*	6,2	<0,02	<0,02	<0,02
Sódio, mg L ⁻¹	200	206,4	159,7	89,7	125,1
Sólidos totais dissolvidos, mg L ⁻¹	1.000	335,0	291,5	279,0	289,5
Sulfato, mg L ⁻¹ (SO ₄ ⁻²)	250	35,5	34,3	34,3	37,3
Turbidez, uT	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Zinco, mg L ⁻¹	5	0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Coliformes termotolerantes, NMP 100 mL ⁻¹	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Onde: (VMP) Vapor máximo permitido pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (*) parâmetros não citados pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (δ) valor máximo recomendação pela OMS (OMS, 1995).

APÊNDICE 6 - Resultados obtidos no monitoramento da água tratada pelo filtro 6

Parâmetro	VMP	Amostras			
		amostra 1	amostra 2	amostra 3	amostra 4
Alcalinidade bicarbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	125,8	225,1	114,7	114,7
Alcalinidade carbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	108,5	60,5	52,8	36,4
Alcalinidade hidróxidos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	0,0	0,0	0,0	0,0
Cádmio, µg L ⁻¹	5	<0,1	<0,1	<0,1	,0,1
Chumbo, µg L ⁻¹	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cálcio, mg L ⁻¹	*	0,3	0,3	0,2	0,5
Cloretos, mg L ⁻¹ (Cl ⁻)	250	13,5	12,0	10,0	11,0
Cloro residual livre, mg L ⁻¹ (Cl ₂)	5,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Condutividade elétrica, µS cm ⁻¹	*	638	583	459	479
Cor aparente, uH	15	2	<2	<2	<2
Cromo total, mg L ⁻¹	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Dureza total, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	500	2,7	3,0	3,4	3,4
Ferro total, mg L ⁻¹	0,3	0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Fluoretos, mg L ⁻¹	1,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fósforo total, mg L ⁻¹ (P)	*	4,5	3,0	2,7	2,1
Magnésio, mg L ⁻¹	*	0,5	0,6	0,75	0,5
Manganês, mg L ⁻¹	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mercúrio, µg L ⁻¹	1	,0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel, mg L ⁻¹	0,02* ^δ	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitratos, mg L ⁻¹ (N-NO ₃ ⁻)	10	0,2	0,5	0,1	0,2
Nitritos, mg L ⁻¹ (N-NO ₂ ⁻)	1	<0,01	0,05	0,03	0,03
pH	6,0 a 9,5	9,8	9,3	9,2	9,3
Potássio, mg L ⁻¹	*	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Sódio, mg L ⁻¹	200	181,5	161,5	89,7	125,1
Sólidos totais dissolvidos, mg L ⁻¹	1.000	379,2	295,0	288,0	287,0
Sulfato, mg L ⁻¹ (SO ₄ ⁻²)	250	35,5	34,3	35,5	36,1
Turbidez, uT	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Zinco, mg L ⁻¹	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Coliformes termotolerantes, NMP 100 mL ⁻¹	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Onde: (VMP) Vapor máximo permitido pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (*) parâmetros não citados pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (δ) valor máximo recomendação pela OMS (OMS, 1995).

APÊNDICE 7 - Resultados obtidos no monitoramento da água tratada pelo filtro 7

Parâmetro	VMP	Amostras			
		amostra 1	amostra 2	amostra 3	amostra 4
Alcalinidade bicarbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	162,7	134,1	136,8	122,4
Alcalinidade carbonatos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	30,8	65,9	34,6	43,2
Alcalinidade hidróxidos, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	*	0	0,0	0,0	0,0
Cádmio, µg L ⁻¹	5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chumbo, µg L ⁻¹	10	<0,1	<0,1	<1,0	<1,0
Cálcio, mg L ⁻¹	*	0,04	0,4	0,12	0,1
Cloretos, mg L ⁻¹ (Cl ⁻)	250	15,9	11,1	12,9	10,5
Cloro residual livre, mg L ⁻¹ (Cl ₂)	5,0	0,08	<0,05	<0,05	<0,05
Condutividade elétrica, µS cm ⁻¹	*	495	484	475	449
Cor aparente, uH	15	2	<2	2	<2
Cromo total, mg L ⁻¹	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Dureza total, mg L ⁻¹ (CaCO ₃)	500	4,3	7,2	4,6	4,3
Ferro total, mg L ⁻¹	0,3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Fluoretos, mg L ⁻¹	1,5	0,4	0,5	0,3	0,3
Fósforo total, mg L ⁻¹ (P ⁻³)	*	1,8	2,1	1,9	1,8
Magnésio, mg L ⁻¹	*	1,0	1,5	1,0	1,0
Manganês, mg L ⁻¹	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mercúrio, µg L ⁻¹	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel, mg L ⁻¹	0,02* ^δ	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitratos, mg L ⁻¹ (N-NO ₃ ⁻)	10	0,1	0,4	0,2	0,1
Nitritos, mg L ⁻¹ (N-NO ₂ ⁻)	1	0,02	0,03	0,02	0,02
pH	6,0 a 9,5	9,1	9,3	9,3	9,2
Potássio, mg L ⁻¹	*	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Sódio, mg L ⁻¹	200	154,4	138,2	138,2	75,1
Sólidos totais dissolvidos, mg L ⁻¹	1.000	295,0	303,0	270,5	288,2
Sulfato, mg L ⁻¹ (SO ₄ ⁻²)	250	37,9	34,3	33,0	34,3
Turbidez, uT	5	0,0	0,0	0,0	0,0
Zinco, mg L ⁻¹	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Coliformes termotolerantes, NMP 100 mL ⁻¹	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Onde: (VMP) Vapor máximo permitido pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (*) parâmetros não citados pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde; (δ) valor máximo recomendação pela OMS (OMS, 1995).



Impacto das ações de saneamento na saúde das populações das terras indígenas Faxinal e Ivaí no Estado do Paraná

Participantes: Max Jean de Ornelas Toledo (coordenador) Andrey Wilder Paludetto, Fabiana de Toledo, Silvana Delatore, Wladithe Organ de Carvalho, Marta Chaves, João Balduino Kuhl, Silvana Marques de Araújo, Lúcio Tadeu Mota.

Proponente: Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Executora: Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Resumo

O impacto das ações de saneamento na saúde das populações das Terras Indígenas (TI) Faxinal e Ivaí foi avaliado determinando-se o perfil de morbidade, a prevalência e intensidade das infecções por enteroparasitos e o grau de contaminação do solo. Foi também elaborado um Diagnóstico Sanitário-Cultural com as principais causas de aceitação e rejeição das medidas. O estudo foi realizado com a população das TI Faxinal e Ivaí, no Estado do Paraná, habitadas por 500 e 1300 pessoas, respectivamente, pertencentes à etnia *Kaingáng*. Em ambas TI foram implantadas melhorias sanitárias e iniciadas atividades de Educação em Saúde. Tratamentos com antiparasitários de toda a população foram realizados na TI Faxinal e apenas das pessoas com diagnóstico positivo na TI Ivaí. O perfil de morbidade ambulatorial foi traçado extraíndo as três primeiras queixas de 506/1607 prontuários das Unidades Básicas de Saúde das duas TI, no período de 2001 a 2004, que foram codificados pela CID-10. A prevalência e a intensidade das infecções por enteroparasitos foram determinadas através da realização de três Inquéritos Coproparasitológicos (em 2004, 2005 e 2006) quando foram coletadas 750 amostras de fezes e examinadas pelos métodos de sedimentação em água, centrífugo-flutuação e Kato/Katz. Foram também

examinadas 243 amostras de solo de 2005 a 2006. O Diagnóstico Sanitário-Cultural foi realizado entrevistando as pessoas em 41/63 moradias na TI Faxinal e 69/190 moradias na TI Ivaí. Entre as principais causas de morbidade aparecem as doenças infecciosas e parasitárias e as doenças do aparelho respiratório, respectivamente com percentuais de 8,7% e 11,3% na TI Faxinal e de 25,3% e 12,1% na TI Ivaí. As prevalências totais de enteroparasitos não variaram significativamente e taxas entre 86,9% e 94,7% foram registradas em ambas TI. As infecções de alta intensidade por geelmintos apresentaram taxas menores de 2% em Faxinal e acima de 10% em Ivaí e as prevalências de amostras de solo contaminadas por parasitos foram de 76% e 96% em Faxinal e Ivaí, respectivamente. Não há casos de rejeição em relação aos módulos sanitários e à água tratada. A não utilização é por causa de problemas de infra-estrutura, manutenção do sistema e sedimentação dos hábitos de higiene. Anos após a implementação das ações de saneamento pôde-se observar melhora significativa em alguns indicadores parasitológicos de saúde na população da TI Faxinal como a redução na prevalência de enteroparasitos e manutenção de baixa carga parasitária, demonstrando a importância de se associar o tratamento antiparasitário àquelas ações. Por outro lado, os resultados mostram a necessidade de incrementar as atividades educativas visando melhorar os hábitos de higiene dos *Kaingáng* impedindo as reinfecções.

Palavras-chave: Saneamento; Terras Indígenas; Índios Sul-Americanos, *Kaingáng*; Faxinal; Ivaí; Morbidade ambulatorial; Saúde indígena; Enteroparasitos, prevenção e controle; Estado do Paraná; Enteroparasitos, prevalência;

Abstract

The impact of sanitation improvement on Faxinal and Ivaí Indigenous Lands (IL) population health was evaluated by determining the morbidity profile, the prevalence and intensity of infections by enteroparasites and the degree of soil contamination. A Sanitary-Cultural Diagnosis with the main causes of acceptance and rejection of the measures had also been elaborated. The study was carried out with the population of the Faxinal and Ivaí IL, in Paraná State, inhabited by 500 and 1300 people respectively, belonging to *Kaingáng* ethnic group. In both IL sanitary improvements were implemented and activities of Health Education had been initiated. Antiparasitic treatments of whole population had been carried out in Faxinal IL and only for people with positive diagnosis in Ivaí IL. To trace the profile of ambulatory morbidity, the three first complaints, on the period from 2001 to 2004, of 506/1607 existing medical records in the Basic Health Units of both IL had been extracted and codified based on the ICD-10. The overall prevalence and the intensity of infections by enteroparasites were determined through three Coproparasitological Surveys that had been carried out in 2004, 2005 and 2006. Stool samples (750) had been collected and submitted to sedimentation in water, centrifugation-flotation and Kato-Katz techniques. Soil samples (243) had been also examined from 2005 to 2006. The Sanitary-Cultural Diagnosis was carried through interviewing people in 41/63 residences in Faxinal IL and 69/190 residences in Ivaí IL. Among the major causes of morbidity appear the infectious and parasitic diseases and respiratory diseases, respectively with a percentage of 8.7% and 11.3% in Faxinal IL and 25.3% and 12.1% in Ivaí IL. The overall prevalence of intestinal parasites did not vary significantly and in both IL were recorded rates between 86.9% and 94.7%. The helminths soil-transmitted infections of high intensity had presented percentages lesser than 2% in Faxinal and higher than 10% in Ivaí, and the prevalence of soil samples contaminated with parasites were 76% and 96%, in Faxinal and Ivaí respectively. There are no cases of rejection in relation to the sanitary modules and the treated water. The lack in use is because infrastructure problems, system maintenance and hygiene habits sedimentation. Years after the implementation of sanitary actions we can observe significant improvement in some health parasitological indicators in the population of Faxinal IL as the reduction of prevalence of enteroparasites, and maintenance of low parasitic burden, demonstrating the importance of associate the antiparasitic treatment with those actions. On the other hand, the results show the necessity to develop educative activities aiming to improve hygiene habits of the *Kaingáng* population and to avoid reinfections.

Keywords: Sanitation; Indigenous Lands; South American Indians, *Kaingáng*; Faxinal; Ivaí; Ambulatory Morbidity; Indigenous health; Enteroparasites, prevention and control; State of Paraná; Enteroparasites, prevalence;

1. Introdução

Apesar da fragilidade de elementos quantitativos, sabe-se que a prevalência de doenças infecciosas e parasitárias é elevada em populações ameríndias, colocando a população indígena brasileira em uma posição de desvantagem em relação aos demais seguimentos da sociedade nacional (SANTOS e COIMBRA JR, 2003; GARNELLO, MACEDO e BRANDÃO, 2004) Mesmo com a implantação de ações de saneamento, aquelas infecções muitas vezes fogem do controle dos serviços de saúde devido às altas taxas de transmissão, favorecidas pelas condições ambientais e sócio-culturais.

De maneira geral, os registros existentes sobre as condições de saúde dos índios referem-se aos grupos que vivem nas regiões Amazônica e Centro-Oeste do Brasil. São muito escassas publicações sobre o enteroparasitismo nos indígenas da etnia *Kaingáng*. Este grupo está entre os mais numerosos do país e são estimados em 29 mil pessoas, distribuídas em 32 Terras Indígenas (TI) nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (ISA, 2005). No Paraná, em 1998 um estudo detectou elevada prevalência (93%) de infecções causadas por geelmintos em escolares *Kaingáng* da TI Queimadas (SCOLARI et al., 2000).

No nível comunitário, as intervenções que podem interromper o ciclo de transmissão das enteroparasitoses são quimioterapia, melhorias sanitárias e Educação em Saúde, que podem ser aplicadas em conjunto ou isoladamente, dependendo da situação epidemiológica da comunidade (MONTRESOR et al. 1998; MONTRESOR et al. 1999). O objetivo geral dos programas de controle para enteroparasitos é reduzir a morbidade, promovendo a redução do número de pessoas altamente infectadas, e manter este número em níveis baixos com intervenções repetidas de quimioterapia. Portanto, os parâmetros relevantes no controle de enteroparasitoses são a prevalência e a intensidade das infecções (MONTRESOR et al. 1999).

A fim de combater e prevenir eficazmente os agravos à saúde das populações indígenas faz-se necessário programar ações de saneamento básico conhecendo melhor o perfil epidemiológico destas populações, assim como as particularidades do modo de vida. Neste sentido, a Fundação Nacional de Saúde (Funasa) vem implantando nas sedes das TI várias ações de saneamento (BRASIL, 2002). Nas TI Faxinal e Ivaí, no Estado do Paraná, estas ações se iniciaram ao final da década de 90 e outras medidas profiláticas para enteroparasitoses foram adotadas nos anos subsequentes.

2. Objetivos

O objetivo do presente estudo foi avaliar o impacto das ações de saneamento na saúde das populações das TI Faxinal e Ivaí, no Paraná.

3. Metodologia

Para atingir este objetivo, foram determinados o perfil de morbidade, a prevalência e intensidade das infecções por enteroparasitos e o grau de contaminação do solo. Ainda, foram elaborados um Diagnóstico Sanitário-Cultural com as principais causas de aceitação e rejeição das medidas, um Plano de Gestão em Saneamento e Saúde (PGSS) para as duas TI e um caderno bilíngüe “Educação para a Saúde”.

3.1 População e área do estudo

O estudo foi realizado com a população de duas das 20 TI do Estado do Paraná, habitadas por indígenas da etnia *Kaingãng* e situadas na área de abrangência do Distrito Sanitário Especial Indígena (DSEI) Paraná. A TI Faxinal, distante 6 km da área urbana do Município de Cândido de Abreu no centro do estado, tem uma população de cerca de 500 habitantes (MOTA, CAZORLA e ROCHA, 2004) e abrange uma área de 2.043,89 ha. A TI Ivaí, distante 40 km da primeira, está localizada nos Municípios de Manoel Ribas e Pitanga, distante 3 km da área urbana do primeiro município e conta com 1300 habitantes (MOTA, 2003). Com 7.200 ha, é hoje uma das maiores TI deste estado. A Figura 1 apresenta a localização das terras indígenas estudadas neste trabalho.



Figura 1 - Localização das Terras Indígenas Ivaí (01), nos municípios de Manoel Ribas e Pitanga, e Faxinal (02) no município de Cândido de Abreu, no Estado do Paraná.

3.2 Determinação do perfil de morbidade

Para traçar o perfil de morbidade ambulatorial foram extraídas as três primeiras queixas, referidas durante as consultas médicas, dos prontuários das Unidades Básicas de Saúde (UBS) das duas TI, no período de 2001 a 2004. O tamanho da amostra foi determinado com o auxílio do programa *Epilnfo* (versão 3.3.2) de modo a atingir um nível de confiança de 95% com uma margem de erro de 5%. Dessa forma, a amostra foi de 217 para a TI Faxinal e de 289 para a TI Ivaí, representando um universo de 500 e 1107 prontuários existentes nas UBS das duas TI, respectivamente. Foram obtidas taxas de morbidade por causa, ano, sexo e idade. Os termos registrados foram transcritos exatamente como constavam dos documentos de origem e posteriormente codificados segundo a Classificação Internacional de Doenças (CID-10), agrupados em categorias e por capítulos (OMS, 1994). O processamento dos dados foi efetuado no programa Excel 2000, distribuindo a frequência das variáveis demográficas (sexo e faixa etária) e de morbidade.

3.3 Medidas de controle

Ações de Saneamento: Na TI Faxinal, as ações de saneamento eram representadas pelas melhorias sanitárias residenciais, realizadas pelos governantes a partir de 2003, e pelo tratamento da água iniciado em meados de 2004, três meses antes da realização do 1º Inquérito Coproparasitológico. Na TI Ivaí houve a construção de módulos sanitários em 1996, além da captação e do tratamento da água que se iniciou em 1998 e das melhorias habitacionais em 2004.

Tratamento com Antiparasitários: Após a realização do 1º Inquérito em 2004 e a constatação de elevadas taxas de enteroparasitos, foram propostos o tratamento em massa e a Educação em Saúde para a população local. Os profissionais da UBS providenciaram a aquisição de medicamentos junto à Funasa e, juntamente com os pesquisadores da Universidade Estadual de Maringá (UEM), estabeleceram um “Protocolo para Tratamento das Enteroparasitoses”. Durante o mês de março de 2005 foi realizado tratamento específico das pessoas positivas com a administração oral de metronidazol, tiabendazol e albendazol (NEVES et al., 2005). O tratamento em massa foi feito no restante da população, com repetição do mesmo seis meses depois. As gestantes foram excluídas do tratamento e as crianças com idade abaixo de 2 anos foram tratadas com supervisão médica. A partir de 2006, a cada seis meses, além do tratamento etiológico dos casos diagnosticados, apenas os grupos de riscos para enteroparasitoses (mulheres em idade reprodutiva, crianças em idade pré-escolar e escolar) vêm sendo tratados com o medicamento albendazol 400mg, em dose única, repetido após 15 dias (MONTRESOR et al. 1998). Na TI Ivaí, não foi feito tratamento em massa e somente as pessoas com resultados positivos nos exames foram tratadas.

Educação em Saúde: Com o auxílio de educadores da UEM, iniciaram-se as atividades educativas definindo-se as intervenções mais adequadas a esta população indígena. Realizou-se um projeto de intervenção pedagógica envolvendo três classes do ensino fundamental existentes nas escolas locais. Foi elaborado um caderno bilíngüe de apoio pedagógico, denominado “Educação para Saúde”, com a contribuição decisiva dos estudantes indígenas, com o objetivo de conscientizar e prevenir as parasitoses na comunidade. Ele foi utilizado para a capacitação de professores, agentes indígenas de saúde e de saneamento e monitores da escola indígena, ensinando como trabalhar seu conteúdo junto aos escolares.

3.4 Inquéritos coproparasitológicos

O Inquérito Inicial (1º Inquérito) ocorreu durante os meses de novembro e dezembro de 2004 e os Inquéritos de Monitoramento em outubro e novembro de 2005 (2º Inquérito) e de 2006 (3º Inquérito). O segundo e o terceiro Inquéritos foram realizados para verificar o impacto, nos indicadores de saúde da população, não só das ações de saneamento, mas também do tratamento com antiparasitários e das atividades educativas. Optou-se por amostras não probabilísticas, do tipo amostragem conveniente, uma vez que foram utilizados indivíduos disponíveis da população acessível. Durante os inquéritos eram distribuídos *kits* para coleta das fezes (potinhos plásticos com tampa de rosca rotulados, meia folha de jornal e haste de madeira), 300 na TI Faxinal e 320 na TI Ivaí. Nos cinco dias subseqüentes os pesquisadores visitavam as residências duas vezes no dia (manhã e tarde), recolhendo o material. A confiabilidade dos resultados foi verificada com o auxílio do programa *EpilInfo* (versão 3.3.2), utilizando como parâmetro, para o cálculo da amostra, a freqüência esperada de 93% de enteroparasitos (SCOLARI et al., 2000) e a população de cada TI, obtendo-se assim um nível de confiança que variou de 99 a 99,99% (TI Faxinal) e de 80 a 90% (TI Ivaí). Portanto, a proporção de população amostrada na TI Ivaí não foi suficiente para se obter uma estimativa confiável do parâmetro populacional (prevalência), nos níveis de confiança habitualmente utilizados (95%) em estudos científicos. A adesão à pesquisa foi proporcionalmente menor em Ivaí devido a problemas de ordem política e administrativa, como trocas de dois caciques e de membros da equipe de saúde da UBS e ao fato da amostragem ser conveniente.

Foram realizadas reuniões para explicar o objetivo da pesquisa e a coleta do material com as lideranças locais: cacique, chefe da Fundação Nacional do Índio (Funai), equipe da UBS, professores primários e agentes indígenas. Foram coletadas 750 amostras de fezes e empregadas três técnicas diferentes em amostra única de fezes: (i) método da sedimentação espontânea em água (LUTZ, 1919); (ii) método de centrífugo-flutuação (FAUST et al., 1939); e (iii) método quantitativo de Kato e Katz

(KATZ, CHAVES e PELLEGRINO, 1972). Os exames parasitológicos foram realizados em laboratórios das UBS e da UEM.

Com seus resultados foram determinados os seguintes indicadores: prevalência total de enteroparasitos; prevalência por espécie, sexo e faixa etária; prevalência de poliparasitismo ou multifecção; e intensidade da infecção (carga parasitária) por geohelminthos (*Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* e ancilostomatidae).

3.5 Inquérito ambiental

Dezessete, de um total de 63 domicílios na TI Faxinal, e 21 de um total de 190 domicílios na TI Ivaí foram selecionados aleatoriamente, por sorteio, para terem o solo do peridomicílio analisado. O pátio das duas escolas locais também foi avaliado. Foram coletadas seis amostras de solo em pontos distintos do peridomicílio de cada residência, totalizando 111 amostras em Faxinal e 132 em Ivaí. As coletas foram realizadas de 2005 a 2006, de forma a obter uma quantidade representativa de amostras de solo para as quatro estações do ano. Nas análises parasitológicas do solo, foram utilizadas três técnicas para cada amostra: (1) Método de Baermann modificado (TIYO et al., 2008); (2) Método de Faust et al. (1939); (3) Método de sedimentação em água (LUTZ, 1919).

3.6 Aplicação de instrumento de investigação sanitário-cultural

Foi elaborado um Diagnóstico Sanitário-Cultural com o intuito de avaliar os impactos das ações de saneamento nas duas comunidades. Verificaram-se tanto as ações culturalmente aceitas como as rejeitadas e também se identificou as principais causas de rejeição. Foram entrevistadas as pessoas em 41/63 moradias na TI Faxinal e 69/190 moradias na TI Ivaí, com a ajuda de um auxiliar indígena que fazia a tradução na língua *Kaingáng* quando elas não compreendiam as perguntas. Além do Diagnóstico Sanitário-Cultural, a pesquisa atual gerou um Plano de Gestão em Saneamento e Saúde (PGSS) para as duas comunidades indígenas, o caderno bilíngüe Educação para a Saúde e três dissertações de mestrado, aprovadas pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da UEM, contendo os resultados da pesquisa.

3.7 Análises estatísticas

Os dados foram analisados no programa *BioEstat*, versão 5.0, com nível de significância de 5%, utilizando o teste do qui-quadrado para os dados sumarizados em proporções. Para frequências esperadas menores que cinco, empregou-se o teste exato de Fisher. Para testar a significância da diferença entre médias (número médio de

quartos e de moradores por casa), utilizou-se o teste t-Student. Foi também realizada uma análise multivariada com o objetivo de avaliar associações entre o número de formas parasitárias encontradas no solo em cada domicílio, por um lado, e TI, estação do ano, presença de banheiro, utilização do banheiro, presença de animais e fezes no solo, por outro lado, através do modelo Poisson (DOBSON, 2002).

3.8 Aspectos éticos

O projeto atual recebeu parecer (nº 815/2004) favorável do Comitê Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), Ministério da Saúde, e foram obtidos Termos de Anuência das lideranças locais e do Conselho de Saúde do DSEI das duas TI, concordando com a realização da pesquisa. No momento da distribuição dos *kits* de coleta, um termo de consentimento aprovado pelo CONEP era assinado pelo responsável de cada família. Ao final de cada inquérito coparasitológico seus resultados eram apresentados às autoridades e lideranças reunidas na escola local e os indivíduos positivos eram tratados pela equipe da UBS local.

4. Resultados alcançados frente aos objetivos propostos e discussões

4.1 Perfil de morbidade ambulatorial

Entre 2001 e 2004, na TI Faxinal ocorreram 1744 consultas médicas com 2946 termos registrados, média de oito consultas/prontuário e de 1 a 2 queixas/consulta. Na TI Ivaí foram 3801 consultas e 4660 registros, média de 13 consultas/prontuário e 1,2 queixas/consulta. As consultas apresentaram crescimento até 2003, ano em que se concentraram 34,5% dos registros em prontuários na TI Faxinal e 32,2% na TI Ivaí; em 2004 houve redução com retorno aos valores encontrados em 2002.

Verificou-se predomínio de mulheres nos registros classificados em todos os capítulos, em ambas as TI, com exceção das lesões e envenenamentos, maior nos homens: 58,0% ($p < 0,05$) na TI Faxinal e 61,3% ($p < 0,001$) na TI Ivaí. Quanto à idade, a menor frequência de registros foi constatada entre adultos com 55 anos ou mais. A maior, entre as crianças de zero a nove anos: 70,1% na TI Ivaí e 46,1% na TI Faxinal, cuja diferença proporcional é atribuível aos motivos da consulta. Foi a faixa etária mais acometida por febre e tosse, queixas com alta frequência em ambas as TI e também pelas doenças mais frequentes na TI Ivaí: dores abdominais, diarreias, parasitoses intestinais, escabioses, resfriado e infecções respiratórias agudas (IRA) em geral e impetigo. Na TI Faxinal, as causas mal definidas, as doenças do sistema osteomuscular e tecido

conjuntivo e as consultas de ações programáticas em saúde da mulher desviaram parte dos atendimentos para a idade adulta.

As causas mal definidas foram as mais freqüentes em ambas as TI, embora mais elevadas na TI Faxinal (Tabela 1), principalmente devido à febre e à tosse e, em Ivaí, acrescidas da dor abdominal que apresentou alta freqüência também entre os jovens (Tabelas 2 e 3). As doenças infecciosas e parasitárias (DIP), da pele e tecido subcutâneo e do aparelho digestivo foram proporcionalmente maiores na TI Ivaí. Por outro lado, a TI Faxinal superou a TI Ivaí nas doenças do sistema osteomuscular e tecido conjuntivo, nas lesões e envenenamentos e nos fatores que influenciam o contato com os serviços de saúde, predominantemente pré-natal e exame de colpocitologia oncótica (Tabela 1). A seguir serão apresentadas as principais causas de morbidade em ordem decrescente, por capítulos e localidade, excetuando-se as “causas mal definidas”.

Tabela 1 - Número e proporção de registros em consultas médicas na Unidade Básica de Saúde, segundo principais motivos de consulta. ⁽¹⁾ Terras Indígenas Faxinal e Ivaí - PR, 2001 a 2004.

Capítulos	TI Faxinal		TI Ivaí		Valor de p
	n	%	n	%	
I - Doenças infecciosas parasitárias	256	8,7	1180	25,3	< 0,001
X - Doenças aparelho respiratório	332	11,3	562	12,1	NS
XII - Doenças pele e tecido subcutâneo	54	1,8	424	9,1	< 0,001
XIII - Doenças sistema osteomuscular e tecido conjuntivo	178	6,0	140	3,0	< 0,001
XVIII - Mal definidas	1640	55,7	1854	39,8	< 0,001
XXI - Fatores contato com serviços saúde	234	7,9	204	4,4	< 0,001
Demais Capítulos	252	8,6	296	6,4	
Total	2946	100,0	4660	100,0	

Nota: (1) codificados pela Classificação Internacional de Doenças 10ª Revisão.

Na TI Faxinal a maior proporção entre as queixas definidas foi encontrada nas doenças do aparelho respiratório e, dentre elas, o resfriado comum. A seguir, as doenças infecciosas e parasitárias (DIP), principalmente diarreia e escabiose; enquanto três em cada quatro casos de diarreia ocorreram em menores de cinco anos, a escabiose apresentou-se mais homogênea entre as faixas etárias, inclusive nos adultos. Na sequência, a quase totalidade dos registros classificados no capítulo XXI, predominantemente consultas de pré-natal e exames de colpocitologia oncótica, ocorreram na faixa etária compreendida entre 15 e 54 anos. As Tabelas 2 e 3 apresentam o número e proporção de registros, segundo o motivo das consultas.

Tabela 2 - Número e proporção de registros⁽¹⁾ em consultas médicas na Unidade Básica de Saúde, segundo o motivo da consulta e faixa etária. Terra Indígena Faxinal – PR, 2001 a 2004.

Capítulos e categorias – CID 10	Faixa etária																	
	< 1 ano		1 a 4		5 a 9		10 a 14		15 a 34		35 a 54		≥ 55anos		Total			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
I – Dças infecciosas parasitárias	56	21,9	109	42,6	35	13,7	8	3,1	32	12,5	12	4,7	4	1,6	256	100		
Diarréia	46	24,3	95	50,3	22	11,6	2	1,1	10	5,3	10	2,4	4	1,2	189	100		
Escabiose	9	24,3	8	21,6	9	24,3	1	2,7	9	24,3	1	2,7	0	0	37	100		
Outras	1	3,3	6	20,0	4	13,3	5	16,7	13	43,3	1	3,3	0	0	30	100		
X – Dças ap. respiratório	46	13,9	149	44,9	60	18,1	12	3,6	32	9,6	16	4,8	17	5,1	332	100		
Resfriado comum	46	14,2	147	45,5	59	18,3	11	3,4	32	9,9	16	5	12	3,7	323	100		
Outras	0	0	2	22,2	1	11,1	1	11,1	0	0	0	0	0	0	5	55,6		
XIII – Dças sist. Osteom. Tec. Conjuntivo	0	0	3	1,7	3	1,7	2	1,1	64	36	71	39,9	35	19,7	178	100		
XVIII – Mal definidas	152	9,3	336	20,5	283	17,3	91	5,5	285	17,4	242	14,8	251	15,3	1640	100		
Tosse	98	15,8	179	28,9	116	18,7	24	3,9	71	11,5	44	7,1	88	14,2	620	100		
Febre	40	13,6	105	35,6	76	25,8	20	6,8	27	9,2	17	5,8	10	3,4	295	100		
Outras	14	1,9	52	7,2	91	12,6	47	6,5	187	25,8	181	25,0	153	21,1	725	100		
XXI – Fatores contato com serviços saúde	0	0	0	0	1	0,4	8	3,4	178	76,1	38	16,2	9	3,8	234	100		
Preventivo	0	0	0	0	0	0	0	0	38	66,7	16	28,1	3	5,3	57	100		
Pré-natal	0	0	0	0	0	0	4	3,6	86	78,2	20	18,2	0	0	110	100		
Outros	0	0	0	0	1	1,5	4	6,0	54	80,6	2	3,0	6	9,0	67	100		
Demais Capítulos	21	6,9	43	14,1	60	19,6	24	7,8	91	29,7	38	12,4	29	9,5	306	100		
Total	275	9,3	640	21,7	442	15,0	145	4,9	682	23,2	417	14,2	345	11,7	2946	100		

Nota: (1) codificados nos capítulos e categorias de três caracteres da Classificação Internacional de Doenças 10^a Revisão.

Tabela 3 - Número e proporção de registros⁽¹⁾ em consultas médicas na Unidade Básica de Saúde, segundo motivo da consulta e faixa etária. Terra Indígena Ivaí – PR, 2001 a 2004.

Capítulos e categorias – CID 10	Faixa etária														Total	
	< 1 ano		1 a 4		5 a 9		10 a 14		15 a 34		35 a 54		≥ 55anos		n	%
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
I - Dças infecciosas parasitárias	241	20,4	635	53,8	147	12,5	39	3,3	75	6,4	18	1,5	25	2,1	1180	100
Diarréia	135	17,3	508	65	69	8,8	26	3,3	25	3,2	4	0,5	14	1,8	781	100
Parasitose intestinal	5	2,6	66	34,4	60	31,3	10	5,2	38	19,8	9	4,7	4	2,1	192	100
Escabiose	87	51,2	46	27,1	16	9,4	3	1,8	7	4,1	4	2,4	7	4,1	170	100
Outras	14	37,8	15	40,5	2	5,4	0	0	5	13,5	1	2,7	0	0	37	100
X - Dças ap. respiratório	130	23,1	181	32,2	100	17,8	21	3,7	50	8,9	24	4,3	56	10	562	100
Resfriado comum	68	30	56	24,7	23	10,1	10	4,4	32	14,1	13	5,7	25	11	227	100
IRA	47	18,6	111	43,9	72	28,5	9	3,6	9	3,6	2	0,8	3	1,2	253	100
Outras	15	18,3	14	17,1	5	6,1	2	2,4	9	11,0	9	11,0	28	34,1	82	100
XII - Dças pele e tecido subcutâneo	138	32,5	169	39,9	77	18,2	17	4	16	3,8	3	0,7	4	0,9	424	100
Impetigo	117	31,7	152	41,2	74	20,1	13	3,5	10	2,7	2	0,5	1	0,3	369	100
Outras	21	38,2	17,0	30,9	3,0	5,5	4,0	7,3	6,0	10,9	1,0	1,8	3,0	5,5	55	100
XVIII – Mal definidas	409	22,1	691	37,3	210	11,3	78	4,2	237	12,8	62	3,3	167	9	1854	100
Tosse	345	29,4	521	44,3	117	10	31	2,6	77	6,6	19	1,6	65	5,5	1175	100
Dor abdominal	9	5,2	23	13,3	31	17,9	20	11,6	59	34,1	13	7,5	18	10,4	173	100
Febre	25	23,1	55	50,9	17	15,7	4	3,7	6	5,6	0	0	1	0,9	108	100
Outras	30	7,5	92	23,1	45	11,3	23	5,8	95	23,9	30	7,5	83	20,9	398	100
XXI - Fatores contato com serviços saúde	1	0,5	1	0,5	0	0	11	5,4	179	87,7	12	5,9	0	0	204	100
Preventivo	0	0	0	0	0	0	0	0	21	91,3	2	8,7	0	0	23	100
Exame das mamas	0	0	0	0	0	0	0	0	10	83,3	2	16,7	0	0	12	100
Pré-natal	0	0	0	0	0	0	7	4,5	141	90,4	8	5,1	0	0	156	100
Outras	1	7,7	1	7,7	0	0	4	30,8	7	53,8	0	0	0	0	13	100
Demais Capítulos	33	7,6	72	16,5	30	6,9	33	7,6	137	31,4	50	11,5	81	18,6	436	100
Total	952	20,4	1749	37,5	564	12,1	199	4,3	694	14,9	169	3,6	333	7,2	4660	100

Nota: (1) codificados nos capítulos e categorias de três caracteres da Classificação Internacional de Doenças 10ª Revisão.

Na Tabela 2 podem-se observar as doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo, onde, 3/4 delas acometeram indivíduos entre 15 e 54 anos. Entre as causas de morbidade registradas em menor proporção, destacam-se as lesões e envenenamentos (contusões, ferimentos, entorses) e as doenças do aparelho geniturinário (inflamações pélvicas e alterações na menstruação). Houve registro de um residente (homem de 66 anos) com hipertensão e não houve registro de diabetes.

Na TI Ivaí as DIP, cujas principais categorias foram diarreia, parasitose intestinal e escabiose, apresentaram-se em primeiro lugar. Dentre as doenças do aparelho respiratório, destacaram-se o resfriado e as IRA. As doenças da pele e do tecido subcutâneo foram representadas principalmente pelo impetigo. No capítulo XXI, a quase totalidade dos registros pertencia à faixa etária de 15 a 54 anos e, além das categorias pré-natal e colpocitológico, encontrou-se o exame das mamas (Tabela 3).

Dentre os registros em menor proporção destacaram-se as doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo (dorsalgias e transtornos articulares) e as lesões e envenenamentos (contusões e ferimentos). Foram encontradas ainda quatro crianças

(1 a 2 anos) e uma jovem (26 anos) com desnutrição protéico-calórica e um registro de acidente vascular cerebral (mulher de 72 anos). Não houve registro de diabetes.

4.2 Prevalência e intensidade das infecções por enteroparasitos na TI Faxinal

1- Caracterização das amostras: nesta TI, 250, 147 e 126 recipientes retornaram com a amostra de fezes, respectivamente no 1º, 2º e 3º inquéritos, caracterizando menor adesão aos dois últimos e perda amostral significativa ($p=0,000$). Ainda assim, o tamanho de cada amostra foi adequado e sua composição por sexo e idade, não diferiu entre os inquéritos, nem em relação à população original. Os maiores percentuais de pessoas examinadas se encontravam na faixa escolar (de 5 a 19 anos), acompanhada da faixa etária ≥ 20 anos.

2- Prevalência total de enteroparasitos: Do total de amostras de fezes examinadas durante o 1º, 2º e 3º inquéritos, 229 (91,6%), 139 (94,6%) e 110 (87,3%) apresentavam, respectivamente, alguma espécie de helminto ou protozoário intestinal. A Tabela 4 apresenta a evolução da prevalência do enteroparasito na TI Faxinal.

Tabela 4 - Evolução da prevalência (%) total e por espécie de enteroparasito na Terra Indígena Faxinal. Estado do Paraná, de 2004 a 2006.

Espécie	2004	2005	2006	p
N	250	147	126	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	63,2	56,5	34,1	< 0,001
<i>Entamoeba coli</i>	58,0	66,0	65,8	NS
<i>Endolimax nana</i>	31,6	40,1	34,9	NS
<i>Iodamoeba butschlii</i>	26,4	22,4	22,2	NS
Ancilostomídeos	16,0	6,1	0,8	< 0,001
<i>Trichuris trichiura</i> *	16,0	22,4	29,4	0,055
<i>Hymenolepis nana</i>	12,8	21,1	31,7	< 0,001
<i>Giardia lamblia</i>	11,2	3,4	10,3	NS
<i>Entamoeba histolytica/ E. dispar</i>	4,4	6,8	2,4	NS
<i>Strongyloides stercoralis</i>	3,2	0,0	0,0	NS
<i>Enterobius vermicularis</i>	2,0	0,0	0,0	NS
<i>Trichuris vulpis</i>	0,8	0,0	0,0	NS
<i>Toxocara sp.</i>	0,4	2,0	0,0	NS
<i>Taenia sp.</i>	0,4	1,4	0,0	NS
Total**	91,6	94,6	87,3	NS

N = tamanho da amostra; NS = não significativo; **T. trichiura* 2004 X 2006 p = 0,010; **Prevalência total 2005 X 2006 p = 0,057;

3- *Prevalência por espécie de enteroparasito*: No Inquérito Inicial foram encontradas 14 espécies de protozoários e helmintos intestinais (Tabela 4). *Strongyloides stercoralis*, *Enterobius vermicularis* e *Trichuris vulpis* somente foram detectados no 1º Inquérito e a *Taenia sp.* e *Toxocara sp.* não foram encontrados durante o 3º Inquérito. Ovos de parasitos de animais foram encontrados nas fezes de seis pessoas durante o 1º e 2º Inquéritos.

4- *Prevalência de enteroparasitos por faixa etária*: Não foi observada associação estatística entre a prevalência de enteroparasitos e sexo. Contudo, durante o Inquérito Inicial, a prevalência total variou de acordo com a idade (p=0,005) (vide Tabela 5). As crianças foram as mais acometidas por *A. lumbricoides* e ancilostomídeos (10 a 14

anos) e por *H. nana* e *G. lamblia* (0 a 4 anos). As maiores prevalências de amebas ocorreram nas idades ≥ 20 anos. No 2º Inquérito, apenas a prevalência de *H. nana* variou ($p < 0,005$) segundo a faixa etária e as crianças de 1 e 4 anos foram as mais acometidas.

5- *Prevalência de poliparasitismo*: As prevalências totais e por faixa etária de poliparasitismo na TI Faxinal não variaram significativamente e 74,0% (2004), 72,1% (2005) e 68,3% (2006) dos indivíduos apresentaram multifecção.

Tabela 5 - Prevalência (%) total e por espécie de enteroparasito por faixa etária na Terra Indígena Faxinal. Estado do Paraná, 2004.

Espécie	Faixa etária (em anos)					p
	0 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19	≥ 20	
N	(51)	(42)	(30)	(27)	(100)	-
Al	49,0	66,7	83,3	70,4	60,2	< 0,001
Ec	37,3	64,3	56,7	59,3	67,0	< 0,001
Hn	27,5	19,0	3,3	11,1	4,5	< 0,001
Gl	25,5	14,3	10,0	11,1	2,3	< 0,001
En	15,7	33,3	33,3	48,1	34,1	< 0,001
lb	11,8	19,0	23,3	18,5	42,0	< 0,001
Tt	9,8	23,8	16,7	33,3	10,2	NS
Anc	3,9	19,0	30,0	18,5	14,8	0,002
Ehd	0,0	2,4	3,3	3,7	6,8	0,005
Ss	3,9	2,4	10,0	3,7	1,1	NS
Ev	0,0	4,8	3,3	0,0	2,3	-
Tv	0,0	2,4	0,0	0,0	1,1	-
To	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	-
Ta	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	-
Total	74,5	90,5	93,3	88,9	74,0	0,005

N = tamanho da amostra; Al: *A. lumbricoides*; Tt: *T. trichiura*; Anc: Ancilostomídeos; Hn: *H. nana*; Gl: *G. lamblia*; Ehd: *E. histolytica*/*E. dispar*; Ss: *S. stercoralis*; Ev: *E. vermicularis*; Tv: *T. vulpis*; To: *Toxocara* sp.; Ta: *Taenia* sp.; Ec: *E. coli*; En: *E. nana*; lb: *I. butschlii*. NS = não significativo;

6- *Intensidade das infecções por geelmintos*: A intensidade da infecção por *A. lumbricoides* variou, sendo a infecção moderada a mais prevalente no 1º Inquérito e a de baixa intensidade nos inquéritos subsequentes (vide Tabela 6). Para *T. trichiura*, não foi observada carga parasitária alta e apenas 0,9% de carga moderada em 2006.

Tabela 6 - Intensidade de infecção por geelmintos na população da Terra Indígena Faxinal. Estado do Paraná, de 2004 a 2006.

Variáveis	2004	2005	2006	p**
N	250	139	112	
<i>A. lumbricoides</i>				
Intensidade de infecção (%)				
Baixa (1-4999 opg*)	22,8	30,9	18,8	NS
Moderada (5000-49 999 opg)	24,8	19,4	8,0	< 0,01
Alta (≥ 50 000 opg)	0,4	0,7	1,8	NS
<i>T. trichiura</i>				
Intensidade de infecção (%)				
Baixa (1-999 opg)	11,6	15,1	26,8	0,01
Moderada (1000-9999 opg)	0,0	0,0	0,9	NS
Alta (≥ 10 000 opg)	0,0	0,0	0,0	-

* Ovos por grama de fezes

** Comparação entre os anos das diferentes intensidades de infecção

7- *Comparações entre os três inquéritos*: A prevalência total na TI Faxinal não variou de modo significativo no período estudado (Tabela 4). Houve apenas redução marginalmente significativa ($p=0,057$) entre o 2º e 3º Inquérito, na comparação dois a dois. Observaram-se variações significativas para quatro helmintos: as prevalências de *A. lumbricoides* e ancilostomídeos diminuíram ($p<0,001$) e as de *T. trichiura* ($p=0,010$) e *H. nana* ($p<0,001$) aumentaram. A infecção de alta intensidade por *A. lumbricoides* manteve-se com taxas sempre inferiores a 2%.

4.3 Prevalência e intensidade das infecções por enteroparasitos na TI Ivaí

1- *Caracterização das amostras*: Durante o 1º, 2º e 3º inquéritos nesta TI, 107, 63 e 57 recipientes, respectivamente, retornaram com a amostra de fezes, caracterizando uma baixa adesão da população aos inquéritos. Os maiores percentuais de pessoas examinadas também eram da faixa de 5 a 19 anos, acompanhada da faixa etária ≥ 20 anos.

2- *Prevalência total de enteroparasitos*: Do total de amostras de fezes examinadas durante o 1º, 2º e 3º inquéritos, 93 (86,92%), 58 (92,1%) e 54 (94,7%) apresentavam, respectivamente, alguma espécie de helminto ou protozoário intestinal.

3- *Prevalência por espécie de enteroparasito*: Foram encontradas 11, 12 e 9 espécies de parasitos na população da TI Ivaí durante o 1º, 2º e 3º inquéritos, respectivamente: *A. lumbricoides* (54,2, 65,1 e 64,9%), *E. coli* (60,7, 46,0 e 57,9%), *E. nana* (31,8, 27,0 e 28,1%), *T. trichiura* (21,5, 23,8 e 42,1%), *I. butschlii* (20,6, 9,5 e 8,8%), *G. lamblia* (10,3, 9,5 e 19,3%), *H. nana* (7,5, 17,5 e 35,1%), ancilostomídeos (3,7, 12,7 e 12,3%), *E. histolytica/E. dispar* (2,8, 4,8 e 0,0%), *Taenia sp.* (2,8, 1,6 e 7,0%), *S. stercoralis* (1,9, 1,6 e 0,0%) e *Sarcocystis sp.* (0,0, 1,6 e 0,0%).

4- *Prevalência de enteroparasitos por faixa etária*: Durante o 1º Inquérito a prevalência de enteroparasitos variou e as maiores taxas ocorreram na faixa escolar. As maiores prevalências de *A. lumbricoides* (80,0%) e *G. lamblia* (30,0%) ocorreram na faixa de 5 a 9 anos e de *E. histolytica/E. dispar* (12,5%) na faixa de 15-19 anos.

5- *Prevalência de poliparasitismo*: A prevalência de poliparasitismo apresentou aumento no período, atingindo cerca de 60% dos indivíduos em 2006.

6- *Intensidade das infecções por geohelminthos*: A infecção por *A. lumbricoides* de moderada intensidade foi mais prevalente, atingido cerca de 1/3 das pessoas da TI Ivaí. O percentual de pessoas com carga parasitária alta variou: 1,9% (2004), 8,8% (2005) e 11,3% (2006). Para *T. trichiura*, não foram observadas cargas parasitárias altas, predominando infecções de baixa intensidade.

4.4 Análises parasitológicas do solo

As prevalências de amostras de solo contaminadas com parasitos de humanos ou de animais com potencial zoonótico foram 75,7% e 96,2% em Faxinal e Ivaí, respectivamente, conforme mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Prevalência total por taxa (espécie, gênero, família e superfamília), de amostras de solo peridomiciliar contaminadas com formas parasitárias^a nas Terras Indígenas Faxinal e Ivaí, no Estado do Paraná, março de 2005 a outubro de 2006.

	Faxinal	Ivaí	valor de p
Taxa	n (111)	n (132)	
Protozoários			
<i>Isospora spp.</i>	44.1	72.0	0.025

	Faxinal	Ivaí	valor de p
<i>Entamoeba</i> spp.	22.5	49.2	0.003
<i>Endolimax nana</i>	9.0	21.2	0.025
<i>Giardia</i> spp.	6.3	1.5	NS ^b
<i>Eimeria</i> spp.	4.5	3.0	NS
Coccidian oocyst	0.0	2.3	-
<i>Toxoplasma</i> -like	0.0	1.5	-
<i>Chilomastix</i> spp.	0.9	0.0	-
<i>Sarcocystis</i> spp.	0.0	0.8	-
<i>Blastocystis</i> spp.	0.0	0.8	-
Helmintos			
<i>Ascaris</i> spp.	52.3	67.4	NS
<i>Toxocara</i> spp.	28.8	42.4	NS
<i>Trichuris</i> spp.	5.4	11.4	NS
Ancylostomatoidea (ovo)	9.0	6.8	NS
Trichostrongyloidea	1.8	5.3	NS
Ancylostomatidae (larva)	0.0	3.0	-
<i>Taenia</i> spp.	2.7	1.5	NS
<i>Strongyloides</i> spp. (larva)	0.9	1.5	NS
<i>Hymelonepis nana</i>	0.9	0.0	-
<i>Toxascaris</i> spp.	0.9	0.8	-
Oxyuroidea	0.0	0.8	-
Prevalência total	75.7	96.2	NS

^a Cistos, oocistos, ovos e larvas; ^b NS: Não significativo.

As formas parasitárias mais encontradas foram: ovos de *Ascaris* spp., *Toxocara* spp. e *Trichuris* spp.; oocistos de *Isospora* spp.; cistos de *Entamoeba* spp. e *Endolimax nana*, com diferenças significativas entre as TI na prevalência dos três protozoários. O número total médio de formas parasitárias por peridomicílio em Faxinal (151,3) e Ivaí (134,7) não foi significativamente diferente. A maioria das formas parasitárias apresentou valores mais elevados em Ivaí, especialmente o número médio de ovos de *Ascaris* spp. por domicílio (11,7 em Faxinal e 68,9 em Ivaí - $p=0,002$).

Houve uma redução ($p<0,001$) do número médio de formas parasitárias no solo durante o verão e um aumento no outono ($p=0,005$) e no inverno ($p<0,001$). O número médio de formas parasitárias no solo aumentou ($p<0,001$) com a posse de banheiro e a presença de fezes, diminuiu com o uso do banheiro, mas não significativamente, e não se alterou com o fato dos moradores possuírem animais.

4.5 Diagnóstico sanitário-cultural

As respostas mais representativas, obtidas com a aplicação do questionário junto às populações indígenas, são apresentadas a seguir. Perguntou-se aos moradores da TI Faxinal se eles tinham banheiro na sua casa. Constatou-se que 74% das moradias possuíam banheiros e as causas da sua não utilização eram: entupimento dos vasos, mau cheiro devido à falta de forração do banheiro ou da casa, quebra das descargas, falta de água e falta de manutenção das fossas. Verificou-se que algumas fossas estavam cheias e na época de chuva transbordavam. Então se perguntou se alguma vez o caminhão limpa-fossa tinha estado na aldeia e 100% responderam que nunca tiveram limpeza das fossas. Perguntados como faziam a higiene antes da construção dos banheiros, 90% responderam que faziam suas necessidades no mato e 10% já tinham banheiro construído por eles mesmos. Do total de entrevistados, 98% responderam que achava bom ou muito bom ter banheiro em casa, pelas comodidades que trazia para a família, e 2% disseram não gostar de banheiro por não terem se acostumado a utilizá-lo.

A maioria dos entrevistados da TI Ivaí que não possuía módulo sanitário dizia que gostaria muito de ter banheiro em casa e perguntava se outros iam ser construídos. Em geral, a comunidade gosta e sente falta de banheiros nas moradias e 80% possuíam banheiro. Entretanto, 56% dos módulos sanitários desta TI não estavam funcionando, na maioria dos casos por entupimento dos vasos, quebra das descargas e falta de água, evidenciando a falta de manutenção das instalações sanitárias. Os banheiros são utilizados em 49% dos casos para tomar e dar banho nas crianças, defecar, lavar as mãos e escovar os dentes. Os entrevistados que não usam o banheiro para defecar, não o fazem devido ao seu não funcionamento e a falta de materiais para limpeza, de água e, em alguns casos, de costume de defecar no vaso. Há também 23% de entrevistados que não utilizam o banheiro por estar sem água há meses. O principal motivo pelo qual eles não possuem papel higiênico é a falta de dinheiro para comprar, no lugar do papel eles utilizam folhas, pedaços de taquara, entre outros.

A grande maioria dos entrevistados, 95% em Faxinal e 90% no Ivaí, respondeu ter água tratada em suas moradias. Os 5% e 10% que não possuíam, são os habitantes de moradias tradicionais feitas de madeira conhecidas como “wãre”. Nos dois casos os entrevistados disseram que gostariam de ter água tratada em casa uma vez que esta fica mais perto e não precisaria ir longe para pegar água para uso doméstico. Quase 100% tinham o hábito de tomar água da torneira, 97% (TI Faxinal) e 98% (TI Ivaí) dos moradores. Os poucos que não tinham o hábito, não gostavam do gosto e do cheiro da água tratada. Mesmo as famílias da TI Ivaí que no momento da pesquisa estavam há dois meses sem água nas torneiras, por motivos de manutenção da rede, tomavam água nos vizinhos. A maioria dos entrevistados de ambas TI preferia tomar água de mina

por ser mais fresca, gostosa e sair pura da terra, e cerca de 1/3 gostava mais da água tratada, por ser mais perto da casa, mais gostosa, por ser tratada e não ter micróbios.

A implementação do serviço de saúde exclusivo para os residentes nas TI Faxinal e Ivaí a partir de 2000 pode ter levado ao crescimento do número de consultas médicas, pois a própria oferta de serviços gera demanda (PEREIRA, 1995). A análise de série histórica maior, bem como a realização de estudos qualitativos da demanda, seria necessária para confirmar a tendência e seus motivos. Algumas possibilidades para o retorno do número de consultas, em 2004, aos patamares de 2002, seriam: redução de agravos na população ou irregularidade na oferta de profissionais; redução de termos utilizados ou de queixas classificadas como mal definidas no momento da consulta, devido à apropriação pelos moradores dos termos utilizados pelos profissionais de saúde para definir suas queixas. Além disso, “a sociedade *Kaingáng* se divide em grupos que disputam o poder interno e os bens materiais distribuídos pelos órgãos dos governos” (MOTA, 2003). Sendo assim, o grupo não ligado ao governo local evitaria freqüentar um equipamento do poder público (UBS) durante as eleições municipais de 2004, o que teria a conotação indesejável de apoio ao outro grupo político.

O sexo feminino e os grupos etários extremos (crianças e idosos) são determinantes para a utilização dos serviços de saúde (PEREIRA, 1995). Os resultados encontrados concordam com a literatura quanto às mulheres e crianças, porém, foram inesperados quanto aos idosos, semelhantemente aos verificados entre os *Kaingáng* da TI Chapecó em Santa Catarina (DIEHL, 2001) e os *Xavante* no Mato Grosso (MT) (LUNARDI, SANTOS e COIMBRA JR, 2007). Pode-se considerar para tal fato que a oferta de consultas relativas aos programas de saúde da mulher alcança parte desta faixa etária, por motivos biológicos ou culturais, e que, por outro lado, foram raros os registros de doenças crônicas, as quais elevam a freqüência de consultas médicas nesta idade. Além disso, várias queixas podem ser resolvidas com tratamentos tradicionais, geralmente preservados entre os idosos. A presença de vários curadores (*kuiã*) na aldeia significa que muitas famílias se utilizam de seus serviços.

A elevada mortalidade por causas mal definidas detectada entre os povos indígenas do Brasil foi atribuída à baixa cobertura e à baixa resolutividade dos serviços disponíveis (SANTOS e COIMBRA JR, 2003). Na morbidade ambulatorial existe elevada quantidade de problemas pouco específicos (CÉSAR et al., 2001). Junte-se a isto, a dificuldade de comunicação de alguns índios que necessitaram da ajuda do agente indígena de saúde para a consulta médica e também a existência de registros médicos incompletos. A observação *in loco* dos registros permite afirmar que os prontuários da TI Ivaí apresentavam melhor qualidade de registro e melhor definição de diagnóstico, o que explicaria o menor percentual de causas mal definidas.

As demais causas são semelhantes às relatadas para a população indígena brasileira em geral (ESCOBAR e COIMBRA JR, 1998; DIEHL, 2001; BRASIL, 2002; SANTOS

e COIMBRA JR, 2003; BRASIL, 2004; BARUZZI, 2005; MONTENEGRO e STEPHENS, 2006). A proporção de DIP na TI Ivaí insere-a em contexto característico de outros povos indígenas e dos segmentos mais pobres da população brasileira (DIEHL, 2001). Dados obtidos com as entrevistas mostraram que, embora cerca de 3/4 dos moradores das TI tivessem banheiros, 24% deles na TI Faxinal e 56% na TI Ivaí não estavam funcionando. Cerca de 90% dos entrevistados tinha água tratada em suas moradias, no entanto, relataram ainda consumir águas de rios e minas.

Assim como foi observada a diminuição das gastroenterites no Parque Indígena do Xingu (MT) após a perfuração de poços artesianos (BARUZZI, 2005), nas TI Faxinal e Ivaí há relatos de profissionais de saúde sobre a diminuição de diarreias após a implantação do tratamento da água (MOTA, 2003). Mas, se por um lado, o número elevado de DIP na TI Ivaí reflete as precárias condições sanitárias, por outro lado apresenta questões culturais que precisam ser consideradas pelos profissionais de saúde. Como exemplo, a utilização da mina de “água santa” de importância simbólica para os *Kaingáng* que consideram possuir poder mágico-curativo, mesmo sabendo que está contaminada (MOTA, 2003). Garnello e Sampaio (2005) reconhecem que “a distritalização propiciou uma interação mais respeitosa entre o Estado brasileiro e as minorias étnicas”, mas reafirmam a baixa sensibilidade dos serviços de saúde às especificidades culturais do contexto onde estão inseridos.

Os motivos classificados no capítulo XXI destacam-se como ponto positivo, pela proporção de consultas de caráter preventivo. Por um lado, exames de detecção precoce do câncer de colo uterino são avanços na saúde da mulher indígena, por outro, mostra a necessidade de elevar a cobertura dos exames citopatológicos nesta população.

Os Inquéritos coproparasitológicos realizados com a população das TI Faxinal e Ivaí, assim como outros em diversas populações indígenas do Brasil, detectaram prevalências elevadas de enteroparasitos (86,9% - 94,5%) e grande variedade de espécies (15), refletindo uma infra-estrutura sanitária precária nas TI (COIMBRA JR e SANTOS 1991; MIRANDA, XAVIER e MENEZES, 1998; SCOLARI et al., 2000; VIEIRA, SANTOS e COIMBRA JR, 2005). Tais achados são compatíveis com o perfil de morbidade detectado nessas aldeias, embora poucos registros de parasitoses intestinais tenham ocorrido nos prontuários médicos da TI Faxinal, o que reforça a observação a respeito da sua qualidade.

Durante o 1º Inquérito, entre as espécies mais prevalentes encontram-se, em ordem decrescente, os helmintos *A. lumbricoides*, *T. trichiura*, ancilostomídeos e *H. nana* e os protozoários *E. coli*, *E. nana*, *I. butschlii* e *G. lamblia*. Estes dados estão de acordo com a ampla maioria dos estudos com populações indígenas que evidenciou a presença dessas espécies exceto *H. nana* (VIEIRA, SANTOS e COIMBRA JR, 2005). Além dos *Kaingáng* do Paraná, onde as taxas de *H. nana* variaram de 12,8 a 31,7%, este

helminto foi prevalente entre os *Suruí* de Rondônia (19,4%) (COIMBRA JR e MELLO, 1981) e os *Yawalapiti* no Mato Grosso (26,1%) (FERREIRA et al., 1991). Como os ovos de *H. nana* são pouco resistentes ao meio externo, a transmissão da himenolepíase ocorre geralmente no ambiente intradomiciliar. Aspectos culturais dos *Kaingáng*, como o elevado número de moradores (6) e o baixo número de quartos (< 2) por casa, além de precárias condições de higiene, podem ter contribuído com estes resultados.

Apesar da realidade das aldeias amazônicas ser bastante distinta das aldeias da região sul do Brasil, as altas prevalências de *A. lumbricoides* entre os *Kaingáng* estudados são semelhantes às observadas em outras comunidades indígenas. A prevalência de *T. trichiura* (16,0 a 29,4%) mostrou-se mais elevada que as registradas na maioria das populações indígenas (VIEIRA, SANTOS e COIMBRA JR, 2005) e nos escolares *Kaingáng* da TI Queimadas no Paraná, nos quais foi observada uma prevalência de 2,0% (SCOLARI et al., 2000). Entretanto, taxas elevadas deste helminto foram registradas em diferentes etnias do Amazonas (43,3% a 91%) (KNIGHT e PRATA, 1972; VIEIRA, SANTOS e COIMBRA JR, 2005).

As amebas *E. coli*, *E. nana* e *I. butschlii*, as quais ocorreram em taxas que variaram de 22,2 a 66,0%, podem estar associadas com diarreia em crianças quando ocorrem em alta prevalência e intensidade (GRACZYK et al., 2005). Já *G. lamblia* apresentou uma prevalência oscilante no período, provavelmente devido ao tratamento descontinuado com metronidazol, à ocorrência de reinfecções em crianças e à concentração de cloro usualmente utilizada no tratamento da água ser insuficiente para destruir todos os cistos.

Outras espécies de enteroparasitos ocorreram em prevalências abaixo de 7% e podem estar subestimadas devido às técnicas utilizadas para o diagnóstico. Baixas prevalências (2,0 - 4,9%) de *E. histolytica*/*E. dispar* têm sido registradas em etnias das regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e após tratamento em massa. Altas prevalências deste parasito (36,7 - 82,4%) foram registradas em etnias das regiões Nordeste e Norte (MIRANDA, XAVIER e MENEZES, 1998; FONTBONNE et al., 2001; VIEIRA, SANTOS e COIMBRA JR, 2005).

No estudo atual, seis amostras de fezes apresentaram ovos morfológicamente semelhantes aos de *Toxocara* sp., parasito de cães e gatos, e de *T. vulpis*, parasito usual de cães. Para se verificar se as fezes examinadas eram realmente de humanos, uma análise criteriosa dos resultados mostrou que, além de parasitos de animais, foram encontrados também parasitos de humanos em todas as seis amostras e em maior proporção, sugerindo que possivelmente ocorreu a defecação no solo do peridomicílio e a contaminação involuntária da amostra com fezes de animais. Entretanto, é possível a ocorrência de infecção cruzada e ovos de *Capillaria* sp. (parasito usual de roedores) e *Balantidium coli* (parasito de suínos) já foram observados em populações indígenas brasileiras (COIMBRA JR e MELLO, 1981; COIMBRA JR e SANTOS, 1991). Neste tra-

balho, embora a taxa de indivíduos apresentando multinfecção não tenha reduzido significativamente, o poliparasitismo não chega a representar a regra entre os *Kaingáng* estudados.

A inexistência de inquéritos anteriores com esta população dificulta o monitoramento do impacto das medidas de controle que vêm sendo implantadas. Com relação à intensidade de infecção por geelmintos, em 1998 quando ainda não existia saneamento, um inquérito realizado em escolares da TI Queimadas, no Paraná, registrou taxas superiores às encontradas na pesquisa atual (SCOLARI et al., 2000). A prevalência de infecções de alta intensidade na TI Faxinal sempre esteve baixa (variou de 0,4% e 1,8%) durante o período de estudo, o que pode ser um impacto positivo das ações de saneamento, uma vez que em 2004 ainda não tinha sido realizado o tratamento em massa. Por outro lado, ela chegou a superar a casa dos 10% na TI Ivaí, no 3º inquérito em 2006, refletindo a falta de manutenção das instalações sanitárias e de tratamento com antiparasitários nesta comunidade (MONTRESOR et al. 1998; MONTRESOR et al. 1999).

Entre os indicadores parasitológicos, a carga parasitária é a primeira a sofrer o impacto das melhorias sanitárias em uma comunidade (MONTRESOR et al. 1998). Os resultados dos três inquéritos mostraram que, apesar da prevalência total de enteroparasitos manter-se elevada (> 50%), a intensidade das infecções manteve-se baixa em Faxinal e moderada em Ivaí. Estas comunidades, portanto, são classificadas no nível II (Faxinal) e I (Ivaí) da OMS que recomenda para o controle das geelmintoses, além das melhorias sanitárias e da Educação em Saúde, tratamento dos grupos de risco (nível II) ou tratamento em massa de toda a população (nível I) (MONTRESOR et al. 1999).

O aumento nas prevalências de *H. nana* e *T. trichiura* sugere que essas espécies podem estar ocupando os nichos vazios, devido à redução da prevalência de *A. lumbricoides* e ancilostomídeos na TI Faxinal. Por outro lado, a eficácia do albendazol na cura de pacientes com tricuriase tem sido muito baixa, provavelmente devido à localização diferenciada do verme que vive mergulhado na mucosa do intestino grosso e reto, dificultando o acesso da medicação (NEVES et al., 2005). As modificações na estrutura habitacional, paradoxalmente, podem ter contribuído com o aumento na prevalência de himenolepíase que, juntamente com a permanência das condições precárias de higiene, favoreceriam sua transmissão intradomiciliar.

Dois inquéritos coparasitológicos realizados em uma aldeia indígena *Parakanã*, Estado do Pará, Amazônia Oriental Brasileira, mostraram que apesar do aumento na prevalência total entre o primeiro e segundo inquérito, houve diminuição nas prevalências de algumas espécies, mostrando que medidas de atenção primária e secundária e administração em massa de anti-helmínticos podem contribuir para a diminuição da prevalência (MIRANDA, XAVIER e MENEZES, 1998). A prevalência de *A. lumbricoides*, *T. trichiura*, ancilostomídeos e poliparasitismo na população de um

município do Amazonas, descendente de indígenas *Tukano* e *Aruak*, também reduziu significativamente um ano após tratamento em massa com albendazol e mebendazol de 83% da população (BÓIA et al., 2006).

Comparando as condições de moradia e higiene verifica-se que mais de 90% das residências possuía e utilizava água tratada, entretanto, 1/4 delas na TI Faxinal ainda não tinha instalações sanitárias e um número elevado de banheiros estava quebrado em ambas TI. Outros dados que indicam melhora nas condições de higiene e podem ser um reflexo das atividades educativas são a redução significativa nas taxas de entrevistados que afirmaram ainda consumir água de rios e minas, de cerca 90% (2004) para cerca de 50% (2006) e a taxa de famílias (100%) que afirmaram ter tomado o antiparasitário.

O inquérito ambiental revelou altos níveis de contaminação do solo por parasitos de humanos ou de animais com potencial zoonótico em ambas as aldeias *Kaingáng*. A análise do solo de aldeias da etnia *Mbyá-Guarani* na Província de Misiones, Argentina, mostrou uma menor prevalência (41,8%) de amostras contaminadas por enteroparasitos (NAVONE et al., 2006). Além dos hábitos de higiene e do sedentarismo, a maior densidade populacional das aldeias *Kaingáng* pode ter contribuído para o elevado número de amostras de solo contaminadas. Os resultados da análise dos solos dessas aldeias mostram uma relação com os dados obtidos a partir de exames de fezes dos residentes. Praticamente todos os enteroparasitos encontrados nas fezes foram também observados no solo, sugerindo que a população local, ou parte dela, continua a defecar no chão e confirmando que parte das formas parasitárias encontradas no solo veio de hospedeiros humanos.

Prevalências elevadas de amostras de solo contaminadas foram observadas nas quatro estações do ano, entretanto, o número total de formas parasitárias foi significativamente influenciado pela sazonalidade, diminuindo no verão e aumentando no outono e inverno. Situação semelhante à observada no solo de áreas urbanas, onde foram encontradas mais formas parasitárias durante o inverno (TIYO et al., 2008). Um resultado surpreendente mostrou que a presença de banheiro estava significativamente relacionada a um maior número de formas parasitárias no solo peridomiciliar. Assim, embora a maioria dos moradores declarasse usar o banheiro, na prática, parte deles não o faz, ou porque não sabem como ou porque alguns dos banheiros estão quebrados. Como apontou o diagnóstico sanitário-cultural, 26% (em Faxinal) e 56% (em Ivaí) deles não estavam funcionando. Estes dados, juntamente com uma maior carga parasitária na TI Ivaí, podem ter influenciado as prevalências de *Isospora* spp. e *Entamoeba* spp. e o número médio de ovos de *Ascaris* spp. no solo, que foram significativamente mais elevados nesta TI. A contaminação do solo também aumentava significativamente com a presença de fezes no peridomicílio, embora não tenha sido influenciada pela posse de animais, que são criados soltos e podem freqüentar diferentes peridomicílios.

5. Conclusões

Os resultados apontam para a necessidade de manutenção das melhorias sanitárias e de incremento das atividades preventivas na população estudada não apenas para reduzir a morbidade existente, mas para prevenir aquela que está por vir, como as doenças crônicas não transmissíveis. A inserção das instituições de ensino superior em pesquisas interdisciplinares que compreendam o contexto social, cultural, religioso, político e econômico da população *Kaingáng* pode colaborar com a melhoria de sua qualidade de vida.

Para que as ações de saneamento e saúde surtam o efeito desejado é urgente enfrentar o desafio da atuação intercultural e da articulação dos sistemas tradicionais indígenas de saúde. Ações de promoção e prevenção, principalmente a Educação em Saúde, deverão conhecer a realidade histórica e cultural daqueles a quem estão sendo prestadas e incentivar sua autonomia ao considerá-los como proprietários de um saber, como sujeitos, co-participantes, e não apenas objetos das ações a eles direcionadas.

O número de indivíduos parasitados ainda continua elevado nestas aldeias *Kaingáng* do Paraná revelando que apenas as melhorias sanitárias e o tratamento não são suficientes para reduzi-lo satisfatoriamente, sendo necessária a continuação e ampliação das atividades educativas.

Apesar da provável ocorrência de reinfecções e do aumento na prevalência de algumas espécies de enteroparasitos, os dados mostraram impacto positivo do conjunto de intervenções nos indicadores parasitológicos de saúde dos *Kaingáng* da TI Faxinal. O monitoramento das atividades de controle para enteroparasitos nessa TI permitiu concluir que o tratamento antiparasitário de toda comunidade vem promovendo redução significativa nas prevalências de *A. lumbricoides* e de ancilostomídeos e no número de espécies, e que as ações de saneamento podem estar contribuindo na manutenção de baixas cargas parasitárias.

Na TI Ivaí, a principal causa de morbidade (25,3%) foram as DIP, o solo se mostrou mais contaminado por parasitos do que na TI Faxinal e as infecções por geelmintos foram de alta intensidade (> 10% em 2006), devido principalmente à falta de tratamento em massa com antiparasitários e falta de manutenção das instalações sanitárias.

Neste estudo foi verificada transição no perfil epidemiológico das enteroparasitoses após a implementação das medidas de controle com diminuição nas prevalências de *A. lumbricoides* e ancilostomídeos e aumento nas prevalências de *T. trichiura* e *H. nana*. Medidas profiláticas direcionadas e novas condutas terapêuticas devem ser adotadas pela equipe da UBS para estas duas últimas espécies.

As análises parasitológicas do solo mostraram que a ocorrência de enteroparasitoses nos *Kaingang* das TI Faxinal e Ivaí está associada com a contaminação peridomiciliar

e que, apesar das melhorias nas instalações sanitárias, parte da população não utiliza os banheiros, principalmente pela falta de manutenção, mantendo hábitos inadequados de higiene, tornando o solo peridomiciliar uma importante fonte de reinfecção.

Não há muitos casos de rejeição em relação ao módulo sanitário, os poucos que apareceram foram de pessoas idosas que não se habituaram a utilizar o vaso sanitário. A não utilização do banheiro não é por permanências culturais, na maioria dos casos é por problemas de infra-estrutura e manutenção.

Não foi constatada rejeição quanto à utilização de água tratada. Entretanto ainda existem problemas quanto à manutenção do sistema, ocasionando falta freqüente de água, e na sedimentação de hábitos de higiene.

6. Referências Bibliográficas

BÓIA, M.N.; CARVALHO-COSTA, F.A.; SODRÉ, F.C.; EYER-SILVA, W.A.; LAMAS, C.C.; CANTALICE FILHO, J.P.; LYRA, M.R.; PINTO JUNIOR, V.L.; GROSS, J.B.; CARVALHO, L.M.A.; SOUZA, A.L.S.; BERMUDEZ-AZA, E.H.; MORAES, T.I. Mass treatment for intestinal helminthiasis control in an Amazonian endemic area in Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 48, n. 4, p. 89-95, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Política Nacional de Atenção a Saúde dos Povos Indígenas**. Brasília: 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Manual de atenção à saúde da criança indígena brasileira**. Brasília: 2004.

CÉSAR, C.L.G.; LAURENTI, R.; BUCHALA, C.M.; FIGUEIREDO, G.M.; CARVALHO, W.O.; CARATIN, C.V.S. Uso da Classificação Internacional de Doenças em Inquéritos de Saúde. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 4, p. 120-130, 2001.

COIMBRA JR, C.E.A.; MELLO, D. Enteroparasitas e *Capillaria sp.* entre o grupo indígena Suruí, parque indígena Arapuanã, Rondônia. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 76, n. 3, p. 299-02, 1981.

COIMBRA JR, C.E.A.; SANTOS, R.V. Parasitismo intestinal entre o grupo indígena Zoró, Estado do Mato Grosso, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 7, n. 1, p. 100-03, 1991.

DIEHL, E.E. Agravos na saúde Kaingáng (Terra Indígena Xapecó, Santa Catarina) e a estrutura dos serviços da atenção biomédica. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, p. 439–445, 2001.

DOBSON, J.A. **An Introduction to Generalized Linear Models**, 2nd ed. New York: Chapman & Hall/CRC, 2002.

ESCOBAR, A.L.; COIMBRA JR, C.E.A. Considerações sobre as condições de saúde das populações das áreas indígenas Pakaánova (Wari) e do posto indígena Guaporé, Rondônia. [documento on line] Porto Velho: Centro de Estudos em Saúde do Índio de Rondônia; 1998. Disponível em: <<http://www.cesir.org>>. Acesso em: 15 março 2007.

FAUST, E.C.; SAWITZ, W.; TOBIE, J. Comparative efficiency of various techniques for the diagnosis of protozoa and helminths in feces. **Journal of Parasitology**, v. 25, p. 241-62, 1939.

FERREIRA, C.S.; CAMARGO, L.M.A.; MOITINHO, M.L.R.; AZEVEDO, R.A. Intestinal parasites in Iaualapiti Indians from Xingu Park, Mato Grosso, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 86, n. 4, p. 441-42, 1991.

FONTBONNE, A.; FREESE, C.E. ; ACIOLI, M.D. ; AMORIN, S.G. ; CESSE, E.A.P. Fatores de risco para poliparasitismo intestinal em uma comunidade indígena de Pernambuco, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 2, p. 367-73, 2001.

GARNELLO, L.; MACEDO, G.; BRANDÃO, L.C. Os povos indígenas e a construção das políticas de saúde no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 3, p. 871-72, 2004.

GARNELLO, L.; SAMPAIO, S. Organizações indígenas e distritalização sanitária: os riscos de fazer ver e fazer crer nas políticas de saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, p. 1217-23, 2005.

GRACZYK, T.K.; SHIFF, C.J.; TAMANG, L.; MUNSAKA, F.; BEITIN, A.M.; MOSS, W.J. The association of *Blastocystis hominis* and *Endolimax nana* with diarrheal stools in Zambian school-age children. **Parasitology Research**, v. 98, n.1, p. 38-43, 2005.

INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL - ISA. **Povos Indígenas no Brasil**. 2005. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org>>. Acesso em: 05 janeiro 2006.

KATZ, N.; CHAVES, A.; PELLEGRINO, J. A simple device for quantitative stool thick-smear technique schistosomiasis mansoni. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 14, p. 397-400, 1972.

KNIGHT, R.; PRATA, A. Intestinal parasitism in Amerindians at Coari, Brazil. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 66, p. 809-10, 1972.

LUNARDI, R.; SANTOS, R.V. COIMBRA JR, C.E.A. Morbidade hospitalar de indígenas Xavante, Mato Grosso, Brasil (2000-2002). **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 10, n. 4, p. 441-52, 2007.

LUTZ, A. O *Schistosomum mansoni* e a schistosomose segundo observações feitas no Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 11, p. 121-55, 1919.

MILLIKEN, W. **Levantamentos etnoecológicos em reservas indígenas na Amazônia brasileira**: uma metodologia. (segunda versão – novembro 1998) Edinburgh Development Consultants/FUNAI, 1998.

- MIRANDA, R.A.; XAVIER, F.B.; MENEZES, R.C. Parasitismo intestinal em uma aldeia indígena Parakanã, sudeste do Estado do Pará, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 14, n. 3, p. 507-11, 1998.
- MONTENEGRO, R.A.; STEPHENS, C. Indigenous health in Latin America and the Caribbean. **The Lancet**, v. 367, p. 1859-69, 2006.
- MONTRESOR, A.; CROMPTON, D.W.T.; BUNDY, D.A.P.; HALL, A.; SAVIOLLI, L. **Guidelines for the evaluation of soil-transmitted helminthiasis and schistosomiasis at community level**. Geneva: World Health Organization; 1998 (WHO/CTC/SIP/98.1).
- MONTRESOR, A.; GYORKOS, T.W.; CROMPTON, D.W.T.; BUNDY, D.A.P.; SAVIOLLI, L. **Monitoring helminth control programmes at community level**. Guidelines for monitoring the impact of control programmes aimed at reducing morbidity caused by soil-transmitted nematodes and schistosomes, with particular reference to school-age children. Geneva: World Health Organization; 1999 (WHO/CDS/CPC/SIP/99.3).
- MOTA, L.T. **Diagnóstico etno-ambiental da Terra Indígena Ivaí - PR**. Maringá: Programa Interdisciplinar de Estudos de Populações, 2003.
- MOTA, T.L.; CAZORLA, M.E.; ROCHA, V.F. **Diagnóstico Sócio-Cultural e Econômico da T. I. Faxinal – PR**. Universidade Estadual de Maringá, Maringá: Programa de Iniciação Científica, 2004.
- NAVONE, GT, GAMBOA, MI, OYHENART, EE, ORDEN, A. B. Parasitosis intestinales en poblaciones Mbyá-Guaraní de la Provincia de Misiones, Argentina: aspectos epidemiológicos y nutricionales. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, p. 1089-1100, 2006.
- NEVES, D.P.; MELO, A.L.; LINARDI, M.P. **Parasitologia Humana**. 11^a ed. São Paulo: Atheneu, 2005.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - OMS. **Classificação estatística internacional de doenças e problemas relacionados à saúde** 10^a Revisão. São Paulo: EDUSP, 1994:2.
- PEREIRA, M.G. **Epidemiologia, teoria e prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.
- SANTOS, R.V.; COIMBRA JR, C.E.A. Cenários e tendências da saúde e da epidemiologia dos povos indígenas no Brasil. In: Coimbra Jr, C.E.A.; Santos, R.V.; Escobar, A.L. **Epidemiologia e saúde dos povos indígenas no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz & Abrasco, 2003. p. 13-47.
- SCOLARI, C.; TORTI, C.; BELTRAME, A.; MATTELI, A.; CASTELLI, F. Prevalence and distribution of soil-transmitted helminthes (STH) infections in urban and indigenous schoolchildren in Ortigueira, State of Paraná, Brasil: implications for control. **Tropical Medicine and International Health**, v. 5, n. 4, p. 302-07, 2000.

TIYO, R.; GUEDES, T.A.; FALAVIGNA, D.L.M.; FALAVIGNA-GUILHERME, A.L. Seasonal contamination of public squares and lawns by parasites with zoonotic potential in southern Brazil. **Journal of Helminthology**, v. 82, p. 1-6, 2008.

VIEIRA, G.O.; SANTOS, R.V.; COIMBRA JR, C.E.A. Parasitismo intestinal em populações indígenas no Brasil: uma revisão sistemática da literatura científica. Porto Velho: Centro de Estudos em Saúde do Índio de Rondônia; 2005 39 p. Disponível em: <<http://www.cesir.gov.br>>. Acesso em: 10 janeiro 2006.

Avaliação da eficiência do protocolo de tratamento de água na ETA Vila C no controle de larvas de *Limnoperna fortunei*

Participantes: Cleverson Vitório Andreoli (coordenador) Patrícia Esther Duarte Lagos, Paulo Silva Neves, Débora Pestana da Silva, Antônio Ostrensky.

Proponente: Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar)

Executora: Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar)

Resumo

Limnoperna fortunei é um molusco invasor que vem causando grande impacto nos ecossistemas aquáticos, além de impactos econômicos relacionados à diminuição da capacidade e eficiência na adução e tratamento de água. Este trabalho objetiva avaliar a eficiência do tratamento da água na eliminação de estágios larvais de *L. fortunei* na estação de tratamento Vila C, da Companhia de Saneamento do Paraná, localizada em Foz do Iguaçu/PR. Os resultados obtidos sugerem que as larvas de *L. fortunei* resistem, embora em baixas densidades, até a penúltima etapa do tratamento. Na última etapa, caracterizada pelo contato prolongado com o cloro, não foram observadas larvas vivas de *L. fortunei*.

Palavras-chave: *Limnoperna fortunei*, tratamento de água, Sul do Brasil.

Abstract

Limnoperma fortunei is an invading mollusc that has caused great impact, as well as economic impacts, related to the reduction of the capacity and efficiency of the drinking water supply and treatment system. This present paper intends to evaluate the efficiency of water treatment on the elimination of *L. fortunei*'s larval stages on Vila C treatment plant, of Sanitation Company of Paraná, located at Foz do Iguaçu/PR. The results obtained indicate that the *L. fortunei* larvae resist, although in low density, until the penultimate phase of the water treatment. Therefore, in the last phase, characterized by the long chlorine contact, there were no observed *L. fortunei* larvae alive.

Key words: *Limnoperma fortunei*, water treatment system, Brazil South.

1. Introdução

O trabalho foi desenvolvido junto à Estação de Tratamento de Água da Vila C (ETA Vila C), em Foz do Iguaçu, Paraná, que está posicionada junto ao Reservatório Itaipu.

O reservatório apresenta sérios problemas de incrustação por *L. fortunei* nas margens e em qualquer estrutura submersa em suas águas (Figura 1-1).

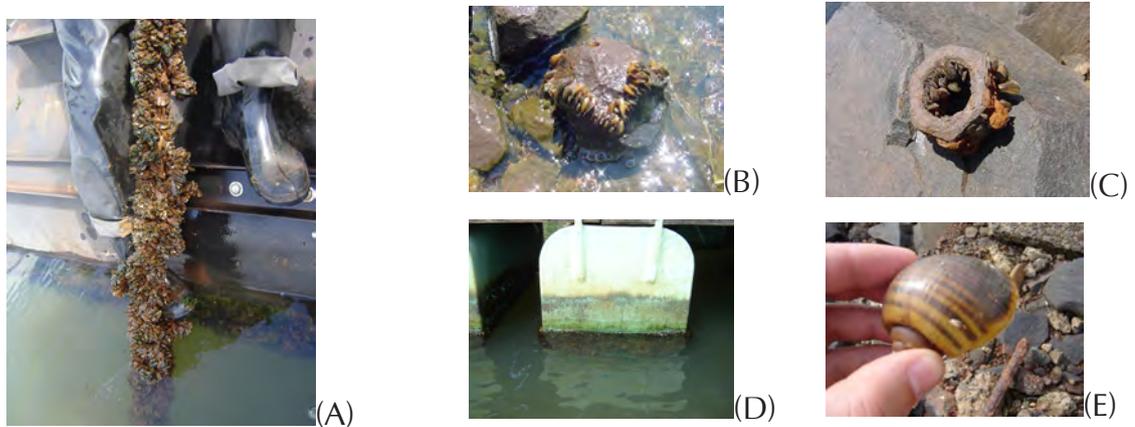


Figura 1-1 - Reservatório Itaipu com incrustações de *L. fortunei*. A) incrustação em cabo de nylon; B) incrustação na margem do lago, nas pedras; C) incrustação em porca na margem; D) incrustação em bóia do trapiche; e E) *L. fortunei* incrustado na concha de molusco nativo.

Na tubulação de entrada no sistema de tratamento de água e na caixa de passagem é comum a presença de indivíduos adultos (Figura 1-2).



Figura 1-2 - Estruturas da estação ETA Vila C. A) Grifo do flutuante de captação de água com a metade submersa; B) obliterada (seta) pelo crescimento descontrolado de *L. fortunei*.

O projeto avaliou a eficiência dos atuais métodos e procedimentos técnicos de tratamento da água, a fim de assegurar a minimização dos eventuais prejuízos que a presença deste organismo pode trazer aos processos de tratamento, distribuição de água à população e à saúde humana.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Realizar uma diagnose detalhada da eficiência sazonal dos protocolos de rotina de tratamento de água aplicados na ETA Vila C no controle de larvas de *L. fortunei*.

2.2 Objetivos específicos:

- 1) analisar a variação nictemeral do número de indivíduos de *L. fortunei* na entrada do sistema de captação de água, o que poderia definir estratégias específicas de captação ou tratamento de água;
- 2) avaliar a presença de *L. fortunei* no sistema de tratamento de água da ETA Vila C;
- 3) verificar a sobrevivência dos organismos nas fases do tratamento de água;
- 4) comparar a densidade de indivíduos presentes nos ambientes próximos à ETA (Reservatório Itaipu e Rios Paraná e Iguaçu) e a densidade de indivíduos que efetivamente são lançados no sistema de tratamento de água.

3. Metodologia

A área de estudo localiza-se a leste do estado do Paraná, na divisa com a Argentina e Paraguai. As coletas foram realizadas nos seguintes pontos, descritos em detalhes mais adiante:

Ponto 1: Captação no Reservatório Itaipu e Pontos 2 e 3 ETA Vila C – 12 coletas;

Pontos 4 e 5: ETA Vila C – 3 coletas;

Pontos 6 e 7: Reservatório de água tratada Vila A – 1 coleta

Rio Paraná e Rio Iguaçu – 12 coletas.

Os pontos de coleta 1, 2, 3, 4 e 5 localizam-se no complexo da ETA de Água Vila C (Figura 3-1).

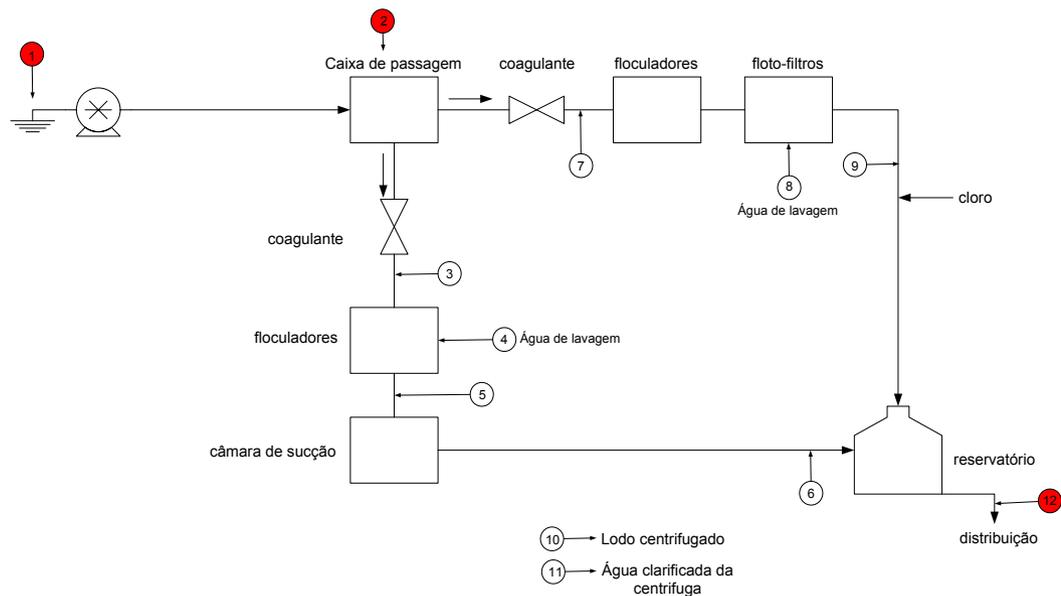


Figura 3-1 - Pontos de obtenção de amostras na ETA Vila C para prospecção de larvas de *L. fortunei*.

O Ponto 1 (Fig. 3-2A) está localizado no Ponto de captação, no próprio Reservatório Itaipu (água in natura).

O Ponto 2 (Fig. 3-2B) está a aproximadamente 780 m do Ponto 1, e localiza-se dentro da ETA, na caixa de passagem, onde a água ainda não recebeu qualquer processo ou adição de produtos químicos. Neste ponto foi verificada a concentração de larvas que efetivamente entram no sistema de tratamento. Como a captação da água é feita a cerca de 6 metros de profundidade e o nível do reservatório sofre variações sazonais, as larvas presentes próximo ao Ponto 1 não serão obrigatoriamente captadas e lançadas no sistema de tratamento, o que justifica a coleta em ambos os pontos.

No Ponto 3 (Fig. 3-2C) ocorre a injeção de cloro e flúor.



(A)



(B)



(C)

Figura 3-2 - Detalhes dos pontos de coleta na ETA Vila C, Foz do Iguaçu. A) Ponto 1 – água bruta na captação do Lago Itaipu; B) Ponto 2 – água bruta no interior da ETA, na caixa de passagem; e C) Ponto 3 – água em fase final de tratamento, clorada e na fase de injeção de flúor.

Os Pontos 4 e 5 (Figura 3-3A e 3-3B) foram amostrados em 4 coletas, a fim de vistoriar a água já passou pelo tempo de contato necessário para a ação do cloro, e está pronta para ser distribuída aos consumidores.

As amostras de plâncton foram obtidas por meio de filtração de um volume de água definido que através de rede de plâncton de 64 μm de abertura de malha. A rede é colocada dentro de um balde grande, para que a pressão da água não danifique as larvas coletadas. O material filtrado é concentrado e posteriormente transferido para frascos de plástico e fixado com formol a 5%.

Para os Pontos 4 e 5, realizadas nos reservatórios de água tratada onde não há movimento da massa d'água, a amostragem é realizada por arrasto vertical de uma rede de plâncton de 0,5 m de diâmetro e 1 m de altura (Fig. 3-3C). Com base na altura da coluna de água e o diâmetro da rede é possível obter uma estimativa do volume de água filtrado (aproximadamente 5.000 L), por meio da fórmula de cálculo do volume do cilindro ($v = \pi * r^2 * h$). No mês de janeiro de 2006 foi feita uma coleta no reservatório de água tratada (Fig. 3-3A e 3-3B) na rede, no local mais próximo da ETA, no bairro Vila A, a aproximadamente 9 km. A coleta seguiu o mesmo protocolo estabelecido para os Pontos 4 e 5.



Figura 3-3 - (A) Reservatório de água tratada localizado na Vila A, cerca de 9 km da ETA Vila C; (B) Detalhamento do referido reservatório localizado na Vila A; e (C) Forma de coleta nos dois reservatórios de água tratada localizados na ETA Vila C.

A análise dessas amostras seguiu o procedimento padrão de teste de sobrevivência e triagem estabelecido para os Pontos 1, 2 e 3.

3.1 Variação nictemeral

As coletas foram realizadas na caixa de passagem da ETA Vila C. Como essa estrutura está situada a aproximadamente 7 metros do solo, as coletas foram realizadas por gravidade, inserindo a extremidade de um mangote na caixa de passagem e a outra extremidade no solo, acoplado a uma rede de plâncton de 64 μm de malha. A rede foi colocada dentro de um balde, para que a pressão da água não danificasse as larvas coletadas. O material filtrado era concentrado e posteriormente transferido para frascos de plástico e fixado com formol tamponado a 4%.

O volume filtrado foi de 5.000 L e todas as coletas neste ponto, com 6 replicas em cada turno (manhã, tarde e noite) de coleta. Esse procedimento foi realizado por 48 horas em cada mês, gerando duas coletas (de seis replicas cada) mensais por turno.

O material obtido foi triado e, para efeito de análise, as larvas foram classificadas em larva-D, véliger, pedivéliger, umbonada e mexilhão, aqui considerados os indivíduos juvenis e adultos. Nas análises quantitativas, sob microscópio óptico binocular, foram contados no mínimo 300 indivíduos de todos os grupos presentes no plâncton por amostra, sub-amostrados em Câmara de Sedgwick-Rafter, com capacidade de 1 mL.

Após agrupamento, os dados foram analisados pelo Programa STATISTICA (versão 6.0), STATSOFT™ (2003). Verificou-se a homogeneidade das variáveis dependentes pelo Teste de Shapiro-Wilk, com 95% de confiabilidade. Considerando o fato das variáveis analisadas terem apresentado dados que não se adequaram à curva normal de Gauss, efetuou-se a comparação entre as medianas dos diferentes tratamentos constituintes das variáveis independentes (fontes de variação) pelo teste de Kruskal-Wallis.

3.2 Testes de fototaxia

Dois frascos, um claro e outro com a superfície pintada de preto (frasco escuro), de aproximadamente 500 mL foram conectados entre si através de um tubo plástico, posicionado na porção superior (Fig. 3-4).

As amostras obtidas na caixa de passagem foram colocadas em frascos escuros. Os frascos claros foram expostos a uma luz fluorescente (20 W) por um período de 1 hora, após o qual as amostras dos dois frascos foram fixadas separadamente em formalina a 4% tamponada para posterior processamento. Foram testadas, no total, 12 amostras. Em laboratório, as amostras de zooplâncton de cada frasco foram identificadas e quantificadas sob microscópio estereoscópico.

Esta metodologia pressupunha que indivíduos de espécies fototrópicas do plâncton amostrado nadassem ativamente do frasco escuro para o frasco claro, exposto à luz. Permaneceriam no frasco escuro aqueles organismos que foram fisicamente danificados ou mortos pelos métodos acumulados anteriores ao ponto de coleta e, conseqüentemente, não foram capazes (ou não tiveram tempo) de transferir-se para o frasco claro.

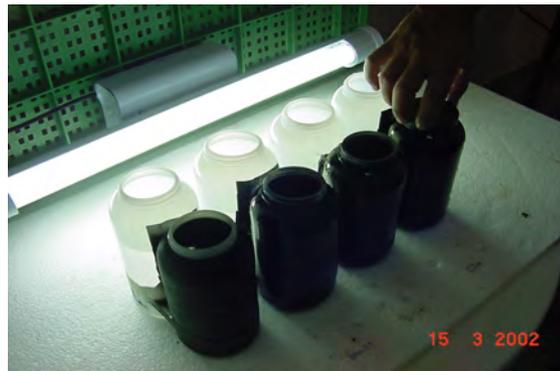
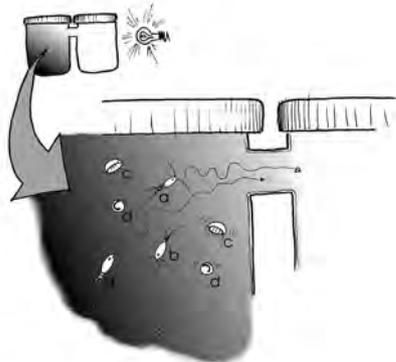


Figura 3-4 - Estrutura experimental utilizada nos testes de fototaxia das larvas de *L. fortunei*.

3.3 Metodologia e pontos de coleta nos rios paraná e iguaçu:

As coletas foram realizadas seguindo-se a mesma metodologia das efetivadas dentro da ETA. O ponto de coleta no Rio Paraná está localizado dentro do Clube Maringá, na margem esquerda do Rio Paraná, em Foz do Iguaçu – PR (Fig. 3-5A). As coordenadas geográficas desse ponto de coleta são S 2535.432' e W 5434.727' (Fig. 3-6). O ponto de coleta no Rio Iguaçu está localizado na margem direita do Rio Iguaçu, em Foz do Iguaçu – PR (Fig. 3-5B), a aproximadamente 1 km da tríplice fronteira entre

Brasil, Paraguai e Argentina (Marco das Três Fronteiras). As coordenadas geográficas desse ponto são S 25°35.435' e W 54°34.716' (Fig. 3-6).

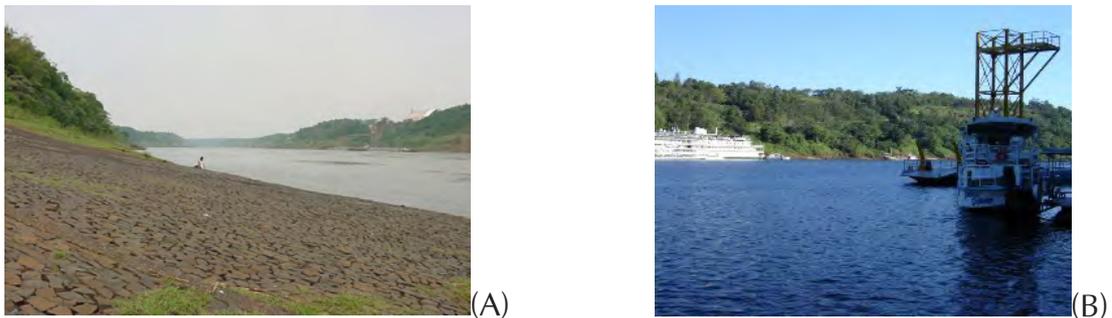


Figura 3-5 - Detalhe dos pontos de coleta nos rios. (A): Rio Paraná; e (B) Rio Iguazu.



Figura 3-6 - Localização geográfica dos pontos de coleta nos Rios Paraná e Iguazu.

3.4 Testes de sobrevivência das larvas

Os testes que avaliaram a sobrevivência das larvas ao longo do processo de tratamento de água foram feitos através da triagem das amostras obtidas por bombeamento da água do Ponto 3 imediatamente após a coleta, sob microscópio estereoscópico instalado em laboratório dentro da ETA Vila C (Figura 3-7). Com este procedimento quantificou-se a sobrevivência das larvas com maior precisão, pois todas as larvas das amostras analisadas são observadas individualmente, contadas e, os aspectos biológicos que indicam a sobrevivência, como por exemplo, a mobilidade de cílios e a resposta

ao toque com instrumentos utilizados nas triagens, são indicadores de maior confiabilidade para a obtenção dos resultados. Assim sendo, validou-se a metodologia de análise microscópica das larvas.

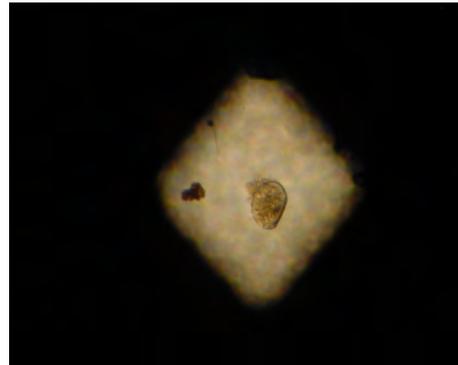


Figura 3-7 - Testes de sobrevivência das larvas de *L. fortunei*. Detalhe: larva D sob lupa.

3.5 Avaliação do assentamento de larvas de *L. fortunei* no Reservatório Itaipu.

Para analisar o comportamento sazonal de assentamento das larvas de *L. fortunei* no reservatório, foram utilizados conjuntos de placas de policloreto de vinila (PVC) transparentes, com dimensões de 30 cm x 30 cm. Cada conjunto era composto por 2 placas, uma horizontal (placa A) e outra vertical (placa B), ligadas entre si por mosquetões plásticos (Figura 3-8). Essas placas foram colocadas na plataforma de captação de água no Reservatório Itaipu onde permaneceram por 2 meses antes de serem retiradas e analisadas.

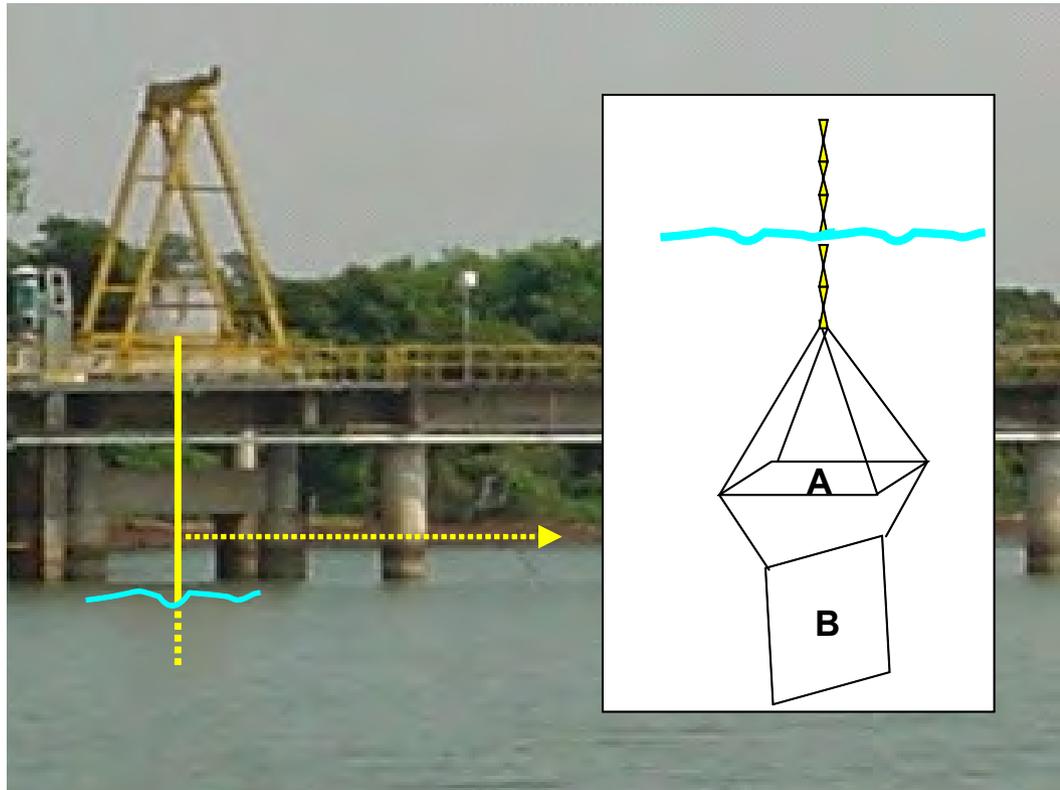


Figura 3-8 - Localização das placas de assentamento no Reservatório Itaipu.

A instalação e a retirada desses conjuntos de placas obedeceram a um cronograma que foi executado pelos técnicos da ETA. O experimento teve início após a coleta piloto, em agosto de 2004, sendo a primeira placa colocada em setembro do mesmo ano e a última retirada em fevereiro de 2006.

Ao final de 2 meses de imersão no reservatório, cada conjunto de placas foi separado e embalado individualmente em sacos plásticos. Ao chegarem ao laboratório, a superfície de cada placa (A e B) foi raspada com pincel macio para a retirada do material aderido. Os indivíduos maiores, ou seja, visíveis a olho nu, (Fig. 3-9) foram retirados com pinça e o material foi fixado com formol a 5%.

Placas retiradas e enviadas para Curitiba



Figura 3-9 - Placa retirada do reservatório após dois meses de permanência.

Cada amostra foi separada com peneira de 60 μm de malha, para a retirada de partículas de lama e algas. A seguir, foram retirados os indivíduos maiores (visíveis a olho nu), que foram classificados e quantificados. O material retido na peneira foi colocado em um béquer, onde foi adicionado água, até completar o volume de 1.000 mL. A análise do material foi feita sob microscópio estereoscópico (lupa), através de subamostras. Depois de homogeneizada, de cada amostra (material de cada placa fixado em formol) foram retiradas oito alíquotas de 3 mL, que foram triadas sob a lupa para contagem e verificação dos estágios de desenvolvimento de *L. fortunei*. Foram calculados os valores médios presentes nessas essas alíquotas (3 mL) e o valor proporcional em 1.000 mL (volume total da amostra/placa). Foram estabelecidas três categorias de desenvolvimento: larvas menores que 5 mm, juvenis maiores que 6 mm e juvenis maiores que 15 mm.

4. Resultados frente aos objetivos propostos e discussão

4.1 Densidade larval nos pontos de coleta na ETA Vila C

Ocorreu maior densidade larval no Ponto 1 no mês de outubro de 2005. Neste mês, foram registradas 17.369 larvas/m³ (Figura 4-1). No Ponto 2 foram registrados picos em março e outubro de 2005 e janeiro de 2006 (Figura 4-2), mas de menores valores do que o obtido no Ponto 1.

As médias do período analisado (janeiro de 2005 a fevereiro de 2006) foram bastante diferentes. No Ponto 1, a média mensal do período foi de 2.363 larvas/ m³ e no Ponto 2, já dentro das instalações da ETA foi de 1.254 larvas/ m³.

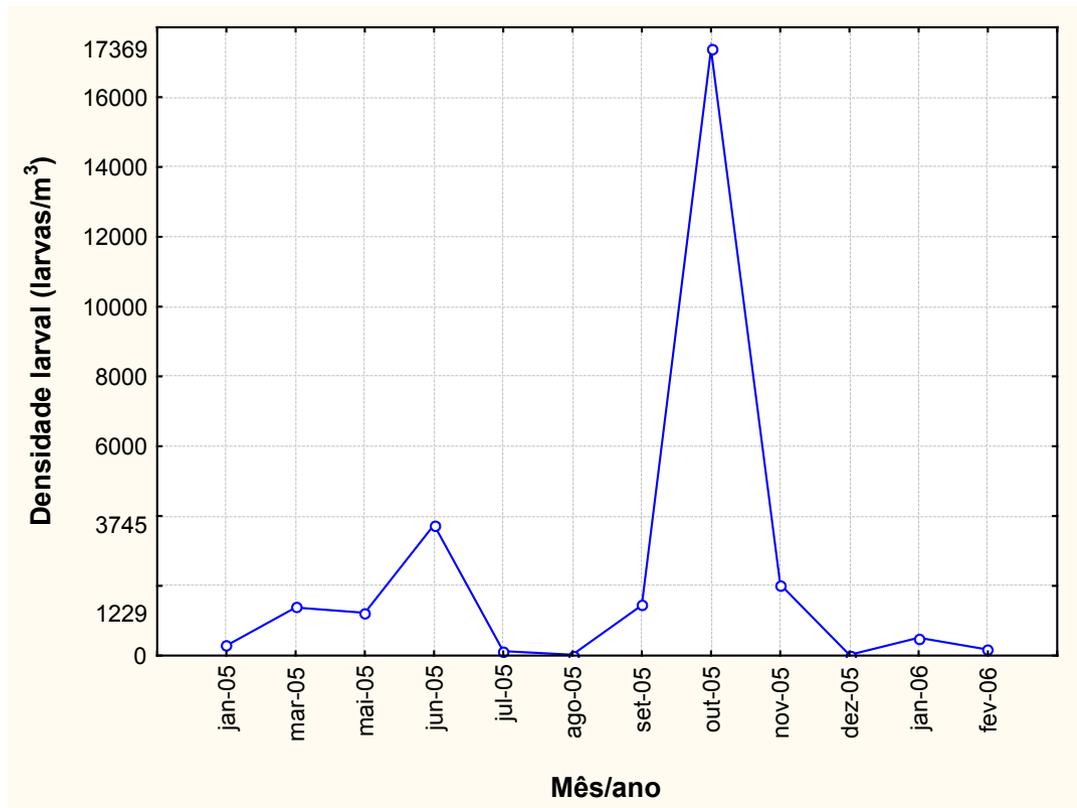


Figura 4-1 - Densidade larval (larvas/m³) no Ponto 1 (ponto de captação da ETA Vila C) ao longo do período analisado.

Nos dois pontos analisados, houve a coincidência nos menores valores de densidade larval, entre os meses de julho e agosto e dezembro de 2005 (Figura 4-1 e Figura 4-2).

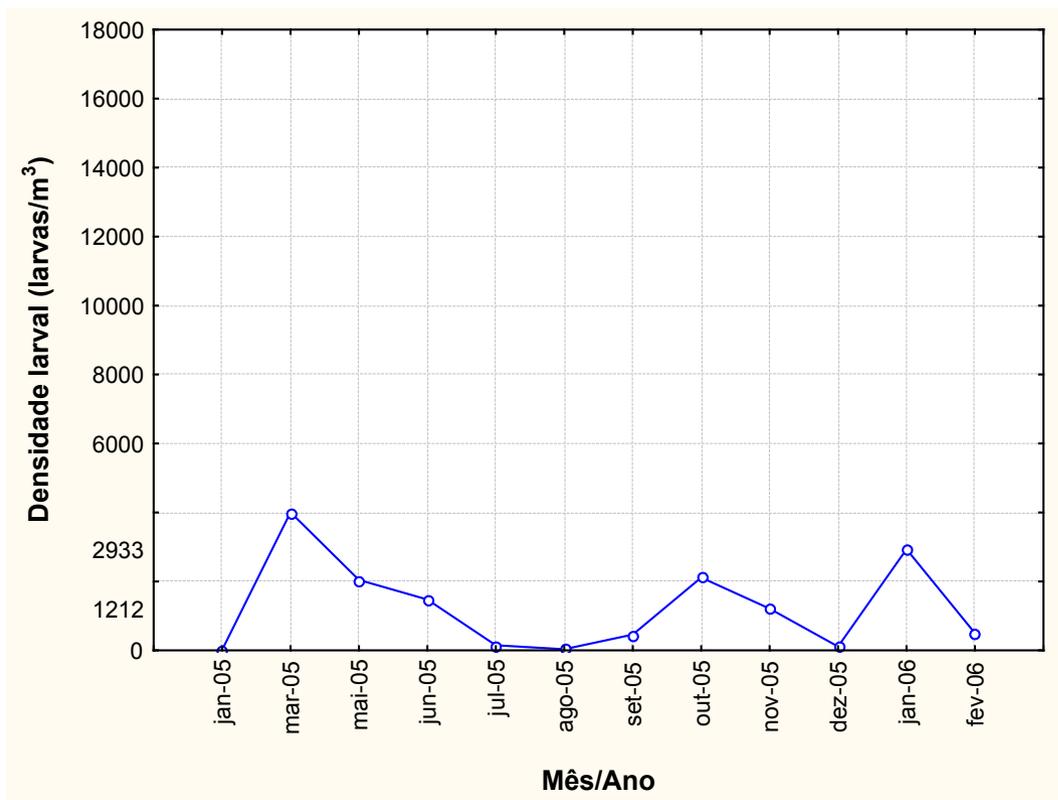


Figura 4-2 - Densidade larval (larvas/m³) no Ponto 2 (caixa de passagem da ETA Vila C) ao longo do período analisado.

Ao considerar os estágios larvais, observou-se que no Ponto 1 o alto valor de densidade registrado no mês de outubro foi influenciado pelos estágios de larva D, umbonada e véliger (Figura 4-3).

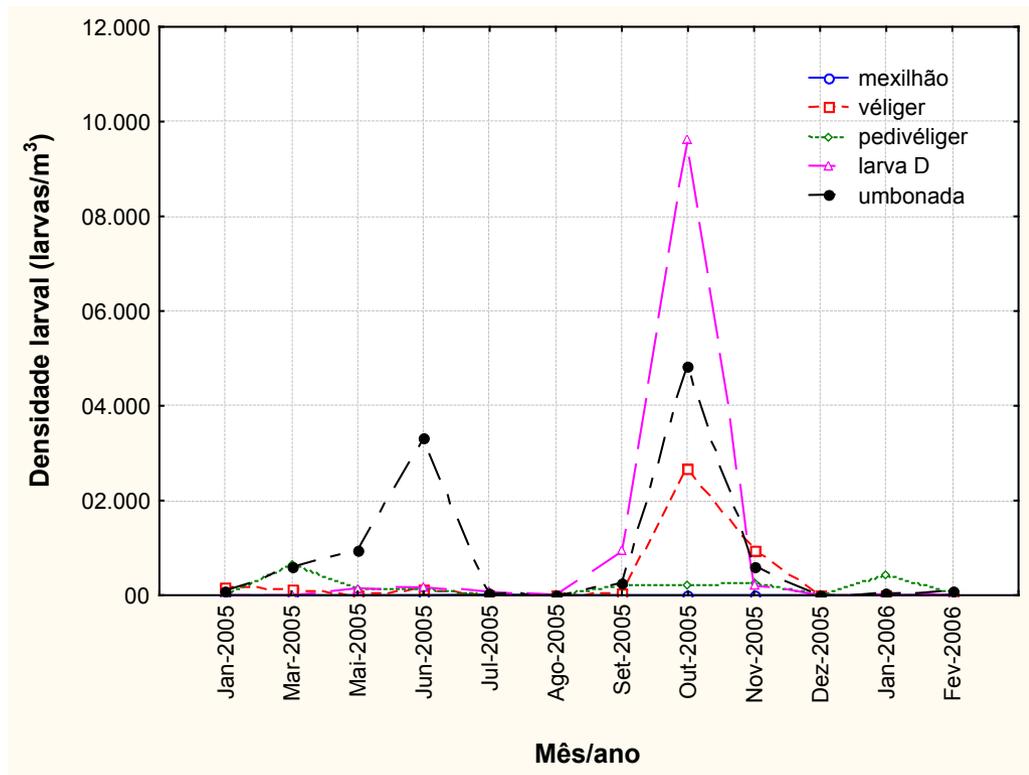


Figura 4-3 - Densidade dos estágios larvais de *L.fortunei* no Ponto 1.

No Ponto 2, os valores máximos observados nos meses de março e outubro de 2005. Nesse caso, não houve predominância entre os estágios larvais (Fig. 4-4).

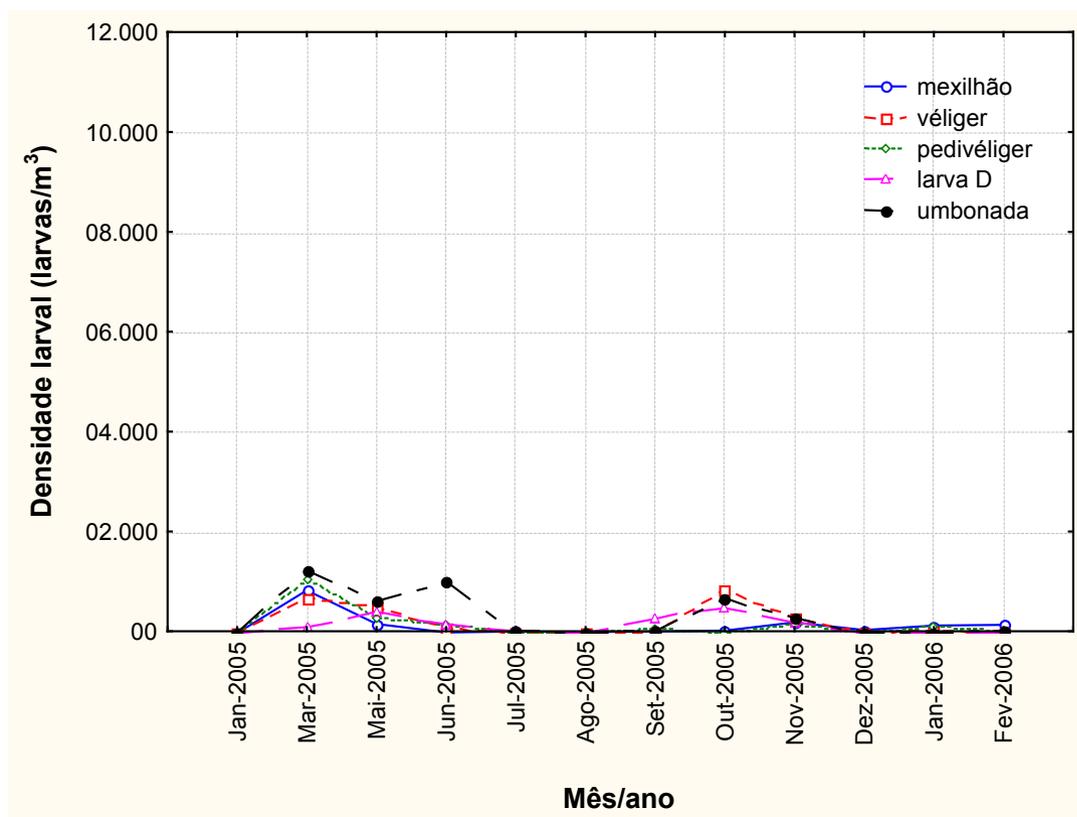


Figura 4-4 - Densidade dos estágios larvais de *L. fortunei* no Ponto 2.

4.2 Variação nictemeral e testes de fototaxia

Os valores obtidos das análises das coletas ao longo do período analisado (março/2005 a fevereiro/2006) mostraram haver diferença no período da manhã, quando o número de larvas foi superior aos demais turnos (Figura 4-5).

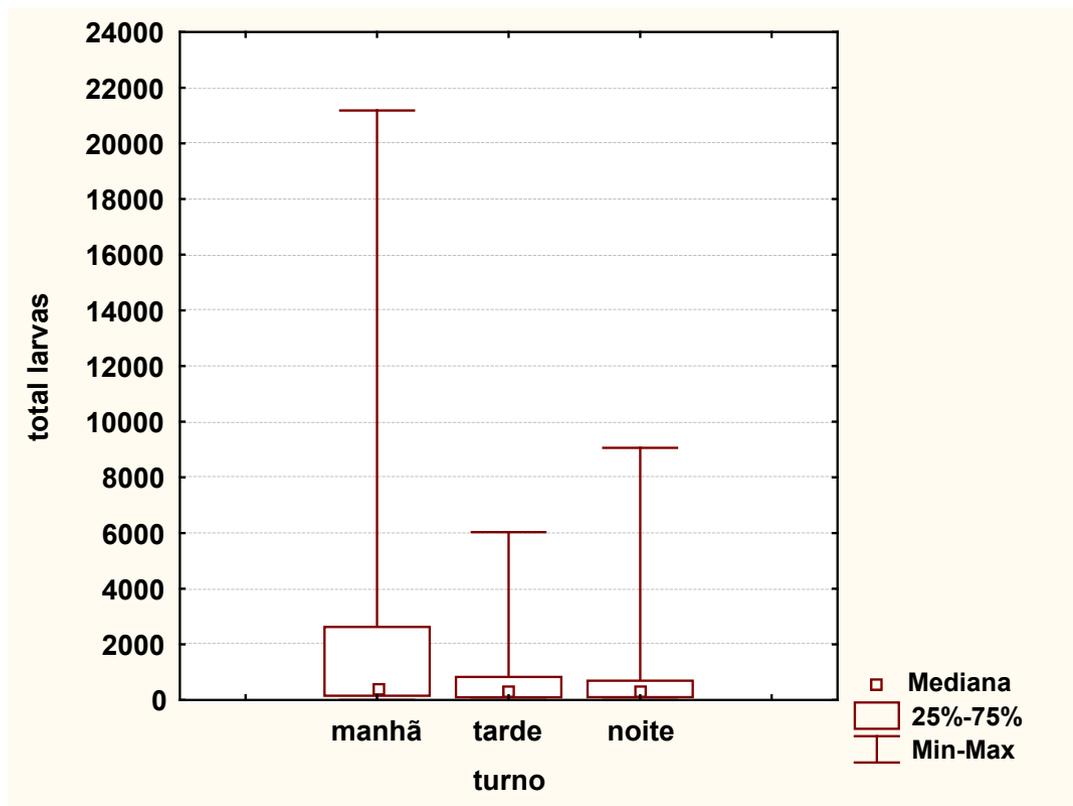


Figura 4-5 - Variação da densidade total de larvas de *L. fortunei* na caixa de passagem da ETA Vila C, em Foz do Iguaçu, no período analisado (março/2005 a fevereiro/2006).

Na análise agrupada por estação do ano, não foram observadas diferenças de densidades larvais entre os diferentes turnos de coleta no verão e no inverno. Foram detectadas diferenças de densidade no outono e na primavera (Figura 4-6). Em tais estações, a densidade de larvas no turno da manhã foi superior à quantificada nos demais turnos (Tabela 4-1).

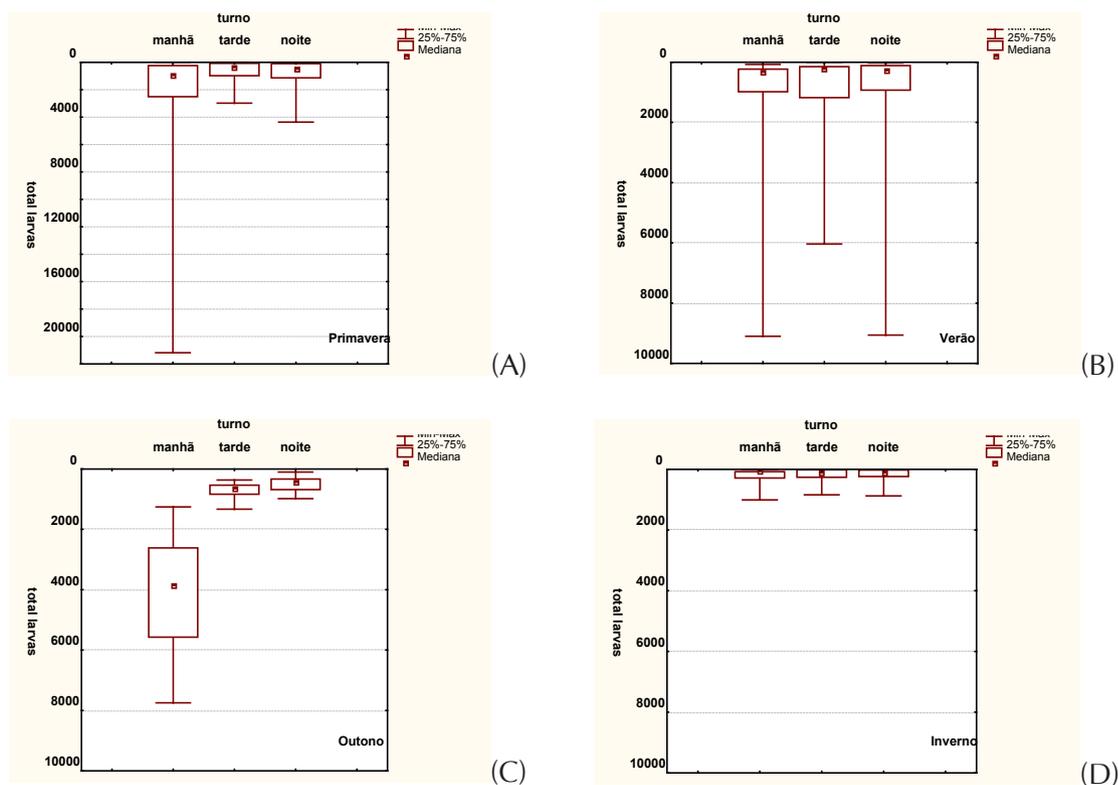


Figura 4-6 - Variação da densidade total de larvas de *L. fortunei* na caixa de passagem da ETA Vila C, em Foz do Iguaçu, ao longo das estações de 2005/2006. A) Primavera; B) Verão; C) Outono; e D) Inverno.

Tabela 4-1 - Síntese dos resultados do teste Kruskal-Wallis comparando os turnos nas diferentes estações e ao longo de todo o ano de 2005.

PERÍODO	GRUPOS HOMOGÊNEOS
Verão	M = T = N
Outono	M > T > N
Inverno	M = T = N
Primavera	M > T > N
Total 2005	M > (T = N)

M: Manhã; T: Tarde; N: Noite

Foi observado o período da manhã e em todas as estações do ano (Fig. 4-7), uma quantidade maior de larvas em relação à tarde e à noite. As maiores diferenças entre os turnos aconteceram no outono e na primavera.

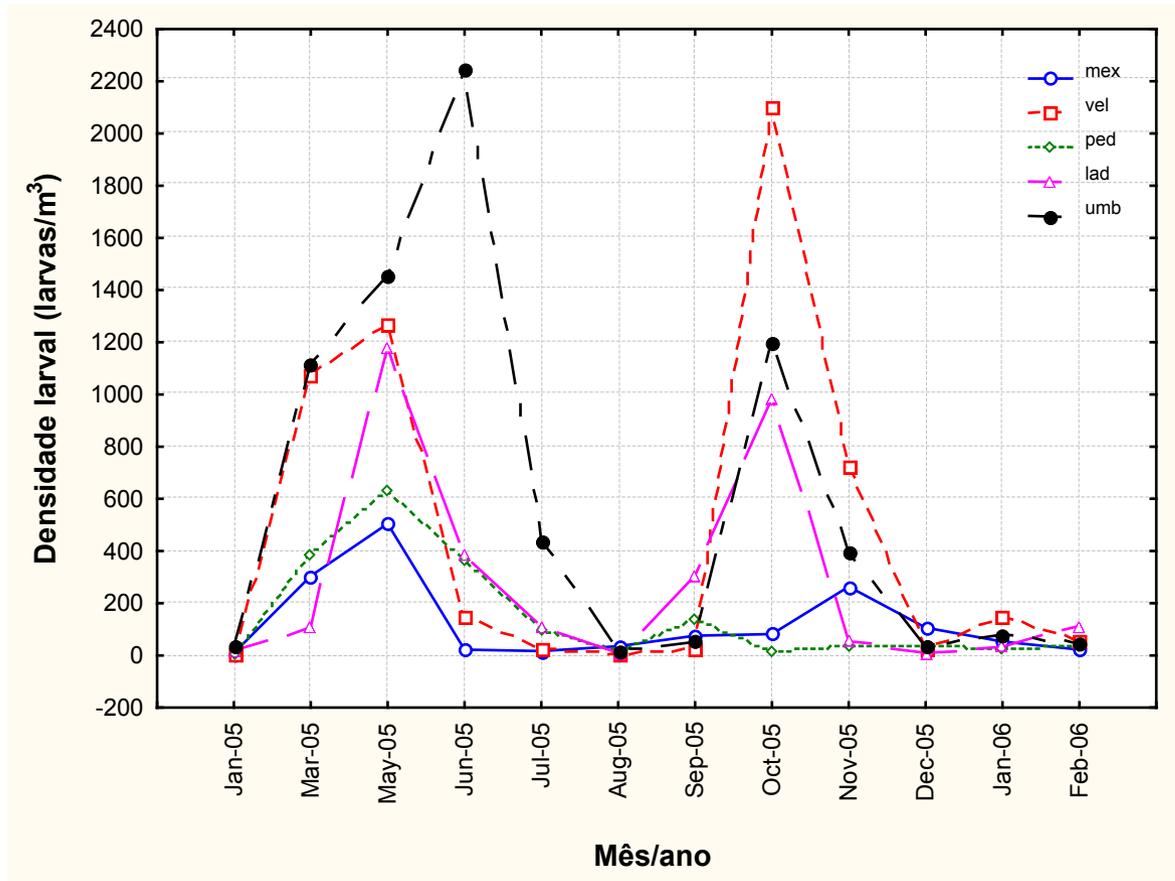


Figura 4-7 - Variação da densidade dos estágios de desenvolvimento de *L. fortunei* nacaixa de passagem da ETA Vila C, em Foz do Iguaçu, durante o período da manhã.

Em relação à análise mensal, os máximos ocorreram no período da manhã, entre os meses de maio e junho, quando houve a predominância de larvas umbonadas, e em outubro, quando a maior incidência foi de larvas véliger (Figura 4-7). No período da tarde houve um pico maior em março e outros dois menores em junho e outubro, todos com predominância de larvas umbonadas (Figura 4-8).

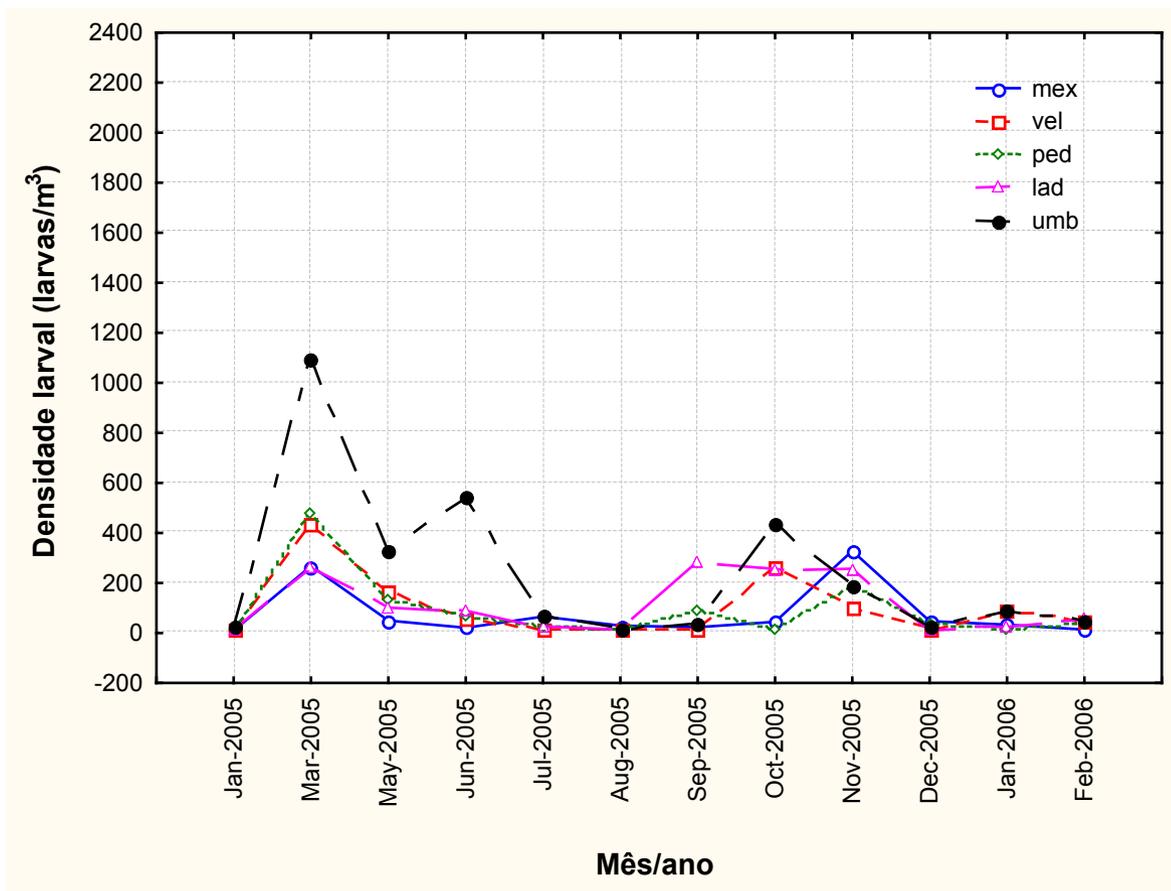


Figura 4-8 - Variação da densidade dos estágios de desenvolvimento de *L. fortunei* na caixa de passagem da ETA Vila C, em Foz do Iguaçu, durante o período da tarde.

No turno da noite, repetiu-se o mesmo padrão do período da tarde em relação aos máximos de densidade, porém a predominância do pico de março, bastante superior aos outros dois, foi de larvas umbonada (Figura 4-9).

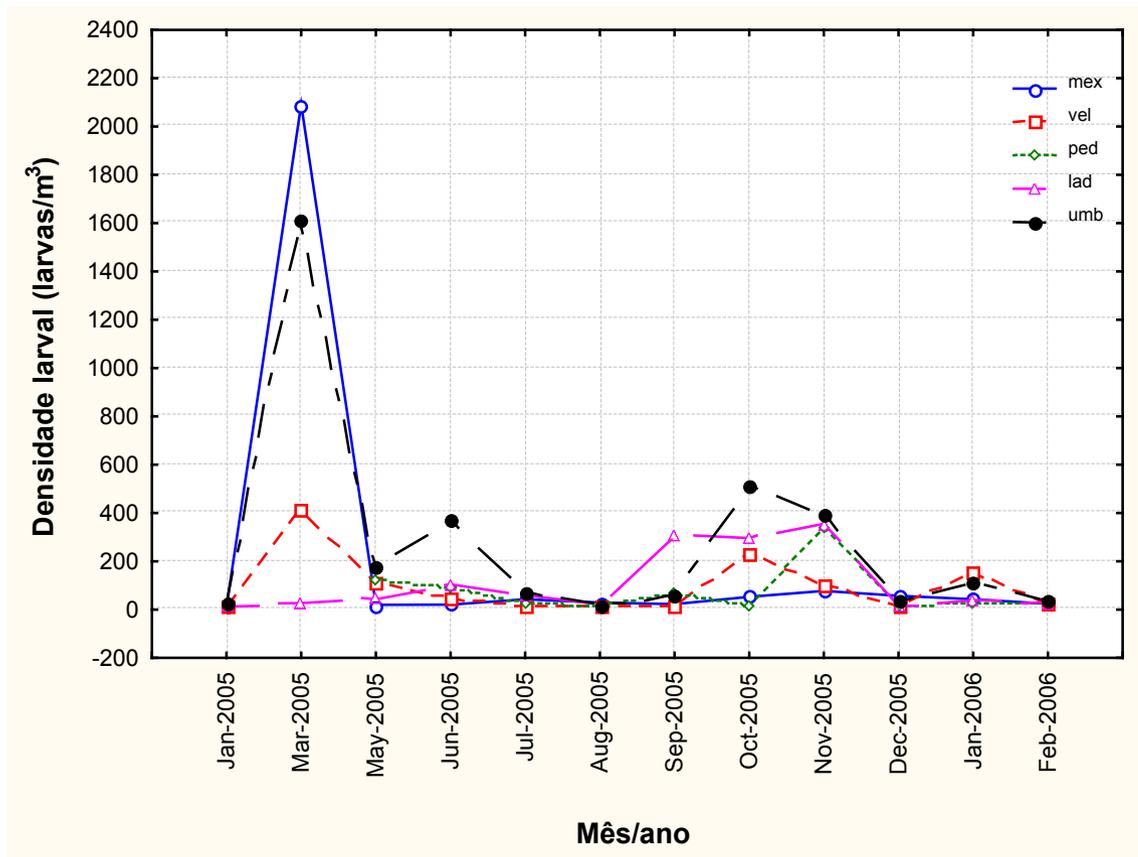


Figura 4-9 - Variação da densidade dos estágios de desenvolvimento de *L. fortunei* na caixa de passagem da ETA Vila C, em Foz do Iguaçu, durante o período da noite.

A temperatura média (Fig.4-10) de verão foi de 30,0°C (desvio padrão de 1,0°C e erro padrão de 0,06°C). No outono, a temperatura média foi de 25,5°C (desvio padrão de 2,2°C e erro padrão de 0,13°C). No inverno, a temperatura média foi de 20,8°C (desvio padrão de 1,51°C e erro padrão de 0,09°C). Na primavera, a temperatura média foi de 26,9°C (desvio padrão de 2,5°C e erro padrão de 0,16°C).

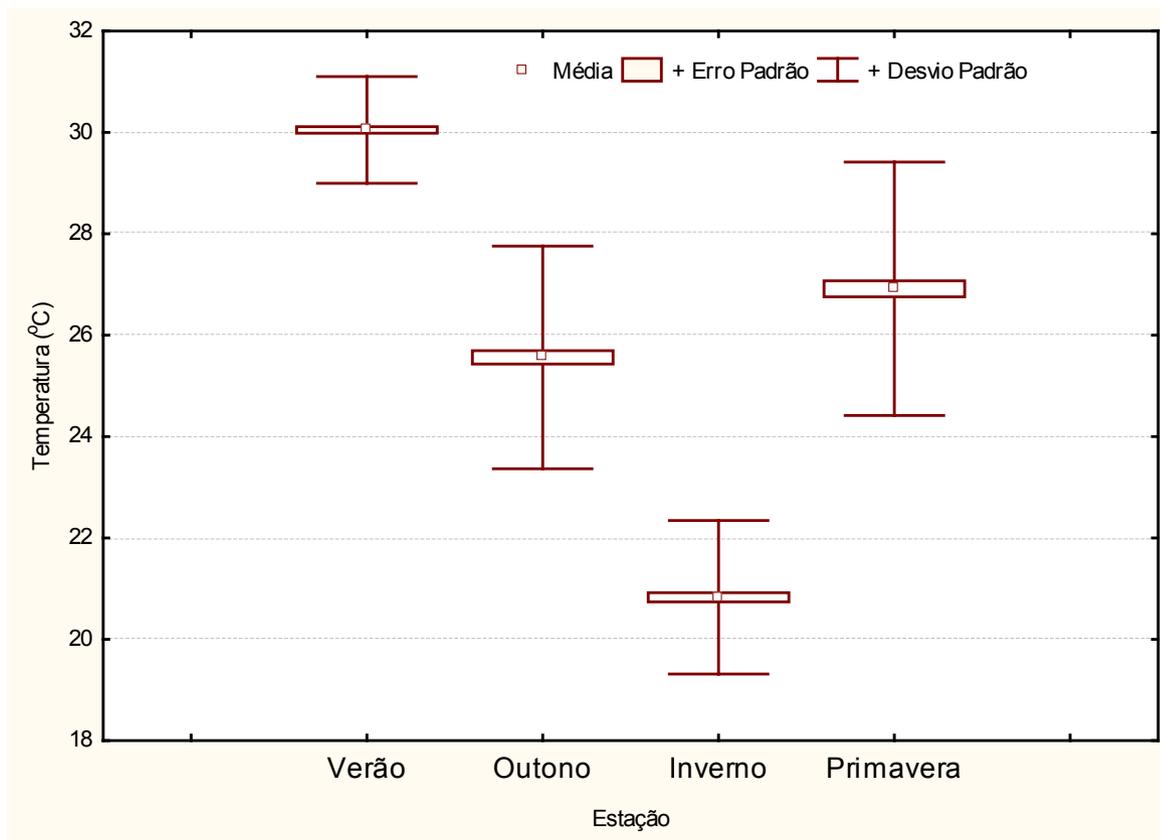


Figura 4-10 - Variação da temperatura da água no ponto de captação da ETA Vila C nas estações do ano, de 2005.

4.3 Testes de fototaxia

A proporção de larvas que migraram dos frascos escuros para os claros variou de 0,54 a 2,72%, com valor médio de 1,18%. Dentre os estágios larvais presentes nas amostras utilizadas nos testes, ocorreu maior proporção de larvas-D e larvas umbonadas (larvas D corresponderam em média a 33% do total, larvas umbonadas 65% e larvas pediveliger 1%). Dentre as larvas D, em média 1,73% migraram para os frascos claros, enquanto a percentagem de larvas umbonadas foi de 1,10%. Não houve diferença na taxa de migração dos estágios larvais ($p > 0,05$).

4.4 Densidade larval nos rios Paraná e Iguazu

A densidade larval quantificada no Rio Paraná foi, em geral, superior à do Rio Iguazu. Na amostragem de setembro de 2005 a densidade larval no Rio Paraná foi menor que a quantificada no Rio Iguazu. Ao longo de 2005, foram registrados 2 máximos de densidade larval no Rio Paraná, entre setembro e novembro e entre março e maio. Os menores valores foram observados nos meses de temperaturas extremas, mais baixas, julho e agosto de 2005 e mais altas, em janeiro e fevereiro de 2006 (Figura 4-11).

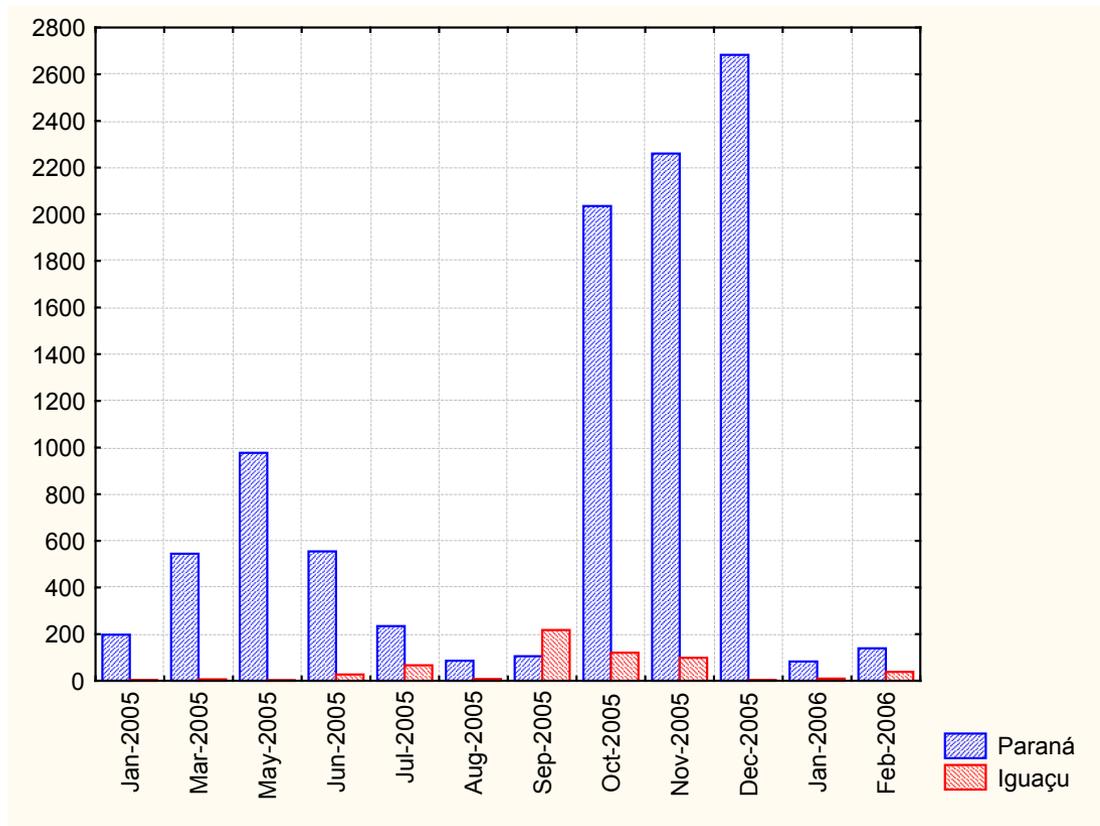


Figura 4-11 - Densidades larvais de *L.fortunei* nos pontos amostrados nos Rios Iguazu e Paraná.

Em relação às fases larvais, no Rio Paraná foram observados dois picos de larvas véliger, coincidentes com os picos de maior densidade larval. Na amostragem de dezembro foi registrado um pico de larvas umbonadas e a densidade de larvas véliger foi praticamente zero (Figura 4-12).

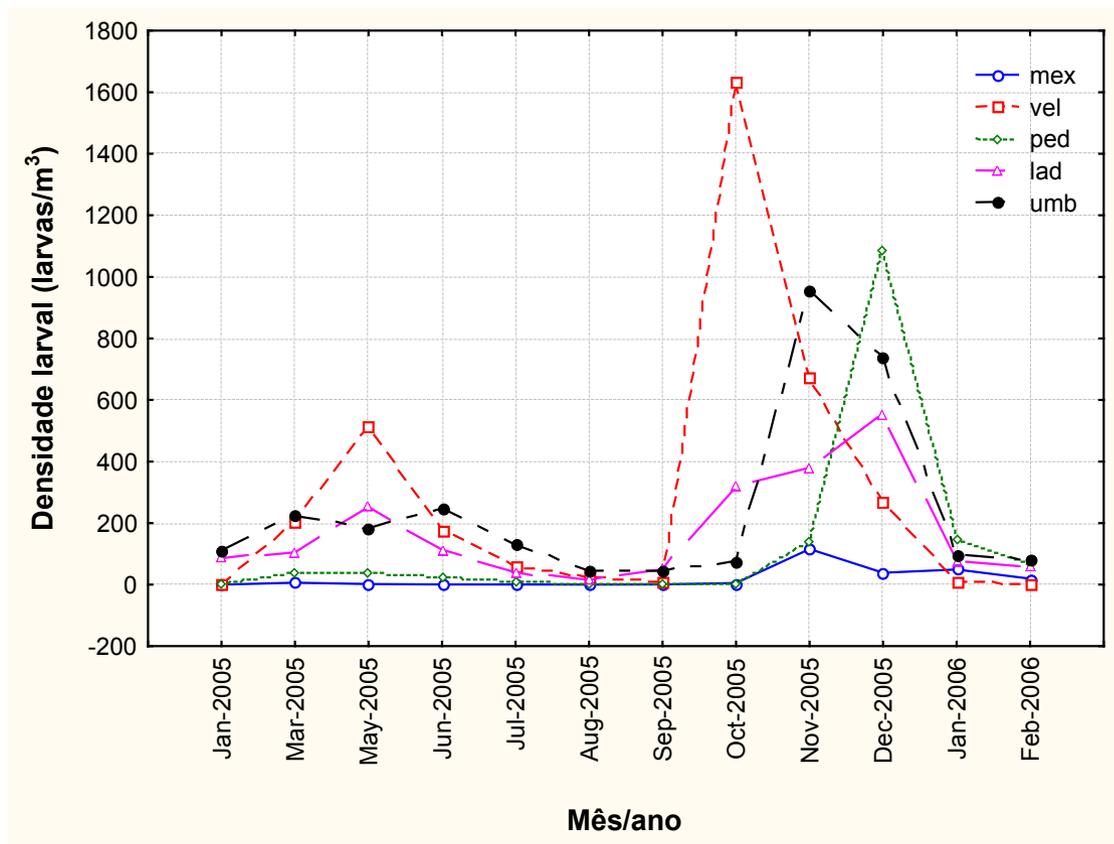


Figura 4-12 - Estágios de desenvolvimento de *L. fortunei* no ponto amostral do Rio Paraná.

A densidade larval no Rio Iguaçu foi baixa na primeira coleta, com valores entre 3 e 27 larvas/m³. Os máximos foram registrados nos meses de setembro, outubro e novembro (Figura 4-13). Os estágios mais abundantes em julho, setembro e novembro foram larva D e umbonada. No pico do mês de outubro, a maior ocorrência foi de larvas do estágio pediveliger.

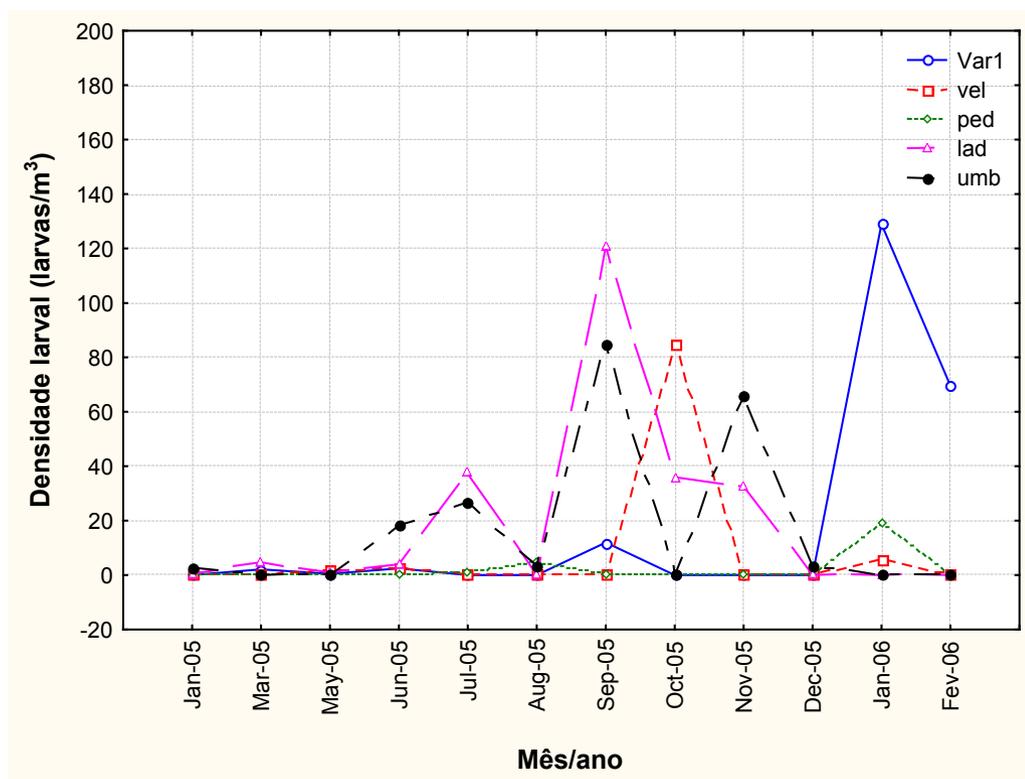


Figura 4-13 - Estágios de desenvolvimento de *L. fortunei* no ponto amostral do Rio Iguaçu.

4.5 Testes de sobrevivência das larvas

A densidade larval do Ponto 3 foi inferior à registrada nos demais pontos (1 e 2), com densidade média de 45 larvas/m³.

Os máximos no Ponto 3 foram observados em junho e outubro de 2005 (Tabela 42). Esses valores apresentaram os mesmos máximos obtidos no Ponto 2, no período da manhã (Figura 4-7). As taxas de sobrevivência mais altas foram observadas em fevereiro de 2006, seguida do mês de janeiro do mesmo ano.

Tabela 4-2 - Densidades larvais (larvas/m³) de *L. fortunei*, obtidas no Ponto 3.

	JAN	MAR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
MORTAS	3	5	63	141	15	0	6	222	4	1	9	7
VIVAS	0	1	3	1	0	0	0	48	0	0	3	4
TOTAL	3	6	66	142	15	0	6	270	4	1	12	11
SOBREV.	0%	16,6%	4,5%	0%	0%	0%	0%	17,8%	0%	0%	25%	36,4%

Foram feitas 3 coletas nos pontos 4 e 5, nos meses de novembro, dezembro de 2004 e janeiro de 2005. Na análise de sobrevivência das larvas não foi observada a presença de larvas de *L. fortunei* vivas nos 2 pontos amostrais.

Na análise das amostras coletadas no reservatório da Vila A (Ponto 6) foram observados apenas indivíduos mortos de vários grupos zooplancctônicos, inclusive valvas de larvas de *L. fortunei* vazias.

Nos Pontos 4, 5 e 6 foram observados apenas indivíduos mortos de vários grupos zooplancctônicos (Tabela 4-3), inclusive valvas vazias de larvas de *L. fortunei*.

Tabela 4-3 - Resultados dos testes de sobrevivência realizados nos Pontos 4, 5 e 6.

TRIAGENS	MESES DE 2005/2006						
	NOVEMBRO		DEZEMBRO		JANEIRO		
	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Total de larvas	0	0	0	0	0	0	1
Larvas mortas	1	0	0	0	0	0	1
Larvas vivas	0	0	0	0	0	0	0
Sobrevivência	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Volume filtrado (L)	3.300	3.300	3.300	3.300	4.700	4.700	4.700

4.6 Taxas de assentamento

Após a retirada do primeiro conjunto de placas, foi possível estabelecer a divisão dos animais assentados em três categorias, segundo seu comprimento e estágio de desenvolvimento: larvas (menores que 5 mm), juvenis entre 6 e 15 mm e juvenis maiores que 15 mm.

Os valores de assentamento de indivíduos da classe de comprimento maior ou igual a 15 mm nas placas horizontais foram bastante superiores aos quantificados nas placas verticais. Foi registrado um pico de assentamento entre os meses de maio a setembro de 2005 (Figura 4-14).

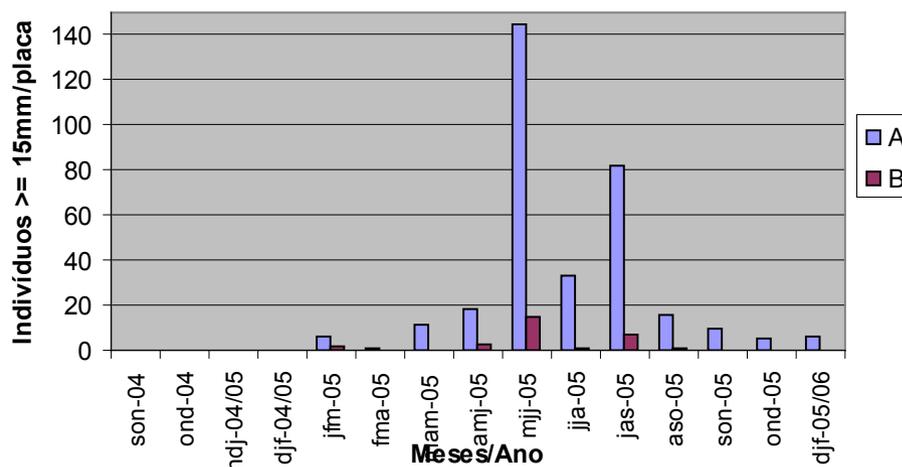


Figura 4-14 - Assentamento de indivíduos maiores ou iguais a 15 mm. A) placas horizontais; B) placas verticais.

A taxa de assentamento de indivíduos iguais ou maiores que 6 mm foi maior nas placas horizontais que nas verticais ($p < 0,05$) (Figura 4-15). Houve um máximo de assentamento entre os meses de maio a julho de 2005, mas apenas nas placas horizontais. Nas placas verticais não foram detectados períodos de aumento nas taxas de assentamento.

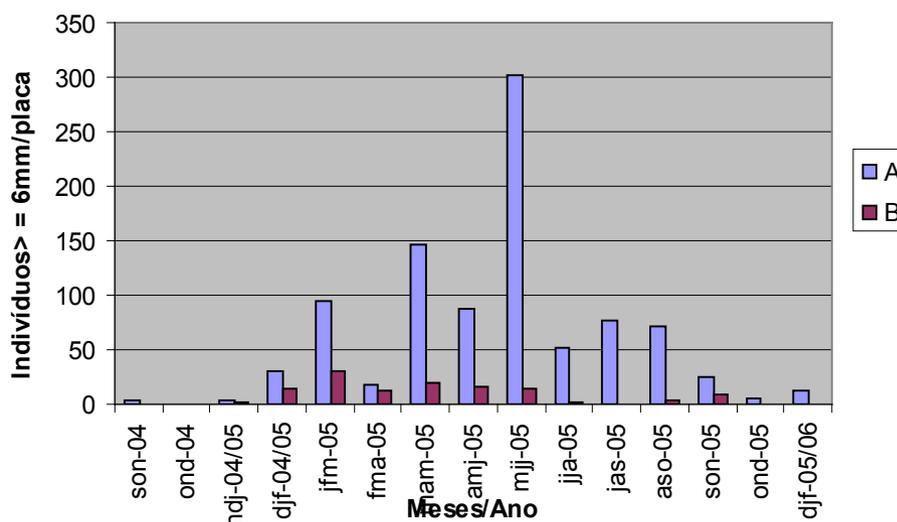


Figura 4-15 - Assentamento de indivíduos maiores ou iguais a 6 mm: A- placas horizontais; B- placas verticais.

A taxa de assentamento de organismos menores que 5 mm foi maior nas placas A (horizontais) do que nas placas B (verticais) ($p < 0,05$). Foram registrados dois picos de assentamento de indivíduos nas placas horizontais: entre setembro e novembro de 2004 e entre março e maio de 2005. Nas placas posicionadas verticalmente houve apenas um pico: entre março e junho de 2005 (Figura 4-16).

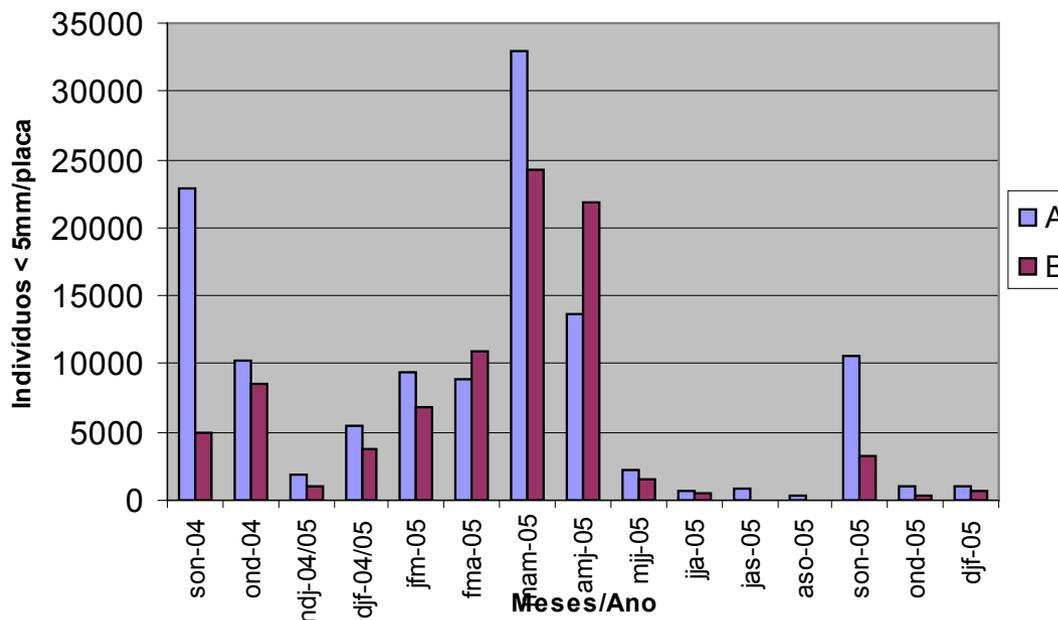


Figura 4-16 - Assentamento de indivíduos menores que 5 mm: A – placas horizontais; B – placas verticais.

5. Discussão

51. Variação nictemeral

A distribuição vertical e a migração nictemeral do zooplâncton têm sido estudadas por um longo tempo e ainda não são processos totalmente compreendidos (LAMPERT, 2005). Luz, gravidade, velocidade do fluxo da água, temperatura e concentração de alimento afetam a distribuição vertical de muitas larvas de invertebrados aquáticos e a forma como variam em escala temporal, afetando, com isso, a composição do zooplâncton em diferentes períodos (dia-noite, estações do ano) (DOBRETSOV e MIRON, 2001).

A presença de um organismo invasor como o mexilhão dourado *L. fortunei* pode causar no ambiente uma série de distúrbios, sejam ambientais ou econômicos. Entre esses últimos, pode-se citar a oclusão de tubulações, com conseqüente diminuição do fluxo de água, causando entupimentos nos sistemas coletores, de tratamento e de distribuição de água e também contaminação da água por mortandade em massa dos indivíduos fixados e conseqüente alteração de suas características químicas. O primeiro registro de obstrução por essa espécie em locais de captação de água para consumo humano na América do Sul foi reportado por Darrigran (1995) na Argentina.

A caixa de passagem é a estrutura por onde a água efetivamente entra na ETA. Nesse local, a água ainda se encontra “in natura”, ou seja, em condições semelhantes às do reservatório. Por esse motivo, as paredes internas dessa caixa de passagem se encontram incrustadas com juvenis e indivíduos adultos de *L. fortunei* que, apesar do fluxo da água que está entrando no sistema ser forte e constante, consegue se fixar na estrutura.

Em função da baixa dinâmica física que caracteriza um lago ou reservatório, a coluna d'água pode determinar a existência de um gradiente vertical de habitats para o zooplâncton. Camadas superiores e camadas mais profundas separadas por uma termoclina, por exemplo, diferem muito a respeito de temperatura, luz, disponibilidade e risco de predação e, por isso, as populações zooplanctônicas costumam apresentar padrões distintos de distribuição horizontal e vertical ao longo do dia (LAMPERT, 2005).

O padrão mais comum de migração nictemeral geralmente acontece quando o zooplâncton deixa a superfície durante o dia e vai para as camadas mais profundas, para escapar da predação, retornando à superfície à noite (JOHNSEN e JAKOBSEN, 1987).

Os resultados demonstraram que há diferença entre as densidades larvais obtidas no Ponto 1 e no Ponto 2. Pode-se dizer que, tomando-se como base a média mensal

dos dois pontos, cerca de 50% das larvas presentes no ponto de captação não chega, de fato, à ETA.

Os resultados obtidos com as coletas realizadas na caixa de passagem da ETA Vila C indicaram um comportamento distinto por parte dos estágios de desenvolvimento de *L. fortunei*, que estariam presentes em maior densidade nas coletas realizadas pela manhã, em todas as estações, sendo que a diferença entre os turnos se torna mais evidente no outono e na primavera, quando foram registradas as maiores variações de temperatura da água ao longo do ano. Como a bomba de captação de água da ETA Vila C capta a profundidades variáveis entre 2 e 4 m, dependendo do nível do reservatório, que, por sua vez, depende do regime hídrico da região, pode-se afirmar que a captação é realizada mais próxima ao fundo que da superfície.

Os testes de fototaxia foram realizados para que se comprovasse a capacidade natatória das larvas de *L. fortunei*, baseando-se no princípio de que a grande maioria dos organismos do macrozooplâncton, inclusive larvas de bivalve, apresenta fototropismo positivo (SELLERS e STANLEY, 1984). Contudo, os testes realizados não corroboraram essa tendência no caso do mexilhão dourado *L. fortunei*. As observações realizadas com auxílio de microscópio estereoscópico indicaram que, apesar de possuírem cílios bastante móveis, os batimentos ciliares não seriam suficientes para fazerem as larvas se deslocarem ativamente e continuamente em direção à luz. Tal observação concorda com a afirmação de Lampert (2005). Segundo o autor, os estágios iniciais de desenvolvimento de bivalves costumam apresentar capacidade natatória bastante reduzida. Por outro lado, Cataldo *et al* (2005) afirmam que os batimentos ciliares de estágios iniciais de desenvolvimento de *L. fortunei* permitiriam às larvas tanto ativar quanto coordenar a natação, sem, no entanto, descrever ou quantificar qual seria a capacidade natatória das mesmas. Os autores afirmam que, à medida que o desenvolvimento larval ocorre, diminui a capacidade natatória das larvas. No presente caso, não foram observadas diferenças significativas de deslocamento de larvas D em relação a larvas umbonadas em direção à luz.

Se, por um lado, os dados sobre o comportamento fototático de larvas de *L. fortunei* são raros, o mesmo não se pode dizer em relação à fototaxia de estágios mais avançados de desenvolvimento da espécie. Morton (1977) e Uryu *et al.* (1996) descreveram a existência de fototaxia negativa entre juvenis e adultos de *L. fortunei*. Kobak (2001) afirma que espécies de bivalves que formam extensos aglomerados como *L. fortunei* e *Dreissena polymorpha* (mexilhão zebra, outro molusco invasor), obtêm vantagens nesse comportamento, uma vez que ficariam mais protegidos contra dessecação e predadores em locais escuros e profundos.

A hipótese aqui sugerida para explicar os padrões de variação nictemeral das larvas de *L. fortunei* está relacionada à variação diária e sazonal da temperatura da água no reservatório, junto ao ponto de captação de água da ETA Vila C.

As maiores variações da temperatura da água registradas durante o outono e a primavera, contrastam com a relativa estabilidade observada durante o verão e o inverno. Essa maior variação de temperatura implica também em uma maior variação da densidade da água e, portanto, em uma maior circulação vertical, causada por correntes de densidade, justamente durante o outono e a primavera e uma maior tendência de formação de termoclinas durante o verão e o inverno, conforme descrito por Brunknow *et al.* (1988).

Assim sendo, o transporte passivo de larvas ao longo da coluna d'água seria muito mais significativo durante o outono e a primavera (quando foram observadas as maiores médias mensais de densidade larval, Tabela 4-2), o que explicaria a não existência de diferença significativa de densidades larvais durante o verão e o inverno nos diferentes turnos.

5.2 Densidade larval nos rios Paraná e Iguazu

O Rio Paraná possui 2.739 km de extensão e, segundo Depetris e Kempe (1993), possui a segunda maior bacia de drenagem da América do Sul ($2,6 \times 10^6$ km²), drenando áreas do Brasil, Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai. Estima-se que o sistema hidroviário Paraná-Paraguai movimente mais de seis milhões de toneladas de carga por ano (SILVEIRA, 2005). Esse transporte de carga deve ser considerado como um meio potencial de dispersão do mexilhão dourado ao longo do Rio Paraná.

Na extensão desse rio existem usinas hidrelétricas de grande e médio portes (Itaipu, Ilha Solteira, Jupiá e Porto Primavera) e a presença do mexilhão dourado foi reportada em todas elas (OLIVEIRA, 2004). Oliveira *et al.* (2000) consideraram que o sistema hidroviário Paraguai-Paraná é o principal meio de dispersão de *L. fortunei* para o centro do Brasil.

Apesar da importância dessa bacia e do fato de que a colonização desse ambiente pela espécie ser considerada irreversível e sua dispersão por outros sistemas da América do Sul ser apenas uma questão de tempo (CATALDO e BOLTOVSKOY, 2000), há poucos dados disponíveis a respeito de sua ocorrência na porção brasileira do Rio Paraná. Em um dos poucos registros - sob a forma de um relatório - Boltovskoy e Cataldo (2003) analisaram a presença de formas larvais no Reservatório Itaipu (Foz do Iguaçu, PR) durante os anos de 2002 e 2003.

Em relação ao Rio Iguaçu, há igual ou ainda maior escassez de informações. Belz *et al.* (2005) realizaram a prospecção do molusco em reservatórios das principais bacias do estado do Paraná, incluindo a bacia do Iguaçu e não registraram a presença de *L. fortunei* em nenhuma das bacias analisadas, a não ser na do Rio Paraná.

Os máximos de densidade larval registrados neste trabalho no Rio Paraná (maio – junho e outubro) coincidem com os dados quantificados junto ao ponto de captação de água da ETA Vila C, localizado no Reservatório Itaipu, a jusante dos pontos amostrais aqui adotados.

A diminuição na densidade larval no Rio Paraná nos meses de temperatura mais baixa também encontra correspondência com os resultados obtidos naquele mesmo estudo. Esses resultados confirmam a existência de um período de pausa na reprodução de *L. fortunei* que, no referido trabalho, se estendeu entre os meses de julho e agosto.

Cataldo e Boltovskoy (2000) realizaram um levantamento de estágios larvais na região do Baixo Paraná e do estuário do Rio da Prata (Argentina), no período entre setembro de 1997 e janeiro de 1999. Naquela ocasião, os autores encontraram densidades de até 33.706 larvas/m³ (fevereiro de 1998).

Em outro levantamento realizado por Boltovskoy e Cataldo (2003), foi observado que a grande maioria dos valores de densidade larval no reservatório se encontrava, em média, no período monitorado (março de 2002 a abril de 2003), abaixo de 500 larvas/m³ e muito raramente ultrapassaram 1.500 larvas/m³. No relatório, os autores compararam esses dados com o trabalho anteriormente citado (CATALDO e BOLTOSKOY, 2000), onde as densidades eram superiores a 10.000, chegando a 20.000 larvas/m³, sendo que a média anual para o baixo Rio Paraná e Rio da Prata variou entre 4.600-4.900 larvas/m³ e do Reservatório Itaipu foi de apenas 320 larvas/m³. Os autores justificaram essa grande diferença pela introdução relativamente recente da espécie no Reservatório Itaipu (registrada em 2000 por ZANELLA e MARENDA, 2002), contra os quase 10 anos da presença de *L. fortunei*, na ocasião do estudo no Baixo Rio Paraná e Rio da Prata.

No presente trabalho, a densidade média de larvas de *L. fortunei* no plancton no Rio Paraná, no período analisado, chegou a 949 larvas/m³, com pico de 3.000 larvas/m³ em outubro, valores inferiores à média registrada no ponto amostral localizado no Reservatório Itaipu, que foi de 2.755 larvas/m³, com pico de 17.369 larvas/m³, também em outubro do mesmo ano. Essa diferença na densidade pode ser justificada pela dinâmica desses ambientes, sendo que a menor dinâmica física de um ambiente lêntico favoreceria o estabelecimento mais rápido da espécie.

Neste trabalho, se registra a densidade de estágios larvais de *L. fortunei* no Rio Iguaçu. Ainda que em valores baixos (média anual de 50 larvas/m³), a identificação de larvas no Rio Iguaçu serve de alerta para o risco de invasão deste importante rio paranaense.

Há que se considerar que, apesar da grande barreira natural existente, as Cataratas do Iguaçu, ao lado do ponto amostral do Rio Iguaçu utilizado neste trabalho existe uma empresa de extração de areia, que poderia ser um meio de dispersão da espécie,

uma vez que a areia é retirada do leito do rio. Assim, o mexilhão dourado poderia ser transportado nessa areia, por meio de caminhões, e, caso encontre condições ideais, colonizar o rio a montante das cataratas.

5.3 Sobrevivência

Os processos de produção de água potável são particularmente vulneráveis à presença de espécies invasoras como *L. fortunei*, pela probabilidade de redução das tubulações e aumento da rugosidade nas paredes internas pela incrustação da espécie, o que diminui o fluxo da água. Extensivas colonizações podem ainda alterar os padrões de sedimentação em reservatórios, causando também modificações na captação de água.

O cloro é extensivamente utilizado como biocida de alta eficácia no controle de moluscos de água doce (CATALDO *et al.*, 2003). A resistência ao cloro varia conforme a idade, o tamanho e o estágio de desenvolvimento. Estágios de véliger de *Dreissena polymorpha* (mexilhão-zebra) são muito mais sensíveis ao cloro do que os adultos da mesma espécie (CLAUDI e MACKIE, 1994).

O efeito do cloro sobre *L. fortunei* foi, até o presente momento, pouco estudado. Cataldo *et al.* (2003) analisaram a toxicidade do cloro e de outros moluscicidas sobre adultos da espécie e verificaram que o cloro, a uma temperatura de 25°C, causava 100% de mortalidade dos indivíduos testados em um período compreendido entre 11 e 17 dias, ou seja, os indivíduos adultos dessa espécie possuem uma razoável resistência ao cloro.

Magara *et al* (2001) afirmaram que, apesar do cloro ser bastante eficiente no controle das larvas de *L. fortunei*, haveria uma série de desvantagens em seu uso, como a formação de compostos tóxicos como o trihalometano e outros compostos orgânicos halogenados.

No presente trabalho verificou-se que a sobrevivência das larvas coletadas no Ponto 3 foi, em sete dos doze meses analisados, de 0%. A taxa mais alta foi registrada no mês de fevereiro de 2006, quando 36% das larvas que chegaram até o Ponto 3 estavam vivas. Apesar de alta se comparada as outras coletas, deve-se considerar que é no Ponto 3 onde ocorre a injeção de cloro, ou seja, o tempo de exposição ao cloro naquele ponto de coleta é pequeno. A água permanece nas câmaras de contato (Pontos 4 e 5) que são reservatórios de água tratada, antes de ser distribuída à população. Nas câmaras de contato não foram encontradas larvas vivas de *L. fortunei* ou de quaisquer organismos do plâncton nas 4 coletas realizadas.

O número de larvas que sobrevive as etapas do tratamento até o Ponto 3 é menor do que o encontrado no Ponto 1 (reservatório) e no Ponto 2 (caixa de passagem). No

mês de fevereiro ocorreu a mais alta taxa de sobrevivência 11 larvas/m³ no Ponto 3, e 706 larvas/m³ no Ponto 1. No mês com maior registro de coleta de larvas no Ponto 3 (outubro de 2005, 270 larvas/m³ e 17,8% de sobrevivência), no Ponto 1, a densidade larval foi de 17.369 larvas/m³.

5.4 Assentamento em substratos artificiais

Segundo Garton e Haag (1993), o assentamento larval mostra grande variabilidade de espaço-temporal, provavelmente porque reflete a mesma variabilidade no estoque de larvas. Em se tratando de um organismo invasor como *L. fortunei*, é importante a determinação dessa flutuação, principalmente na região do presente estudo, que, além de fornecer a água utilizada na usina hidrelétrica de Itaipu, serve de ponto de captação de água destinada ao consumo de grande parte da população do município de Foz do Iguaçu.

O número de indivíduos menores que 5 mm assentados nos substratos artificiais no período entre março-junho de 2005 apresentou sincronia com o desenvolvimento gonadal dos indivíduos adultos, que atingiu valores bastante altos no mês de fevereiro. Assim, as larvas menores que 5 mm estariam aptas a se fixar no período entre março e maio. Segundo Cataldo *et al.* (2005), o tempo de metamorfose desde a desova até larvas umbonadas pode levar entre 7 a 14 dias nas temperaturas entre 25-28°C. Da mesma forma, os altos valores de assentamento, quantificados nos períodos setembro – novembro de 2004 no mesmo período de 2005, podem ter sido em decorrência do desenvolvimento gonadal registrado entre agosto e setembro.

Os dados relativos à densidade de larvas no plâncton quantificados no período parecem confirmar tais afirmações. A maior quantidade de larvas encontradas no reservatório ocorreu em outubro de 2005.

É preciso considerar que a dispersão de *L. fortunei* não acontece somente durante sua fase larval planctônica. Como ficou demonstrado no presente trabalho, juvenis e adultos podem se soltar de um local e se fixar em outro, com nova formação de bisco. A dispersão em estágios mais avançados de desenvolvimento (pós-metamórfico) é comum em bivalves e gastrópodes marinhos, sendo bastante importante no processo de dispersão e colonização (MARTEL e CHIA, 1991). Esses autores discutem que tais invertebrados teriam um mecanismo alternativo e eficiente de dispersão e que esse mecanismo aumentaria as oportunidades de transporte, com maiores distâncias de dispersão.

Esse comportamento também já foi observado para o mexilhão zebra (*D. polymorpha*). Johnson e Carlton (1996), analisando a rápida colonização da espécie na América do Norte concluíram que ela está relacionada, provavelmente, à dispersão de adultos pelos mais variados vetores.

Martel (1993) realizou um trabalho bastante detalhado a respeito do comportamento de transporte de formas juvenis (pós-metamórficas) do mexilhão zebra pela água. Segundo o autor, o principal mecanismo desse tipo de dispersão envolve a produção de filamentos de muco, que atuaria como âncora, aumentando a força de resistência hidrodinâmica e permitindo a suspensão na coluna d'água através da corrente de água. O autor afirma ainda que essas formas pós-metamórficas têm maior potencial de colonização que as próprias larvas, uma vez que já passaram pelo estresse da metamorfose e pela transição da vida plantônica para bentônica, um período que geralmente apresenta altas taxas de mortalidade. O mesmo autor afirma que há possibilidade desse tipo de transporte acontecer por longas distâncias, de centenas de metros ou até mesmo de quilômetros, se transportados por correntes de deriva de superfície.

O fato de indivíduos maiores terem se fixado nas placas indica que, assim como *D. polymorpha* e algumas espécies de bivalves marinhos, *L. fortunei* também apresenta capacidade de se destacar do local onde já estava fixado e ser levado por correntes até um outro local, onde poderá se fixar. Dessa forma, a capacidade de incrustação da espécie não se restringe às fases larvais, ampliando a extensão da invasão.

6. Conclusão

Os valores de densidade larval coletados nos 5 pontos amostrais (captação, caixa de passagem, injeção de cloro e câmara de contato) apontaram a uma redução drástica na quantidade de larvas já nos pontos iniciais do processo de tratamento de água na ETA Vila C. A densidade média obtida no Ponto 2 é cerca de 50% menor do que no Ponto 1 e esse parâmetro no Ponto 3 representa cerca de 4% da densidade registrada na caixa de passagem (Ponto 2). Sendo assim, a maior parte dos estágios de desenvolvimento de *L. fortunei*, presentes no ponto de captação, não é lançado no sistema de tratamento. A medida que a água passa pelo sistema de tratamento, os indivíduos são retidos e eliminados nas diferentes etapas, chegando a zero no ponto de água para distribuição. O processo de tratamento utilizado na ETA Vila C, em síntese: coagulação, floculação, decantação, filtração, pós-filtração, fluoretacao, correção de pH e armazenamento. Esse processo se mostrou eficaz na eliminação de estágios larvais de *L. fortunei* da água destinada ao abastecimento público.

As taxas de sobrevivência se apresentaram bastante reduzidas. Nos meses em que a taxa esteve elevada, o número de indivíduos coletados no Ponto 3 não foi suficiente para representar uma ameaça de incrustação na rede de distribuição de água. Além disso, as larvas de *L. fortunei* permanecem ainda em contato com o cloro utilizado no tratamento da água nas câmaras de contato (Pontos 4 e 5). Dessa forma, é improvável que os estágios de desenvolvimento de *L. fortunei* presentes no Reservatório Itaipu, de

onde é captada a água para tratamento na ETA Vila C, continuam viáveis para a fixação nas tubulações de distribuição de água para a comunidade.

É importante ressaltar que, apesar deste estudo não focar testes de tratamento de água, registramos que o tempo de contato com o cloro é decisivo na eliminação dos estágios larvais de *L. fortunei* pelo protocolo habitual de tratamento de água. A presença de larvas vivas no ponto de injeção de cloro, ainda que em número reduzido, e a ausência após o tempo de contato nas câmaras é o fator importante na eliminação completa de larvas de *L. fortunei* no tratamento da água.

O registro de estágios de desenvolvimento de *L. fortunei* no Rio Iguaçu, ainda que em densidades muito baixas quando comparadas às do Rio Paraná, demonstram a alta capacidade da espécie na colonização de novos ambientes. Vale ressaltar que as densidades médias registradas no Reservatório Itaipu durante a execução do presente projeto (2.755 larvas/m³) são bastante superiores às densidades anteriormente registradas em 2003 (320 larvas/m³) por Cataldo e Boltovskoy (2003).

Não há registro de problemas causados pela introdução do *L. fortunei* na planta da ETA Vila C, exceto pelas limpezas periódicas na caixa de passagem (Ponto 2) por onde passa a água bruta. Essa limpeza se dá semestralmente, quando a captação da água é interrompida por algumas horas para a remoção dos indivíduos adultos de *L. fortunei* aderidos na caixa de passagem. Na limpeza anual realizada em outros compartimentos da ETA (Ponto 3) não foram encontrados indivíduos aderidos. Provavelmente as larvas observadas vivas no Ponto 2 (injeção de cloro) já não estariam viáveis para fixação, devido ao contato com outros produtos utilizados no tratamento e/ou a ação do protocolo de tratamento habitual.

A variação nictemeral dos estágios de desenvolvimento de *L. fortunei* analisada na caixa de passagem (Ponto 2) é provavelmente devida às variações nos padrões de circulação vertical da água no reservatório do que propriamente pelo comportamento natatório dos estágios de desenvolvimento de *L. fortunei*. Um dado importante registrado no presente projeto é o fato de que essa circulação provocou o aumento na densidade larval no turno da manhã, em todas as estações. Dessa forma, se houver a necessidade de estabelecer novas rotinas no protocolo de tratamento de água na ETA Vila C em função de problemas ocasionados pela introdução de *L. fortunei* no Ponto 2, esse dado poderá subsidiar as tomadas de decisão.

O padrão de assentamento de estágios de desenvolvimento de *L. fortunei* nos substratos artificiais colocados no Reservatório Itaipu demonstrou a alta capacidade de fixação da espécie nos mais variados materiais. Ressaltamos a habilidade de indivíduos juvenis e adultos de se despegar da superfície onde estão fixados e se re-fixar em outros substratos, ampliando seu poder de incrustação.

7. Recomendações para utilização dos resultados pela Funasa e indicativos de custo

O que motivou a execução do presente projeto foi a possibilidade de que a presença do mexilhão dourado (*L. fortunei*) pudesse, de alguma forma, causar danos à saúde pública, através da sua dispersão pela água de abastecimento público.

A colonização de um reservatório de abastecimento de água por uma espécie invasora pode ser responsável por uma série de alterações nas características da água.

Na América do Norte, particularmente nos Estados Unidos e Canadá, há registros de modificações no odor e sabor da água relacionados com ambientes colonizados pelo mexilhão zebra (*D. polymorpha*), também um bivalve invasor.

Por ser uma espécie capaz de filtrar grandes volumes de água, o mexilhão zebra, assim como o mexilhão dourado, pode remover partículas em suspensão na coluna d'água através de sua filtração, liberando essas partículas na forma de fezes ou pseudo-fezes. Essas partículas passam então a se depositar sobre as extensas colônias formadas por esses bivalves, podendo alterar a composição química do ambiente colonizado (LANGE e. WITTMAYER, 1996). Foi também registrada a capacidade seletiva de *D. polymorpha* expelir *Mycrocystis* sp., uma cianobactéria que pode produzir toxinas, na forma de pseudofezes, o que pode promover e, conseqüentemente, conferir mau odor e gosto na água.

O que se verificou na ETA de Água Vila C em relação à colonização das estruturas pelo *L. fortunei* é que a espécie ainda pode ser controlada durante as manutenções periódicas, através da remoção mecânica de indivíduos que porventura estejam causando oclusões no sistema.

Como não foi relatado nenhum registro a respeito de odor e gosto da água distribuída, pode-se inferir que a presença do mexilhão dourado ainda não esteja provocando alterações significativas. Porém, em épocas de estiagem severa, onde o nível do reservatório se mantenha baixo por um período superior a 7 dias, o reservatório poder-a apresentar problemas de odor. Este problema poder ser causado pela morte de indivíduos de *L. fortunei* que morreriam ao ficarem expostos ao ar por tempo superior a uma semana. Também não foi constatada a habilidade dessa espécie de hospedar vetores que poderiam causar problemas de saúde pública.

Os dados registrados no período de execução do projeto poderão embasar a tomada de decisões caso haja uma alteração no cenário atual ou mesmo em outros ambientes, alterados pela colonização de *L. fortunei*.

Para trabalhos futuros há a possibilidade de testar a resistência da larva de *L. fortunei* a ação do cloro e a viabilidade da larva após cada etapa do protocolo habitual de tratamento.

Planos de monitoramento poderão ser realizados com o uso de substratos artificiais, de fácil manuseio e baixo custo, para o acompanhamento constante de reservatórios com a presença ou não de *L. fortunei*.

Projetos de investigação da possível contaminação de galerias de águas pluviais por *L. fortunei*. Planos de prevenção devem ser cuidadosamente elaborados a fim de evitar o lançamento de indivíduos jovens e adultos de *L. fortunei* nessas estruturas. Um exemplo é o cuidado no descarte do lodo de água produzido nas estações de tratamento de água operantes em regiões reconhecidamente contaminadas por *L. fortunei*.

8. Referências Bibliográficas

BELZ, C. E.; BOEGER, W. A. P.; ALBERTI, S. M.; PATELLA, L.; VIANNA, R. T. Prospecção do molusco invasor *Limnoperna fortunei* (DUNKER, 1857) em reservatórios e sistemas de usinas hidrelétricas da Companhia Paranaense de Energia – Copel. Acta Biologica Leopoldensia, v.27, n.2. p.123-126, 2005.

BOLTOVSKOY, D.; CATALDO, D. H. Estudios de evaluación, monitoreo y análisis de medidas de control de incrustaciones de moluscos bivalvos (*Limnoperna fortunei*) en las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Itaipu. Relatório Técnico. 2003.

CATALDO, D.; BOLTOVSKOY, D.; MARINI, V; CORREA, N. Limitantes de *Limnoperna fortunei* en la cuenca del Plata: la predación por peces. In: Tercera jornada sobre conservación de la fauna íctica en el río Uruguay. Paysandu Uruguai. 2002.

CATALDO, D.; BOLTOVSKOY, D.; HERMOSA, J. L.; CANZI, C. Temperature-dependent rates of larval development in *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae). Journal of Molluscan Studies, v.71, n.1, p.41-46, 2005.

CATALDO, D. H.; BOLTOVSKOY, D. Yearly reproductive activity of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia) as inferred from the occurrence of its larvae in the plankton of the lower Paraná River and the Rio da Prata Estuary (Argentina). Aquatic Ecology, v.34, p.307-317, 2000.

DARRIGRAN, G. The recent introduction of a freshwater asiatic bivalve *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. The Veliger, Berkeley, v.32 n.2, p.171-175, 1995.

DEPETRIS, P.J.; KEMPE, S. Carbon dynamics and sources in the Parana River Limnology and Oceanography, v.38, n.2, p.382-395, 1993.

- DOBRETSOV, S. V.; MIRON, G. Larval and post-larval vertical distribution of the mussel *Mytilus edulis* in the White Sea. *Marine Ecology Progress Series*, v. 218, p.179–187, 2001.
- GARTON, D. W.; HAAG, W. D. Seasonal reproductive cycles and settlement patterns of *Dreissena polymorpha* in western Lake Erie. In: *Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control*. Ed. NALEPA, T. F. e SCHLOESSER, D. W.). Lewis Publishers. Boca Raton, Florida .USA. p. 111-128, 1993.
- JOHNSEN, G. H.; JAKOBSEN, P.J. The effect of food limitation on vertical migration in *Daphnia longispina*. *Limnology and Oceanography*, v.32, p.873-880, 1987.
- JOHNSON, L. E.; CARLTON, J. T. Post-establishment spread in large-scale invasions: dispersal mechanisms of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Ecology*, v.77, n.6, p.1686-1690, 1996.
- KOBAK, J. Light, gravity and conspecifics as cues to site selection and attachment behaviour of juvenile and adult *Dreissena polymorpha* Pallas, 1771. *Journal of Molluscan Studies*, v.67, p.183-189, 2001.
- LAMPERT, W. Vertical distribution of zooplankton: density dependence and evidence for an ideal free distribution with costs <http://www.biomedcentral.com/1741-7007/3/10> .2005. (acesso em 27/01/2006)
- MARTEL, A.; CHIA, F. S. Drifting and dispersal of small bivalves and gastropods with direct development. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v.150, n.1, p.131-147, 1991.
- MARTEL, A. Dispersal and recruitment of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in a nearshore area in West-central Lake Erie: the significance of postmetamorphic drifting. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v.50, p.3-12, 1993.
- MORTON, B. The population dynamics of *Limnoperna fortunei* (DUNKER, 1857) (Bivalvia: Mytacea) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong. *Malacologia*, v.16, p.165-182, 1977.
- MORTON, B. The aquatic nuisance species problem: a global perspective and review. *In Zebra mussels and aquatic nuisance species*. In: F. Dimitri. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan. EUA. 1996.
- OLIVEIRA, M. D.; TAKEDA, A. M.; BARBOSA, D. S.; CALHEIROS, D. F. Ocorrência da espécie exótica Mexilhão Dourado (Bivalvia, Mytilidae) no Rio Paraguai, Pantanal, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 3, Corumbá. Resumos. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2000.
- OLIVEIRA, M. D.; PELLEGRIN, L. A.; BARRETO, R. R. e XAVIER, I. G. Área de ocorrência do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) na Bacia do Alto Paraguai entre os anos de 1998 e 2004. *Embrapa Documentos*, v. 64. 19 p. 2004.

SELLERS, M.; STANLEY, J. Species Profiles: Life Histories and Environmental Requirements of Coastal Fishes and Invertebrates (North Atlantic) - American Oyster. U.S. Fish and Wildlife Service Biol. Rep., v.82, n.11.23, p.16, 1984.

SILVEIRA, J. P. <http://www.amcham.com.br/advocacy/informativos/advocacy>
2001-12 10f_arquivo (acesso em 25/01/2006).2005.

URYU, Y.; IWASAKI, K.; HINOUE, M. Laboratory experiments on behavior and movement of a freshwater mussel, *Limnoperna fortunei* (DUNKER). Journal of Molluscan Studies, v.62, p.327–341, 1996.

WICKSTEAD, J.H. - Zooplankton marino – Serie Cuadernos de Biología. 70p. Ediciones Omega, Espanha. 1979.

ZANELLA, O.; MARENDIA, L. D. Ocorrência de *Limnoperna fortunei* na Central Hidrelétrica de Itaipu. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE MALACOLOGIA, 5, São Paulo. Resumos. São Paulo: Instituto Butantan/ Instituto de Biociências-USP. 2002. p.41.

Relação das pesquisas conveniadas/selecionadas pela Funasa Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento

Edital 001/2000

1. Potenciais fatores de risco à saúde decorrentes da presença de subprodutos de cloração na água utilizada para consumo humano, coordenador Valter Lúcio de Pádua, Universidade Federal do Ceará.

2. Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas. Região de Cuiabá e Várzea Grande - MT, coordenador Renato Blat Migliorini, Universidade Federal do Mato Grosso.

3. Estudo de processos aplicados ao tratamento de efluentes de serviços de saúde com ênfase a etapa de remoção de organismos patogênicos, coordenador Luiz Olinto Monteggia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

4. Aplicação controlada de água residuária e lodo de esgoto, no solo para melhorar e incrementar a agricultura do semi-árido nordestino, coordenadora Annemarie König, Universidade Federal de Campina Grande.

5. Exclusão sanitária em Belo Horizonte - MG: caracterização e associação com indicadores de saúde, coordenador Léo Heller, Universidade Federal de Minas Gerais.

6. *Estudo dos impactos das melhorias sanitárias domiciliares no Município de Vitória, no combate as doenças de veiculação hídrica, coordenadora Cleunice Inácio Rodrigues, Prefeitura Municipal de Vitória.*

7. Taipa para o Brasil, coordenador Marcondes Araújo Lima, Universidade Federal do Ceará.

8. Indicadores biológicos de qualidade da água (coliformes fecais, Escherichia coli e Cryptosporidium) e o impacto das doenças de veiculação hídrica: estudo de caso – Parque Cuiabá – Cuiabá - MT, coordenadora Edna Lopes Hardoim, Universidade Federal do Mato Grosso.

9. Tecnologias não convencionais para o tratamento de água para pequenas comunidades, incluindo desinfecção, coordenadora Cristina Célia Silveira Brandão, Universidade de Brasília.

10. Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado, coordenador André Monteiro Costa, Fundação Oswaldo Cruz.

Edital 001/2001

1. Detecção simplificada de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água utilizando substrato cromogênico em microplacas e metodologia NMP, coordenador Sérgio Túlio Alves Cassini, Universidade Federal do Espírito Santo.

2. Dessalinizador para obtenção de água potável em pequenas comunidades com utilização de resinas de troca iônica de energias alternativas, coordenadora: Andréa Lessa da Fonseca, Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte.

3. Produção de água potável através de destilação solar natural, coordenador Maurício Luiz Sens, Universidade Federal de Santa Catarina.

4. Potencial de florações de cianobactérias em um reservatório de abastecimento doméstico no Estado do Espírito Santo (Reservatório Duas Bocas), coordenadora Valéria de Oliveira Fernandes, Universidade Federal do Espírito Santo.

5. Efeitos de fatores físicos e químicos no crescimento de cianobactéria e proposição de técnicas de tratamento de água para remoção de cianobactérias e cianotoxinas, coordenadora Sandra Maria Feliciano de Oliveira Azevedo, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

6. Desempenho de uma ETA convencional na remoção de protozoários em águas de abastecimento, coordenador Ricardo Franci Gonçalves, Universidade Federal do Espírito Santo.

7. *Disposição no solo como uma alternativa de tratamento e pós-tratamento de esgoto para pequenas comunidades, coordenadora Sandra Tédde Santaella, Universidade Federal do Ceará.*

8. Desenvolvimento de sistema compacto para tratamento de esgotos domésticos oriundos de populações dispersas ou de pequenas comunidades em áreas rurais, coordenador Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, Universidade Federal de Minas Gerais.

9. Simulação matemática de impacto da disposição final de efluentes sanitários em corpo receptor, caso estudo: sub-bacia de Arroio Demétrio, bacia hidrográfica do Rio Gravataí – RS, coordenador Sérgio João de Luca, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

10. Avaliação de sustentabilidade tecnológica e ambiental de aterros sanitários como método de tratamento e de disposição final de resíduos de serviços de saúde, coordenadora Liséte Celina Lange, Universidade Federal de Minas Gerais.

11. Avaliação de métodos de desinfecção de resíduo hospitalar e seu percolado, coordenador Sebastião Roberto Soares, Universidade Federal de Santa Catarina.

12. Tecnologia simplificada para remediação de área degradada por lixão estudo de caso: Município de Araguari, coordenadora Maria de Fátima Abreu, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.

13. Barramento com pneus usados para contenção de solo e água, aterraceamento com tiras de pneus, coordenador José Geraldo Vasconcelos Baracuh, Universidade Federal de Campina Grande.

14. Avaliação de relevância da supervisão da Fundação Nacional de Saúde no desempenho de Estações de Tratamento de Águas operadas por Autarquias Municipais no Estado de Minas Gerais, coordenador Marcelo Libânio, Universidade Federal de Minas Gerais.

15. Uso de Indicadores quali-quantitativos na avaliação dos serviços de Saneamento na cidade de Salvador- Bahia, coordenadora Patrícia Campos Borja, Universidade Federal da Bahia.

16. A avaliação da efetividade das ações de saneamento do Rio Grande do Norte, coordenadora Maria do Socorro Quirino Escoda, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

17. Filtros domésticos: avaliação de sua eficácia e eficiência na redução de agentes patogênicos, coordenador Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão, Universidade Federal de Pernambuco.

18. Tecnologia de construção e adaptação de unidades de saúde para os povos indígenas, coordenadora Maria Fátima Roberto Machado, Universidade Federal do Mato Grosso.

Edital 001/2003

1. Avaliação do rendimento, qualidade da água produzida e custos de dessalinizadores instalados no município de Poço Redondo – SE, coordenador Mário Takayuki Kato, Universidade Federal de Pernambuco.
2. Metodologia para localização de obras superficiais e sub-superficiais de captação de água através de mapeamento de zonas de qualidade de água, coordenador José Dantas Neto, Universidade Federal de Campina Grande.
3. Avaliação da eficiência do protocolo de tratamento de água na ETA Vila C no controle de larvas de *Limnoperna fortunei*, coordenador Cleverson Vítório Andreoli, Companhia de Saneamento do Paraná.
4. Avaliação da aplicação do dióxido de cloro no tratamento de água para consumo humano, coordenador Rafael Kopschitz X. Bastos, Universidade Federal de Viçosa.
5. Avaliação de métodos de remoção e inativação de formas de resistência de protozoários parasitos da água, coordenadora Vanete Thomaz Soccol, Universidade Federal do Paraná.
6. Avaliação da filtração em múltiplas etapas para remoção de turbidez de águas superficiais, coordenador Eduardo Quejia de Siqueira, Universidade Federal de Goiás.
7. Proteção sanitária das cisternas utilizadas na reservação de águas pluviais para uso domiciliar: aspectos técnicos e educacionais”, coordenador Valter Lúcio de Pádua, Universidade Federal de Minas Gerais.
8. Adsorção de cianotoxinas em diferentes matrizes, coordenadora Marta Maria Menezes Bezerra Duarte, Instituto de Tecnologia de Pernambuco.
9. Utilização de processos oxidativos avançados para remediação de águas contaminadas com toxinas produzidas por cianobactérias, coordenador Patrício Peralta Zamora, Universidade Federal do Paraná.
10. Desfluoretação parcial de águas subterrâneas, coordenador Eduardo Lobo Alcayaga, Universidade de Santa Cruz do Sul.
11. Contribuições ao Desenvolvimento de Concepções alternativas de tanques sépticos, coordenador Daniel Costa dos Santos, Universidade Federal do Paraná.
12. Arranjos tecnológicos para tratamento de esgotos sanitários de forma descentralizada, coordenador Luiz Sérgio Philippi, Universidade Federal de Santa Catarina.

13. Promoção de saneamento ambiental em pequenas comunidades e regiões carentes, coordenador Harrysson Luiz da Silva, Universidade Federal de Santa Catarina.
14. Saneamento ambiental em comunidades rurais do entorno do Parque Estadual do Rio Preto, Vale do Jequitinhonha, coordenadora Rosana Passos Cambraia Beininger, Faculdades Federais Integradas de Diamantina.
15. Proposta de melhorias no sistema de manejo e disposição dos resíduos sólidos para pequenas comunidades, coordenadora Viviana Maria Zanta, Universidade Federal da Bahia.
16. Implantação de um sistema de gestão integrada de resíduos sólidos no Arraial de São Francisco do Mombaça, coordenadora Sandra Maria Furiam Dias, Universidade Estadual de Feira de Santana.
17. Tecnologia para otimização do uso da água no domicílio, coordenadora Lúcia Helena de Oliveira, Universidade Federal de Goiás.
18. Tecnologia de sistemas condominiais de esgotos: uma avaliação de sua aplicação em cidades de diferentes portes, coordenador Augusto Fernandes Carvalho Sá de Oliveira, Universidade Federal da Bahia.
19. Avaliação das condições sanitárias de microáreas, de ligações intradomiciliares da rede de esgotamento sanitário do Programa Bahia Azul, coordenadora Rita de Cássia Franco Rego, Universidade Federal da Bahia.
20. Programas municipais de coleta seletiva de lixo como fator de sustentabilidade dos sistemas públicos de saneamento ambiental na região metropolitana de São Paulo, coordenadora Helena Ribeiro, Universidade de São Paulo.
21. Representações e práticas sociais ligadas a Gestão Água, coordenadora Ariane Kuhnen, Universidade Federal de Santa Catarina.
22. Percepções e usos da água em pequenas comunidades: uma perspectiva antropológica, coordenadora Carla Costa Teixeira, Universidade de Brasília.
23. Gestão de odores em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) utilizando o processo de biofiltração, coordenador Paulo Belli Filho, Universidade Federal de Santa Catarina.
24. Impacto das ações de saneamento na saúde das populações das terras indígenas de Ivaí e Faxinal no Estado do Paraná, coordenador Max Jean de Ornelas Toledo, Universidade Estadual de Maringá.

25. Pesquisa-ação no Distrito de Iauaretê do Município de São Gabriel da Cachoeira/AM. Proposta de melhorias sanitárias e mudanças de hábitos, coordenadora Maria Cecília Focesi Pelicioni, Universidade de São Paulo.

Edital 001/2007

1. Sistema simplificado de tratamento de água para remoção de cor a ser utilizada nas pequenas comunidades rurais na Amazônia utilizando plantas como coagulante natural, coordenador Ézio Sargentini Júnior, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Ministério da Ciência e Tecnologia.

2. Estudo da minimização das perdas físicas em sistema de distribuição de água utilizando o modelo EPANET, coordenador Gilson Alberto Rosa Lima, Universidade Federal do Mato Grosso.

3. Aplicação da eletrodialise para remoção de compostos nitrogenados em águas para abastecimento público, coordenador Andréa Moura Bernardes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

4. Aprimoramento de tecnologia de potabilização para remoção de microalgas, cianobactérias e cianotoxinas presentes em mananciais de captação superficial eutrofizados por filtração direta com filtro autolimpante, coordenador Maurício Luiz Sens, Universidade Federal de Santa Catarina.

5. Uso associado de técnicas computacionais e de experimentação voltado ao gerenciamento de perdas em sistemas de abastecimento de água, coordenador Peter Batista Cheung, Universidade Federal de Santa Catarina.

6. Pós-tratamento de esgotos usando filtro raiz em áreas alagáveis, coordenador Alex Fabiano Ribeiro de Magalhães, Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica.

7. Avaliação e análise comparativa de três diferentes sistemas de Wetlands - Fluxo Superficial, Vertical e Sub-superficial - utilizados para o tratamento de efluentes pluviais contaminados por poluição, coordenador Marcos Von Sperling, Universidade Federal de Minas Gerais.

8. Tecnologia de tratamento de lodo de tanque séptico unifamiliar conjuntamente com resíduos sólidos orgânicos para municípios de pequeno porte do semi-árido paraibano - TECTRALORO, coordenador José Tavares de Sousa, Universidade Estadual da Paraíba.

9. Avaliação Operacional e da Eficiência de Lagoas de Estabilização no Estado do RN – ALERN, coordenador André Luis Calado Araújo, Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte.

10. Alternativas de Gerenciamento Seguro de Lodos de Esgotos sob a Ótica do Saneamento Descentralizado, coordenador Luiz Sérgio Philippi, Universidade Federal de Santa Catarina.

11. Adaptação de Parâmetros de Projeto para Lagoas de Estabilização Aplicáveis às Condições Climáticas da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, Região Meio-Oeste do Estado de Santa Catarina / LAGPEIXE, coordenador Dirceu Scaratti, Universidade do Oeste de Santa Catarina.

12. Modelos de Gestão dos Serviços de Saneamento no Brasil: Limites e Possibilidades, coordenador Luiz Roberto Santos Moraes, Universidade Federal da Bahia.

13. Participação e mobilização Social: Metodologia em ações educativas para o saneamento ambiental para pequenos municípios, coordenador Sandra Maria Furiam Dias, Universidade Estadual de Feira de Santana.

14. Avaliação comparativa de gestão de serviços de saneamento em diferentes modelos institucionais. Estudo em três municípios do Espírito Santo - GESANTO, coordenador Léo Heller, Universidade Federal de Minas Gerais.

15. Saneamento Ambiental, Sustentabilidade e Permacultura em Assentamentos Rurais/Samspar, coordenador Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira, Universidade Federal de São Carlos.

Edital 001/2011

1. Sistemas de tratamento para desfluoretação parcial de águas subterrâneas com presença de flúor superior à estabelecida na Portaria MS nº 518/2004, Adilson Ben da Costa, Universidade de Santa Cruz do Sul.

2. Instrumentos metodológicos para estimular a formação de consórcios públicos voltados para gestão integrada dos serviços de saneamento, Ana Lucia Nogueira de Paiva Brito, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

3. Avaliação de alternativas de pós-tratamento de efluentes de lagoas de estabilização, André Luis Calado Araújo, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

4. Pós-tratamento de efluente de lagoa de estabilização por meio de filtração em pedregulho visando à remoção de cianobactérias, Ariuska Karla Barbosa Amorim, Universidade de Brasília.

5. Metodologia para formulação de consórcios para gestão integrada em saneamento ambiental, Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira, Universidade Federal de São Carlos.

6. Desenvolvimento de biofiltro com meio suporte constituído de lodo desidratado e escória de alto forno para a remoção simultânea de sulfeto de hidrogênio e metano presentes no gás residual de reatores anaeróbios, Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, Universidade Federal de Minas Gerais.

7. Coleta seletiva: modelos de gestão com e sem inclusão de catadores, vantagens e desvantagens na perspectiva da sustentabilidade, Claudio Fernando Mahler, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

8. Desenvolvimento de um sistema de monitoramento eletrônico in situ de água usando tecnologia de rede de sensores sem fio alimentada com energia solar, Ernane Jose Xavier Costa, Universidade de São Paulo.

9. Coleta seletiva; modelos de gestão com e sem inclusão de catadores, vantagens e desvantagens na perspectiva da sustentabilidade, Helena Ribeiro, Universidade de São Paulo.

10. Avaliação de um sistema de tratamento de água convencional na remoção de cianobactérias e cianotoxinas: estudo de caso, SAMAE, Caxias do Sul, RS; João Sarkis Yunes; Universidade Federal do Rio Grande.

11. Metodologia para implantação de Programa de Educação e Mobilização Sócio-Ambiental para melhoria do Saneamento em áreas de Reforma Agrária no Brasil, Karla Emmanuela Ribeiro Hora, Universidade Federal de Goiás.

12. Avaliação da eficiência da filtração lenta com retrolavagem, na remoção de protozoários (Giárdia e Cryptosporidium), como tratamento de água para consumo humano, Maurício Luíz Sens, Universidade Federal de Santa Catarina.

13. Modelo de gestão de resíduos sólidos para cinco assentamentos no município de Palmas, Paula Benevides de Moraes, Universidade Federal do Tocantins.

14. Desenvolvimento de uma ferramenta para o processo de planejamento, implementação e gestão de sistemas sustentáveis de saneamento para comunidades isoladas, Paula Loureiro Paulo, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

15. Filtros plantados com macrófitas (WETLANDS construídos) empregados no tratamento descentralizado de esgotos/Wetlands Videira, Paulo Belli Filho, Universidade Federal de Santa Catarina.
16. Metodologia para fortalecimento do controle social na gestão em saneamento, Pedro Roberto Jacobi, Universidade de São Paulo.
17. Tratamento de água por Filtração em Margem para o abastecimento de populações dispersas e pequenas comunidades, Ramon Lucas Dalsasso, Universidade Federal de Santa Catarina.
18. Barreiras sanitárias para proteção da qualidade da água armazenada em cisternas – BARCISTER, Sávia Gavazza dos Santos Pessoa, Universidade Federal de Pernambuco.
19. Desenvolvimento de sistema Cromofluorogenico Qualitativo (P/A) de avaliação de microcistina visando o suporte as ações de vigilância a qualidade de águas (MICROCIST), Sérvio Túlio Alves Cassini, Universidade Federal do Espírito do Santo.
20. Tratamento de águas com excesso de ânions fluoreto e nitrato utilizando HDLs, argilas e zeólitas como adsorventes, Sibebe Berenice Castellã Pergher, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
21. Análise do Serviço Integrado de Saneamento Rural – SISAR, da Companhia de Água e Esgoto do Ceará, em sua dimensão político-institucional, Sonaly Cristina Rezende Borges de Lima, Universidade Federal de Minas Gerais.
22. Tratamento simplificado de águas superficiais com alta turbidez para abastecimento de pequenas comunidades localizadas em Várzeas, Válter Lúcio de Pádua, Universidade Federal de Minas Gerais.



Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento

Comitê Científico

Ruy Barreira Gomide

Coordenador Geral do Comitê
Diretor do Densp/Funasa/MS

Patrícia Valeria Vaz Areal (suplente)

Coordenadora Geral
Cgcot/Densp/Funasa/MS

Filomena Kotaka

Secretaria Executiva
Codet/Cgcot/Densp/Funasa

Selma Irene Antonio (suplente)

Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Mara Lúcia Carneiro Oliveira

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS)

Carlos Florêncio Corvalan (suplente)

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS)

Odir Clécio da Cruz Roque

Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)/MS

Simone Cynamon Cohen (suplente)

Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)/MS

Anna Virgínia Muniz Machado

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)

Marco Antônio de Souza (suplente)

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)

Paulo Sérgio Scalize

Associação dos Serviços Municipais de Saneamento (Assemae)

Clóvis do Nascimento Filho (suplente)

Associação dos Serviços Municipais de Saneamento (Assemae)

Ana Maria Barbosa Silva

Financiadora de Estudos e Projetos – Finep/MCT

Célia Maria Poppe de Figueiredo (suplente)

Financiadora de Estudos e Projetos - Finep/MCT

Cícero Onofre de Andrade Neto

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Paula Dias Bevilacqua

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Luiz Antônio Daniel

Escola de Engenharia de São Carlos/USP

Alexandre Araújo Godeiro Carlos (suplente)

Ministério das Cidades

Álvaro Bittencourt Henrique Silva

Desam/Funasa/MS

José Antônio da Motta Ribeiro (suplente)

Cgear/Densp/Funasa/MS

Vilma Ramos Feitosa

Desam/Funasa/MS

Everaldo Resende Silva (suplente)

Cgesa/Densp/Funasa/MS

Francisco de Assis Quintieri

Suest-RJ/Funasa/MS

Rainier Pedraça Azevedo (suplente)

Suest-AM/Funasa/MS

Marcelo Libânio Coutinho

Suest-MG/Funasa/MS

Colaboradores (ex-membros do Comitê Científico e instituições que representavam)

Aldo Pacheco Ferreira - Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz/MS

Ana Maria Nogueira - Financiadora de Estudos e Projetos – Finep/MCT

Andréa Gonçalves Fujichima - Decit/Ministério da Saúde

Angélica Rogério de Miranda Pontes - Decit/ Ministério da Saúde

Antônio da Costa Miranda - Associação dos Serviços Municipais de Saneamento - Assemae

Cristiana Maria Toscano - Decit/ Ministério da Saúde

Cristina Célia Silveira Brandão - Universidade de Brasília - UnB

Daniela Buosi - Decit/ Ministério da Saúde

Elizabeth Pinto Guedes - Financiadora de Estudos e Projetos – Finep/MCT

Iván Estribí Fonseca - Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS

Jacira Azevedo Cândia - Organização Pan-Americana da Saúde - OPAS

Jazielli de Carvalho Sá - Associação dos Serviços Municipais de Saneamento – Assemae

José Raimundo Machado dos Santos

Kátia Regina Ern - Diretora do Densp/Funasa/MS

Luiz Roberto Santos Moraes - Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Maria Lúcia Prest Martelli - Codet/Cgcot/Densp/Funasa

Norma Lúcia de Carvalho - Ministério das Cidades

Ana Paula Neiva (suplente)

Ministério das Cidades

Regina Célia Borges de Lucena- Decit/ Ministério da Saúde

Rosane Radunz Coimbra - Associação dos Serviços Municipais de Saneamento - Assemae

Sadi Coutinho Filho - Diretor do Densp/Funasa/MS

Sérgio Antônio Gonçalves - Associação dos Serviços Municipais de Saneamento - Assemae

Teófilo Carlos Nascimento Monteiro - Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz/MS

Vanessa Guimarães Machado - Decit/ Ministério da Saúde

Coordenação do Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento

Patrícia Valéria Vaz Areal - Coordenadora Geral – Cgcot/Densp/Funasa/MS

Filomena Kotaka - Coordenadora - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Alexandra Lima da Costa - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Ana Lúcia Magalhães Mariani - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Maria das Graças Dias - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Rosa Maria Vahia Terzella - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Selma Irene Antonio - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Consultores Ad Hoc

Luiz Antônio Daniel - USP

Adrianus Van Haandel - UFCG

Luiz Di Bernardo – USP

Izabel Missagia de Mattos - UFMG

Supervisores

Anderson Truppel - Suest-SC/Funasa/MS

Carlos Ogawa João L. Souza - Suest -PR/Funasa/MS

Irineu Felipe de Souza Sobrinho - Suest -PR/Funasa/MS

Manoel Bernardo Ribeiro - Suest -RS/Funasa/MS

Milton Tadashi Shiratori - Suest -SC/Funasa/MS

Sadi Coutinho Filho - Suest -PR/Funasa/MS

Elaboração

Filomena Kotaka - Coordenadora - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Alessandro Salles da Silva - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Cristina Yuriko Iamamoto - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Jaqueline Francischetti Zago - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Rosa Maria Vahia Terzella - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Sérgio Brasil Abreu - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

Autores

Cleverson Vitorio Andreoli – coordenador

Pesquisador doutor da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento, Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social, da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar)

Eduardo Lobo Alcayaga - coordenador

Professor titular da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC)

Luiz Sérgio Philippi - coordenador

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Max Jean de Ornelas Toledo - coordenador

Professor da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Paulo Belli Filho – coordenador

Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

