

# Desempenho do sistema filtração em margem seguida de filtração lenta retrolavável em Ituporanga – Santa Catarina.

## *Performance of the system bankfiltration followed of bankwashed slow sand filtration in Ituporanga – Santa Catarina.*

**Denise Conceição de Gois Santos Michelan (\*)**

*Engenharia Civil pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). M.Sc. em Saneamento pela Escola de Engenharia da USP de São Carlos (EESC/USP). Dr. em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora Adjunta do Centro Universitário de União da Vitória/PR (UNIUV).*

**Bruno Segalla Pizzolatti**

*Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). M.Sc. em Engenharia Ambiental pela UFSC e Doutorando em Engenharia Ambiental pela UFSC.*

**Marcus Bruno Domingues Soares**

*Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). M.Sc. em Engenharia Ambiental pela UFSC e Doutorando em Técnicas de Proteção Ambiental - Departamento de Controle de Poluição das Águas pela Technische Universität Berlin (TUB).*

**Ramon Lucas Dalsasso**

*Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). M.Sc. e Dr. em Engenharia Ambiental pela UFSC. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.*

**Maurício Luiz Sens**

*Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre Estudos Aprofundados pela Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes. Doutor em Ciências Químicas pela Université de Rennes. Professor titular do departamento de engenharia sanitária e ambiental – UFSC.*

**Endereço para correspondência (\*):** Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Ambiental (ENS/UFSC), bairro Trindade, Florianópolis-SC/BR, CEP: 88040-970. Telefone: 55 (0XX) 48 – 3721-9821

**Data de entrada:** 04/02/2010 **Data de aprovação:** 30/06/2011

### RESUMO

No Brasil, os centros urbanos geralmente são beneficiados com água de qualidade distribuída pelas concessionárias de água de cada região. Infelizmente, esta realidade não abrange as comunidades rurais. A cidade de Ituporanga – Santa Catarina, não foge desta realidade: 57% dos domicílios são abastecidos com água fornecida pela concessionária, enquanto que 43% dos domicílios, localizados em áreas rurais, não são atendidos pela mesma. A fim de propor tecnologias simples, de fácil operação e manutenção, sugere-se a implantação da filtração em margem seguida de filtração lenta com limpeza

retrolavável, para abastecer de água as comunidades rurais. Como resposta, obteve-se água de boa qualidade, desde que seja feita adição da desinfecção, exigida pela Portaria n° 518 de 2004, do Ministério da saúde.

### ABSTRACT

In Brazil, the urban downtowns generally are benefited with quality water distributed for water concessionaire of each region. Unfortunately, this reality doesn't include the rural communities. Ituporanga's city – Santa Catarina, it didn't escape this reality: 57%

of the residences are water supply for the water concessionaire, while that 43% of the residences, located in rural area, they aren't served for the same one. In order to simple technology, of easy operation and maintenance, it is suggested implantation of bankfiltration followed of backwashed slow sand filter, for to supply the rural communities. As answer, the research obtain good quality water, since that made addition of the disinfection, this is demand for the Regulation n° 518 of 2004, Health Department.

**Palavras-chave:** filtração em margem; filtração lenta retrolavável; água; Portaria n° 518.

**Key words:** bank filtration; backwashed slow sand filter; water; Regulation n° 518.

### INTRODUÇÃO

Em geral, o abastecimento de água nos perímetros urbanos ocorre através da concessionária, por meio de Estações de Tratamento de água (ETA's), que utilizam equipamentos e reagentes químicos para remover as impurezas. Na maioria das vezes, não há condições de instalação da ETA em perímetros rurais, porque além de ser pequeno o número de habitantes, muitas vezes é necessário ter mão de obra qualificada para o manuseio dos equipamentos e reagentes de forma correta.

Torna-se, desta forma, crescente a necessidade de se buscar alternativas de tratamento de água de modo simples e sem incrementos tecnológicos. Assim, surgiu a proposta de implantar a filtração em margem de rio seguida de filtração lenta com limpeza retrolavável. Vale lembrar que a filtração em margem não é uma tecnologia restrita às pequenas cidades ou meio rural.

No Brasil, existem estudos com a filtração em margem de lagoa para a remoção de cianobactérias (RABELO, 2006) e saxitoxinas (SENS, 2006) e também, estudos preliminares da filtração em margem de lago de piscicultura extensiva (SOARES, 2009).

No presente trabalho a filtração em margem de rio foi utilizada como tecnologia de pré-tratamento à filtração lenta com limpeza retrolavável. As tecnologias foram escolhidas porque as mesmas apresentam muitas similaridades e também por serem de fácil operação e requerer manutenção simplificada.

A filtração lenta tem sido muito utilizada em comunidades rurais, principalmente por estas regiões disporem de áreas para implantação. A filtração lenta com limpeza retrolavável traz esta inovação tecnológica para facilitar a operação dos filtros lentos em termos de limpeza periódica do material filtrante (MURAKAMI, 2008; PIZZOLATTI, 2010, SANTOS, 2010).

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O estudo foi desenvolvido às margens do rio Itajaí do Sul, em um trecho localizado no município de Ituporanga/Santa Catarina, principal curso de água da região, pertencente à sub-bacia Itajaí do Sul.

O rio Itajaí do Sul tem comprimento total de aproximadamente 100 km e área drenável de 2.309 km<sup>2</sup>. Este se enquadra na classificação de água doce, artigo 4º, classe II, segundo a Resolução do CONAMA 357 (BRASIL, 2005). Além deste enquadramento a nível Federal, este corpo de água também se enquadra a nível Estadual como classe II, segundo a Secretaria de Planejamento do Estado de Santa Catarina, por meio da Portaria Municipal geral no 0013/1976 do Ministério do Interior, que deu origem à Lei no 9.433/1997 das Águas superficiais de Santa Catarina (COMITÊ ITAJAÍ, 2009).

A sub-bacia do rio Itajaí do Sul abrange 10 municípios no estado de Santa Catarina: Alfredo Wagner, Agrolândia,

Agronômica, Atalanta, Aurora, Chapadão do Lageado, Imbuia, Ituporanga, Petrolândia e Rio do Sul.

O trecho do rio Itajaí do Sul que fez parte da área de estudo, tem largura média em Ituporanga de 33 m, coordenadas geográficas 27°24'48,1" sul, longitude 49°36'19,5" oeste, altitude de 370 m, precipitação pluviométrica anual variando entre 1.300 a 1.500 mm e precipitação máxima diária de 120 mm. Em termos de temperatura, a região apresenta uma média anual entre 18 e 19°C (ITUPORANGA, 2003).

Situada na região centro-leste do estado de Santa Catarina, Ituporanga, segundo IBGE (2011), em censo de 2010, foram registrados 22.255 habitantes e área de 336,955 km<sup>2</sup>. A principal fonte econômica é a agricultura, com predomínio de propriedades minifundiárias, o que resulta em trabalho dos proprietários rurais de base familiar, nas culturas de cebola, batata inglesa, milho e fumo.

### Implantação da filtração em margem de rio

Para a implantação da filtração em margem de rio foi necessário, inicialmente, realizar estudo investigativo das características do solo, por meio de sondagem plani-altimétrica à percussão. Foram coletadas amostras do solo de cada furo de sondagem para posterior caracterização dos sedimentos do solo, bem como a profundidade do lençol freático.

Ao todo foram sondados quatro furos (SP01, SP02, SP03 e SP04), para verificar qual melhor apresentava permeabilidade hidráulica. O furo SP03 forneceu melhor permeabilidade com carga de 266,7 m/d. Vale ressaltar que neste furo, a camada mais profunda (4,7 m) era constituída na sua predominância de pedregulho. Na Figura 1 é apresentado o esquema da planta de situação dos furos de sondagem e na Figura 2 pode ser observado o perfil geográfico estratificado do SP03.

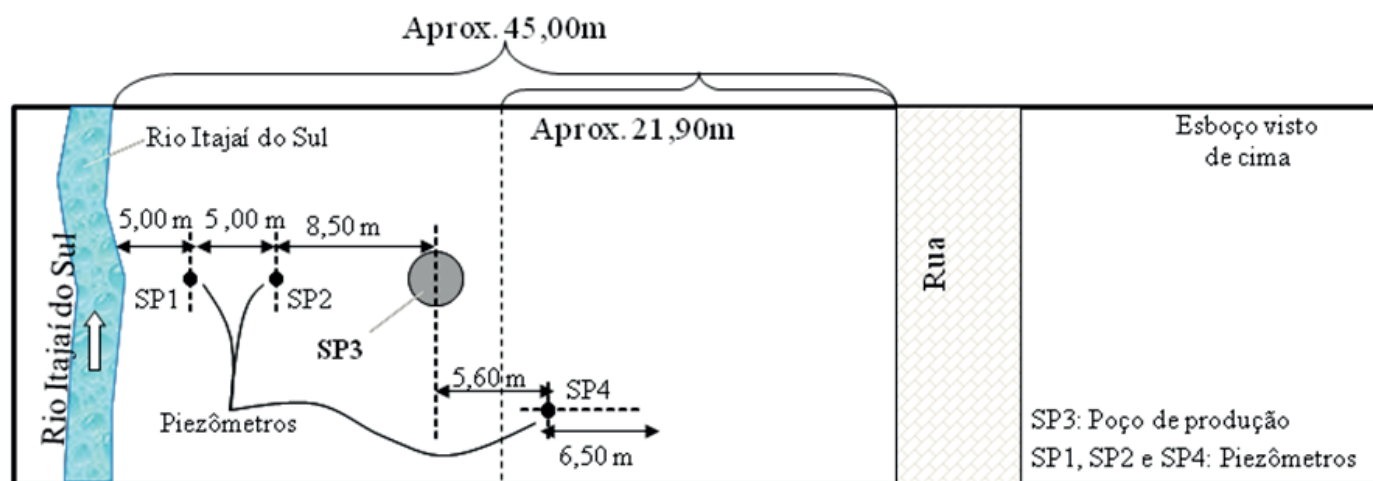
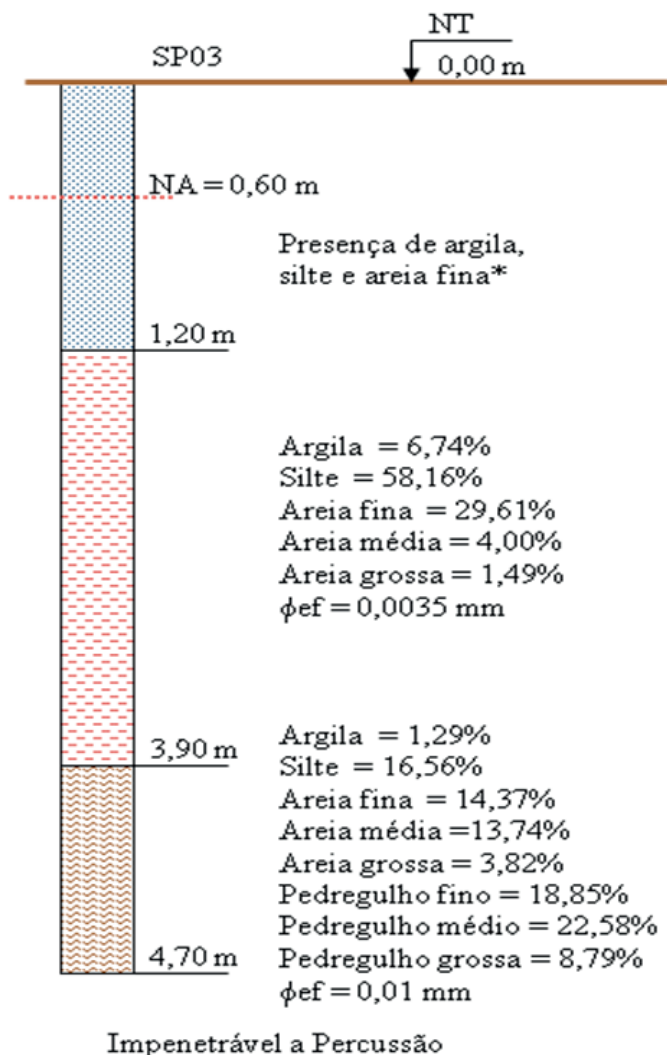


Figura 1 – Esquema da planta de situação dos furos de sondagem.



\* Caracterização do solo não realizada.

Figura 2 – Perfil estratificado do furo SP03 obtido na sondagem.

O poço de produção (SP03) de 1 m de diâmetro, escavado manualmente, foi revestido com anéis de concreto e armado com aço galvanizado. Utilizou-se bomba centrífuga para retirada da água do poço de produção.

Os outros três furos tiveram a função de piezômetros, cuja finalidade foi verificar o nível de água no solo/subsolo. Os piezômetros foram confeccionados em tubo de PVC com diâmetro de 75 mm, ranhurados em todo comprimento e revestido com manta sintética. Os níveis nos piezômetros foram medidos com sonda de nível digital, apenas com o intuito de verificar se a água estava fluindo do manancial na direção do poço.

O teste de bombeamento foi realizado para verificar qual a vazão máxima de produção, que consiste em rebaixamento do poço de produção com vazão pré-determinada de 1,6 L/s e acompanhamento da recuperação do poço naturalmente, até atingir o nível estático. Este teste baseou-se no método de Pochet, citado em Dacach (1990). A vazão de produção máxima obtida foi de 531,66 L/h.

### Implantação da filtração lenta retrolavável

O filtro foi construído de alvenaria armada com tijolos maciços. O meio filtrante foi composto por camada de areia com 40 cm de espessura, diâmetro efetivo de 0,3 mm e coeficiente de desuniformidade < 1,5. A camada suporte teve 20 cm de espessura com grãos variando de 1,4 a 4,5 mm.

As dimensões internas do filtro foram de 0,8 x 0,8 m, taxa de 3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d e vazão de 80 L/h. O controle da vazão de alimentação foi realizado através de câmara de nível constante com escoamento por orifício. Esta câmara tinha o diâmetro de 25 mm inferior à tubulação que a alimentava (32 mm). Assim, está câmara sempre trabalhava afogada, fornecendo vazão constante. A saída da câmara com 6 mm de diâmetro para o orifício que, em função da altura, fornecia a vazão desejada. O filtro operou em regime constante e carga hidráulica variável.

A passagem da água filtrada do filtro lento para seu respectivo reservatório de água de lavagem ocorreu por meio de tubos distribuidores de água. Logo abaixo da camada suporte, em toda a área do filtro, foram colocados estes tubos distribuidores de água de 32 mm, perfurados a cada 3 cm com orifícios de diâmetro de 3 mm. Assim, a água fluía com facilidade para o reservatório de água de lavagem, e quando ocorresse o contra fluxo de água durante a retrolavagem, a mesma retornava ao filtro expandindo o meio filtrante uniformemente. O filtro com limpeza retrolavável foi coberto com tampa de alumínio.

A limpeza periódica do filtro era realizada com a abertura de apenas uma válvula, posicionada acima do meio filtrante. A água saía do filtro através da tubulação de saída de água de lavagem. Por diferença de pressão, a água que ficou armazenada no reservatório de água de lavagem retornava ao filtro, fluidificando o meio filtrante e retirando do filtro a camada microbiana localizada na superfície do mesmo, e consequentemente, removendo as impurezas contidas no meio granular. A expansão durante a retrolavagem foi de 40 %, durante 4 min. Na Figura 3, pode ser observado o esquema do sistema em estudo.

A limpeza do filtro por retrolavagem foi realizada cada vez que a perda de carga final alcançava 1 m, que correspondia ao nível de água dentro do filtro na cota de 228,9 cm. Nessa situação, não era aberta o registro de fundo e sim, o registro de saída da água localizado logo acima do meio filtrante. A tubulação de saída de água de lavagem era de 75 mm. Assim, a água que estava acima do meio filtrante, saía do filtro com bastante facilidade, até o momento que esta, que anteriormente estava armazenada no reservatório de água de lavagem, retornava ao filtro e ocorria a limpeza do mesmo. Quando este nível de água tendia a ficar abaixo do nível de água no reservatório de água de lavagem (188,9 cm), iniciava-se a diferença de carga hidráulica ou pressão. O nível de água dentro do filtro continuava baixando progressivamente, enquanto que no reservatório de lavagem, este nível diminuía mais lentamente. Isso acontecia porque a função dos tubos distribuidores, nesse momento, era distribuir água para fluidificar o meio filtrante e não apenas só sair do filtro.

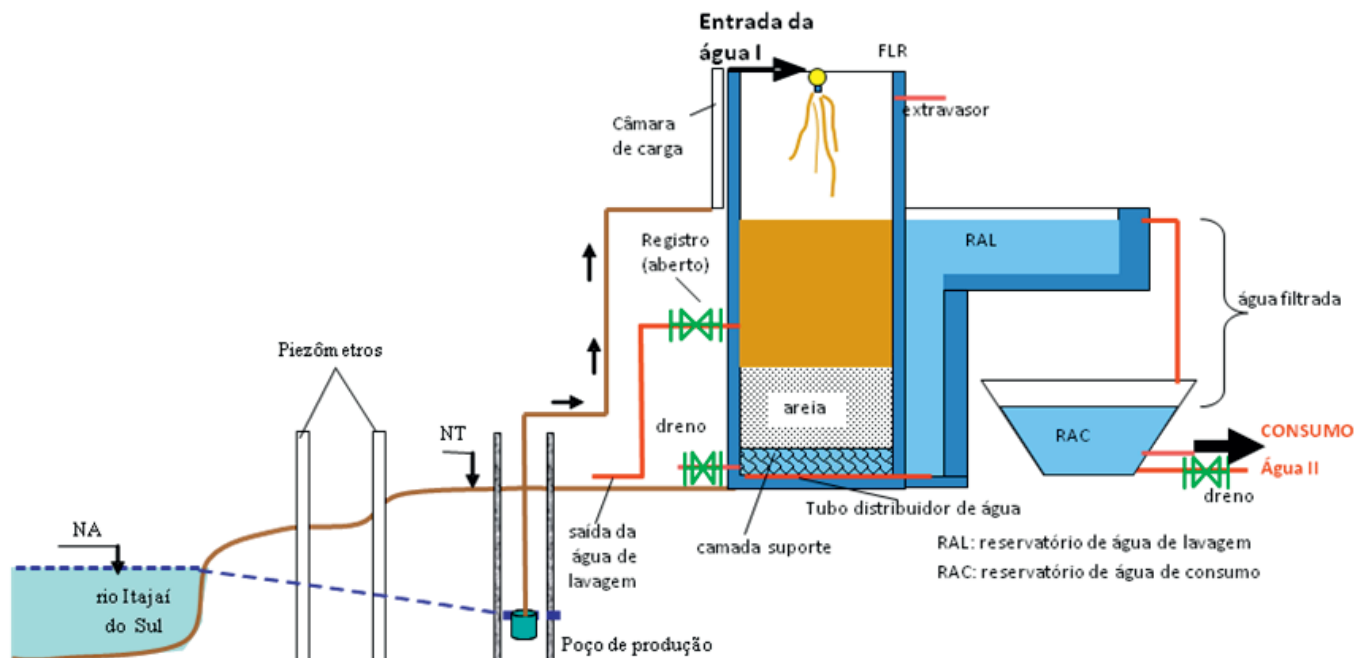


Figura 3 – Esquema da filtração em margem de rio seguida de filtro lento com limpeza retrolavável.

### Parâmetros analisados

Os parâmetros analíticos analisados neste sistema em campo estão listados na Tabela 1, assim como os equipamentos e as metodologias utilizadas.

Tabela 1 – Análises que serão desenvolvidas nesta pesquisa.

Parâmetros	Equipamento	Referência metodológica *
Cor Aparente (uH)	Espectrofotômetro HACH DR/2010, $\lambda=455\text{nm}$	2120
Cor verdadeira (uH)	Filtração em membrana 0,45 $\mu\text{m}$ , Espectrofotômetro HACH DR/2010 $\lambda=455\text{nm}$	2120
Turbidez (uT)	Turbidímetro HACH 2100P	-
Ferro (mg/L)	Espectrofotômetro HACH DR/2010	3500 Fe
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	Gravimétrico	2540
Coliformes totais (NMP/mL)	Colimétrico	9222.B
<i>Escherichia coli</i> (colônia de bactérias /100 mL)	Colimétrico	9260 F

\* A referência metodológica está detalhada no Standard Methods (1998).

As coletas de água bruta e água filtrada em margem (água I) ocorreram quinzenalmente. Por questões de viabilidade não se coletou amostras de água no início das carreiras. As coletas da água do filtro lento com limpeza retrolavável (água II) foram realizadas em torno de 8 dias, após o início de cada carreira e também, quando a mesma alcançava carga final de 1 m. Estas duas amostragens realizadas em cada carreira de filtração, que em geral, apresentaram valores muito semelhantes, indicou que no fim da carreira de filtração não tinha iniciado o transpasse de impurezas e que a carreira de filtração tinha chegado ao fim, apenas pelo fato de ter sido limitada a carga final de 1 m.

As coletas ocorreram nos períodos de julho de 2008 a junho de 2009, totalizando 11 pontos amostrais. Entretanto, vale comentar que em meados do mês de outubro de 2008, Ituporanga recebeu elevada intensidade de precipitação, o que ocasionou abertura da barragem que fica à montante da cidade, proporcionando aumento de vazão do rio. Por causa disso, os locais de acesso à Ituporanga tiveram deslizamento de terra e queda de barreiras, o que impediu coletas nas áreas de estudo no mês de novembro de 2008.

Tanto os parâmetros das amostras de água filtrada em margem de rio, quanto os parâmetros das amostras de água do filtro lento com limpeza retrolavável, foram comparados aos limites máximos que atendem às exigências do padrão de potabilidade de água para consumo humano, expressas na Portaria n° 518 (BRASIL, 2004).

Além dos parâmetros físico-químicos e bacterianos listados na Tabela 1, realizou-se também o acompanhamento da perda de carga do filtro lento com limpeza retrolavável. Como não ocorria retirada da areia para limpeza, pois esta era limpa por meio do refluxo de água armazenada para limpeza, logo após a operação de limpeza, o filtro era colocado em operação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Parâmetros físicos, químicos e microbianos

**Sólidos Totais Dissolvidos (STD)** – Como a água bruta de estudo enquadrou-se com água doce, classe II, o CONAMA 357 (BRASIL, 2005) limita como valor máximo para essa água 500 mg/L. Em observação à Figura 4, os dados de STD da água bruta estão bem abaixo desse limite.

Com relação à água de abastecimento para consumo humano, a portaria nº 518 estabelece como padrão de potabilidade 1000 mg/L. Todos os valores de STD da água I, ficaram bem abaixo do limite fixado pela portaria (Figura 4). O que se observa através desta Figura é que houve, ao longo do tempo, um aumento da remoção durante o último ano de operação no sistema, mais intensamente nos últimos cinco meses. Os meses em que houve remoção, está não foi tão significativa, diferentemente do estudo de Soares (2009) que conseguiu 99 % de remoção em três meses de monitoramento em sistema piloto de filtração em margem de lago.

Apesar de 4 dos 11 meses de estudo, a água I ter apresentado mais STD que a água bruta, a média dos STD da água I (34 mg/L) foi inferior à da água bruta (43 mg/L). A variância de ambas as águas de estudo, apresentaram valores elevados (313,5 para água bruta e 317,9 para água I), o que indica que, em geral, os valores da unidade amostral estão bem dispersos.

A água II apresentou melhor remoção dos STD se comparado com o desempenho da água I. Aquela água enquadrou-se abaixo deste limite, como também pode ser observado na Figura 4.

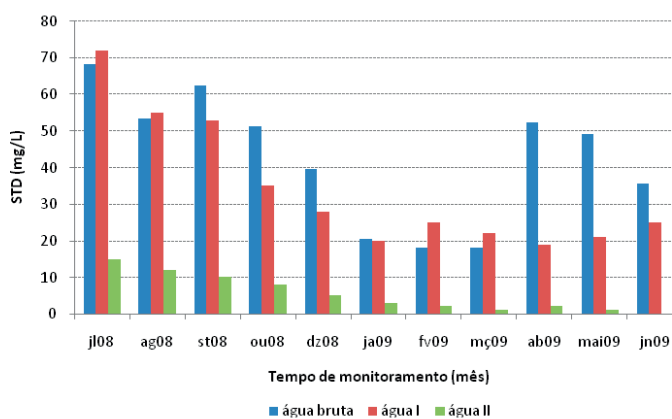


Figura 4 – Dados de STD das águas de estudo.

A média dos STD da água II de 5 mg/L teve variância significativa de 26,1. Esta variância pode ser explicada pela estabilização do sistema durante o período de monitoramento.

Como observado anteriormente, a filtração em margem reduziu os efeitos da sazonalidade e a filtração lenta foi capaz de praticamente anular estes efeitos propiciando valores acima de 80% de remoção.

**Coliformes Totais** – Embora o percurso da água bruta até o poço de produção (água I) ter sido de apenas 18,5 m, a remoção média foi de mais de 99 %, o que correspondeu em média a 2 log. A Figura 5 mostra os dados de coliformes totais das águas de estudo.

Apesar desses resultados de remoção, se a filtração em margem fosse usada como único tratamento neste estudo, não se enquadraria abaixo do limite exigido pela Portaria nº 518, que exige ausência do mesmo em 100 mL.

Tanto os dados de coliformes totais de água bruta, como os da água I, apresentaram grandes oscilações na variância (108694070 e 2545, respectivamente), o que significa que os dados coletados estão distantes e dispersos das médias. Esta dispersão pode estar associada à situação em que, o espaço amostral envolveu meses chuvosos e secos.

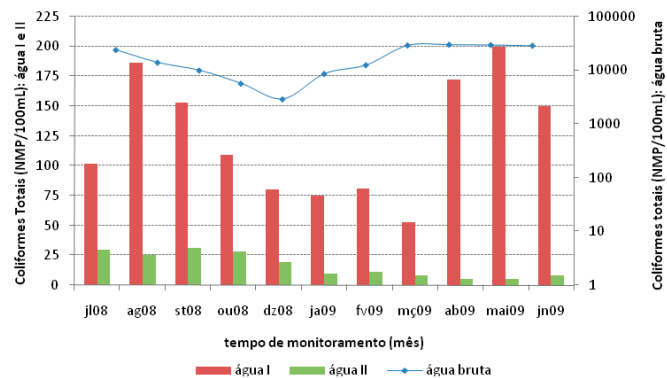


Figura 5– Dados de coliformes totais da água bruta, água I e II.

Com relação à filtração lenta, em geral, costuma apresentar excelente remoção de coliformes totais e de *Escherichia coli* (Murtha e Heller, 2003). Em estudos com filtros lentos, esses autores obtiveram remoção total dos coliformes fecais e remoção na ordem de 2 a 3 log para coliformes totais.

Di Bernardo et al. (1999) recomendam que a água afluenta à filtração lenta esteja limitada em 1000 NMP/mL. Apesar da água I apresentar em todas as amostras coliformes totais inferiores a este valor, o filtro lento não apresentou boa eficiência, remoção na ordem de 1 log. Com este resultado, a filtração lenta não se enquadrou abaixo do limite estabelecido pela Portaria nº 518, que exige ausência de coliformes totais no final do tratamento. Vale ressaltar que os resultados das amostras, não foram submetidos à desinfecção.

**Escherichia coli** – Com relação à remoção dos *Escherichia coli*, o sistema proposto foi mais eficiente, com remoção superior a 99%. Na Figura 6 pode ser observado os dados de *Escherichia coli* para o sistema em estudo.

A média dos dados de *Escherichia coli* da água bruta, água I e II foram 1,5 x 10<sup>3</sup>, 3,8 x 10<sup>2</sup> e 1,0 x 10<sup>2</sup> NMP/100mL, respectivamente. Com estes valores, observa-se que houve remoção média em torno de 3 log, entre a água bruta e água I, porém a remoção média entre a água I e a II foi de aproximadamente 1 log. Esta última remoção foi ínfima porque a concentração de *Escherichia coli* na água afluenta ao filtro lento foi pequena.

Apesar desses resultados, se a filtração em margem fosse usada como único tratamento, não se enquadraria abaixo do limite da *Escherichia Coli* na Portaria nº 518, que exige ausência do mesmo em 100 mL.

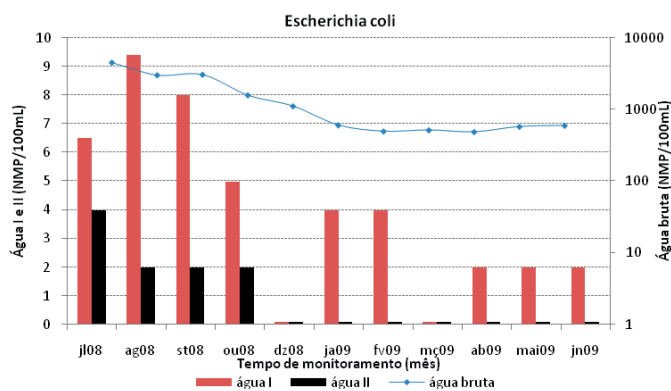


Figura 6 – Dados de *Escherichia coli* do sistema proposto.

Dash et al., (2008) obteve remoção na ordem de 4 a 5 log em coliformes totais e *Escherichia coli*, em estudo na Índia com filtração em margem. Soares (2009) obteve remoção entre 98 e 100 % dos coliformes totais e 100 % para *Escherichia coli*. Murtha e Heller (2003) também desenvolveram estudos onde mostraram que a filtração lenta apresenta excelente remoção de *Escherichia coli*, com resultados de não detecção em 100 mL.

A remoção de *Escherichia coli* poderia ter sido muito maior entre a água bruta e a água I, se além de maior percurso, os grãos do solo/subsolo fossem mais granulares, pois isso proporcionaria velocidade mais lenta da água nos interstícios dos grãos (KÜEHN e MÜELLER, 2000; SCHIJVEN et al., 2003). Entretanto, a variação entre as areias (fina, média e grossa) e entre os pedregulhos (fino, médio e grosso) do presente trabalho, foi muito grande, o que não proporcionou baixa velocidade da água nos interstícios dos grãos e consequentemente remoção de 3 log na filtração em margem e de apenas 1 log após a filtração lenta.

Como se observa nos relatos acima, a filtração lenta, em geral, apresenta bom desempenho. Porém, neste estudo o desempenho foi pouco significativo porque a água afluyente já apresentava baixos valores de *Escherichia coli*.

**Ferro total** – A resolução do CONAMA 357 (BRASIL, 2005) estabelece limite para o ferro total em 0,3 mg Fe/L. A água bruta apresentou ferro com concentrações acima do recomendado em todas as amostras, com exceção apenas do mês de janeiro de 2009. Neste mês, observou-se visivelmente, que o rio em estudo (água bruta) encontra-se com elevada vazão. As comportas da barragem que fica à montante desse sistema encontravam-se totalmente abertas, para permitir a passagem do excesso de água, acumulada nas cidades à montante de Ituporanga. Por causa disso, acredita-se que o ferro presente na água bruta tenha se diluído nesse grande volume de água.

A Portaria nº 518 limita o ferro em água para consumo humano também em 0,3 mg/L. Em todas as amostras de água I, o ferro total não se enquadrava dentro desse limite. Em geral, o rio forneceu água bruta com concentração significativa. Acredita-se que, como há formação de rochas basálticas na região de estudo, ou seja, rochas ricas em Fe<sup>2+</sup> (forma solúvel). O

Fe<sup>2+</sup> é resultante de ambientes com potencial redox negativo (ambientes redutores). A água, ao chegar ao poço de produção, sofre aeração (oxidação) por causa do sistema de bombeamento. Como ainda há oxigênio na água I, o ambiente é oxidante e o ferro passa da forma Fe<sup>2+</sup> em Fe<sup>3+</sup>, que é insolúvel. Assim, a água I tem muito mais ferro do que a água bruta (Figura 7). Esse mesmo comportamento foi acompanhado no sistema de filtração de lago por Soares (2009), em que o monitoramento da água bruta teve valores médio de 0,42 mg/L e da água filtrada em margem de 2,80 mg/L.

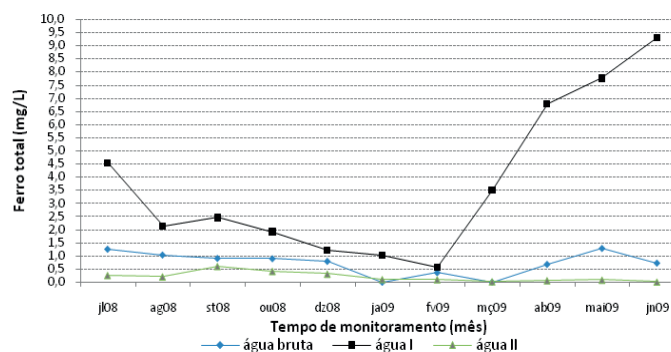


Figura 7 - Concentração do ferro na água bruta, água I e II.

Quanto maior o tempo de percursos da água no subsolo, maior será a probabilidade da mesma estar em ambiente anaeróbico – baixa presença de oxigênio dissolvido. Assim, quando a água chega ao poço de produção, o ferro voltou para a forma Fe<sup>2+</sup> (KUEHN e MUELLER, 2000). Coletava-se a amostra após passar pela bomba.

Os meses de dezembro de 2008, janeiro e fevereiro de 2009 foram os que apresentaram menor concentração de ferro nas águas que os demais. Esse comportamento vem a corroborar com o período seguinte ao chuvoso, em que o excesso de chuva, diluiu o ferro tanto na água bruta, quanto na água I. Após esses meses, o ferro presente na água I registrou as maiores concentrações do período de estudo. Este aumento pode estar associado à colmatação das margens do rio.

Apesar da água I ter quantidade de ferro elevada, o mesmo ficou retido acima do meio filtrante na forma gelatinosa e nos primeiros centímetros da areia.

Di Bernardo (1993) e Di Bernardo e Sabogal Paz (2008) relataram que além de microrganismos formarem a camada microbiana do filtro lento, quando a água afluyente é enriquecida em ferro e/ou alumínio em estado solúvel, pode ocorrer retenção destes, os quais passam a fazer parte da camada microbiana. Foi o que aconteceu com o ferro da água I. Como este ficou na forma gelatinosa, com aproximadamente 8 cm de espessura (medido no filtro lento), isso interferiu na duração das carreiras de filtração. Em geral, as amostras de ferro da água II ficaram abaixo do limite de 0,3 mg/L.

**Turbidez** – A turbidez nas águas bruta, água I e II pode ser observada na Figura 8. A turbidez foi caracterizada nas águas

bruta e I, não apenas por causa dos sólidos em suspensão, mas principalmente por causa do ferro existente nas águas, proveniente do solo.

Em todos os meses de estudo, a água bruta enquadrou-se abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), que para água doce, classe 2, deve estar abaixo de 100 uT. Entretanto, a água I não se enquadrou abaixo do limite estabelecido pela Portaria n° 518 (BRASIL, 2004) que é de 5 uT. Comportamento semelhante ocorreu no estudo de Soares (2009), que obteve turbidez da água bruta de 16,4 uT e para a água filtrada em margem de lago 87,2 uT.

Geralmente, em períodos chuvosos, a turbidez tende a valores mais elevados que em períodos de seca ou de poucas chuvas, mas principalmente por causa do ferro, na presença da chuva este se diluía, proporcionando à turbidez diminuição. Foi o que aconteceu entre setembro de 2008 e abril de 2009. Nos meses de maio e junho de 2009, apesar de ter havido precipitação mensal de 178 e 111 mm, respectivamente, a chuva foi distribuída, não arrastando o ferro para o poço de produção. Assim, o ferro presente na água I nesses meses, foi resultado apenas do ferro arrastado pela água bruta infiltrada no solo/subsolo.

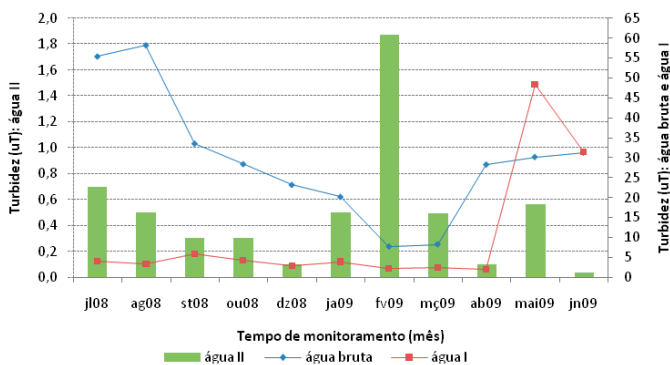


Figura 8 – Dados de turbidez da água bruta, água I e II do sistema proposto.

Segundo Di Bernardo (1993) e Di Bernardo e Sabogal Paz (2008), quando o sistema de filtração lenta é precedido de pré-tratamento a turbidez afluyente pode ser de 25 uT. Os meses de julho de 2008 a abril de 2009, a turbidez de entrada (água I) foi inferior a este valor, como pode ser observado na Figura 8. Porém, a partir de maio de 2009, a água I não se enquadrou abaixo deste valor. Possivelmente esta elevação da turbidez esteja associada à elevação da concentração de ferro ocorrido também neste período. Apesar deste aumento na turbidez a partir de maio de 2009, o sistema continuou com boa eficiência na remoção de turbidez.

A Portaria n° 518 (BRASIL, 2004) estabelece que a água efluente do filtro lento tenha turbidez inferior a 2 uT. Em todos os períodos de monitoramento, a turbidez do filtro lento, apresentou valores abaixo deste limite.

**Cor aparente e verdadeira** – A cor pode originar-se de minerais ou vegetais, tais como substâncias metálicas (compostos de ferro e manganês), húmicas, algas etc, ou ainda de despejos industriais.

A cor aparente é caracterizada por causa das substâncias dissolvidas e substâncias em suspensão. Contudo, a cor verdadeira é caracterizada apenas pelas substâncias dissolvidas.

Como pode ser observada na Figura 9, a cor aparente apresentou valores bem significativos. O CONAMA 357, não apresenta limite para água bruta. Entretanto a água I e II, têm como limite máximo estabelecido pela Portaria n° 518 em 15 uH. As amostras de cor aparente da água II enquadram-se nesta Portaria nos meses de setembro de 2008 a junho de 2009.

Contudo, a cor verdadeira está limitada em 75 uH na resolução CONAMA 357, para água bruta, que em todos os meses de estudo, enquadrou-se abaixo deste limite.

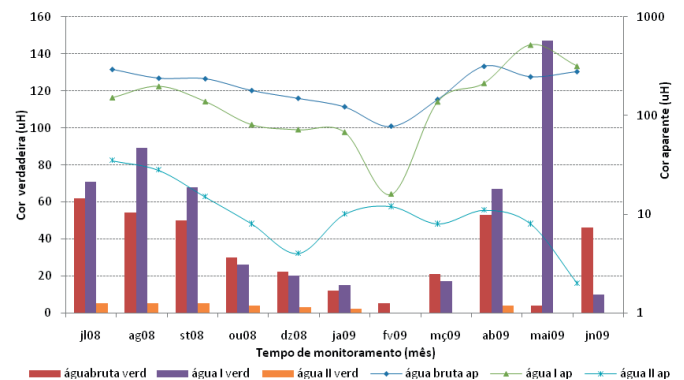


Figura 9 – Dados de cor do sistema proposto (água bruta, água I e II).

**Acompanhamento da perda de carga**

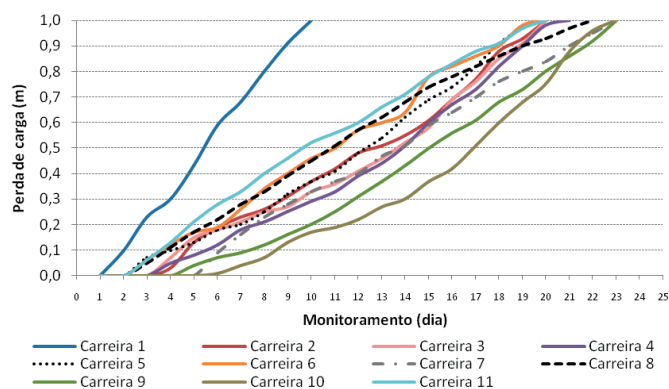
Na Tabela 2 é apresentado o tempo de duração das carreiras de filtração do filtro lento. A duração das carreiras de filtração está associada ao crescimento da camada microbiana. Como no início da carreira, a camada é ínfima, suficiente apenas para manter a flora microbiana, a água no interior do filtro lento, passa com pequena dificuldade pelo meio filtrante. Com o passar da água coligado ao tempo, ocorre o crescimento da camada microbiana. Este desenvolvimento nos primeiros centímetros do meio filtrante proporciona mais dificuldade à passagem da água pela areia, gerando assim a perda de carga. Comportamento este, idêntico ao que ocorre nos filtros lentos com limpeza convencional. Nessa Tabela, observa-se que inicialmente a primeira carreira de filtração foi pouco duradoura, com apenas 10 dias de funcionamento. Acredita-se que, apesar de se ter esperado o tempo de acomodação da camada de areia e também o crescimento da flora microbiana no filtro, esta carreira ainda não estava aclimatada.

Geralmente, os filtros lentos têm duração média de carreira de filtração de 30 dias. Em nenhum período de monitoramento, foi

alcançado este tempo. Acredita-se que, como o ferro total da água I (afluente ao filtro) apresentou valores significativos ao longo do período em estudo, este tenha interferido na duração das carreiras de filtração. A Figura 10 mostra o comportamento das carreiras de filtração, com o correspondente progresso da perda de carga.

**Tabela 2 – Duração das carreiras de filtração no filtro lento.**

Carreiras de filtração	Filtro lento com limpeza retrolavável, duração (dias)
1°	10
2°	20
3°	20
4°	21
5°	20
6°	20
7°	23
9°	22
9°	23
10°	23
11°	20



**Figura 10 – Acompanhamento da perda de carga do filtro lento com limpeza retrolavável.**

O acompanhamento do progresso da perda de carga foi realizado diariamente ou no máximo a cada dois dias. A vazão afluente ao filtro era aferida a cada 5 dias e a taxa ascensional da água no meio filtrante era de 0,35 m/min, o que permitia a fluidificação do meio filtrante com expansão de 40%.

Geralmente, após finalizar a carreira de filtração, em seguida, começava-se outra. Entretanto, algumas carreiras de filtração foram desprezadas ao longo deste estudo, porque o filtro lento com limpeza retrolavável, encontrava-se ou com vazamento ou com problemas operacionais.

## CONCLUSÃO

Por meio dos dados de água bruta dos parâmetros apresentados neste estudo, observou-se que, o manancial Itajaí do Sul encontra-se deteriorado. Por causa disso, não seria possível utilizar apenas a filtração em margem ou apenas a filtração lenta, para tratamento da água para abastecimento público. Para

atender às exigências da Portaria de Potabilização de Águas, seria necessário o uso de pré-tratamento e de tratamento para enquadrar a água efluente abaixo dos limites estabelecidos pela Portaria nº 518. Sendo assim, utilizou-se a filtração em margem de rio como pré-tratamento e a filtração lenta com limpeza retrolavável como tratamento.

Quanto à remoção de coliformes totais e *Escherichia coli*, o sistema proposto apresentou, em geral, boa eficiência, necessitando de desinfecção final, como todo tratamento necessita. O sistema proposto também apresentou eficiência com mais de 80% de remoção com relação aos sólidos totais dissolvidos. A turbidez final da água do sistema proposto enquadrou-se abaixo do limite exigido pela portaria nº 518 de 2004. A cor aparente oscilou bastante, entretanto entre os meses de setembro de 2008 a junho de 2009, esta se enquadrava dentro do limite.

A presença de ferro no solo da região de Itaporanga veio a comprometer a qualidade da água afluente ao filtro lento e também, as durações das carreiras de filtração ficaram comprometidas.

A proposta da filtração em margem seguida de filtração lenta retrolavável surgiu para viabilizar água de qualidade para as comunidades rurais, que tem dificuldade de receber água tratada da concessionária. Esta proposta é viável, partindo-se do princípio da utilização de tecnologias simples, de fácil operação e manutenção. Este sistema proposto apresentou boa qualidade para a água a ser consumida, necessitando de desinfecção após a filtração lenta com limpeza retrolavável. Esta forma de limpeza por retrolavagem no filtro lento, facilitou esta etapa no filtro, por apresentar praticidade e rapidez nesta operação.

## REFERÊNCIA

BRASIL. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde. Estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e das outras providências. 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA n 357 de 17 de março de 2005 do Ministério do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, padrão de potabilidade de água para consumo animal e dá outras providências. 2005.

COMITÊ ITAJAÍ – Plano de recursos hídricos (Análise da qualidade da água superficial). Plano de Recursos Hídricos na Integra. Disponível em: [www.comiteitajai.org.br/index.php/planorecursososhidricos/resumo-do-plano.html](http://www.comiteitajai.org.br/index.php/planorecursososhidricos/resumo-do-plano.html). Capítulo A1, seção 1.1.2. Consultado em 05 de janeiro de 2009.

DACACH, N. G. Saneamento Básico. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1990.



DASH, R.R., MEHROTRA, I., KUMAR, P., GRISCHEK, T. Lake bank filtration at Nainital, India: water-quality evaluation. *Hydrogeology Journal*, v.16, n.6, p.1089-1099, 2008.

DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. Rio de Janeiro: ABES, v.2, 503p, 1993.

DI BERNARDO, L., BRANDÃO, C. C. S., HELLER, L. Tratamento de Água de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas. Ed. ABES, Rio de Janeiro, 1999, 114p.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. São Carlos: Editora LDIBE LTDA, v1, 878p e v2, 682p, 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censos Demográficos 2010, municípios. Disponível no site: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas\\_pdf/total\\_populacao\\_santa\\_catarina.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_santa_catarina.pdf). Acesso em: 06 de julho de 2011.

ITUPORANGA. Caracterização Regional – Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão “Ituporanga”. 37p, 2003.

KUEHN, W., MUELLER, U. Riverbank filtration. An overview. *Journal American Water Works Association*, v.92, n.12, p.60-69, 2000.

MURAKAMI, D. T., SENS, M. L. Filtração lenta com retrolavagem para tratamento de água em pequenas comunidades rurais. In: Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 13, 2008, Belém – PA, Anais... Belém, CD-ROM.

MURTHA, N. A., HELLER, L. Avaliação da influência de parâmetros de projeto e das características da água bruta no comportamento de filtros lentos de areia. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.8, n.4, p.257-267, outubro/novembro, 2003.

PIZZOLATTI, B. S. Estudos de limpeza de filtro lento por raspagem e retrolavagem. 2010. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis.

RABELO, L. Estudos preliminares para implantação da filtração em margem na Lagoa do Peri como pré-tratamento de água para remoção de fitoplâncton. 2006. 152p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis.

SANTOS, D. C G. Filtração em margem de rio precedendo a filtração lenta, para remoção de carbofurano, no tratamento de água para consumo humano. 2010. 241p. Tese (doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade de Santa Catarina.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis.

SCHIJVEN, J., BERGER, P., MIETTIEN, I. Removal of pathogens, surrogates, indicators and toxins using Riverbank Filtration. In: *Riverbank Filtration: Improving source-water quality*. Alemanha, v.43, cap.6, p.73-116, 2003.

SENS, M. L., DALSSASSO, R. L., MONDARDO, R.I., MELO FILHO, L.C. de. Filtração em Margem. In: *Remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano*. Livro em fase de publicação – PROSAB 4. São Paulo, v.1, cap5, p.400-492, setembro de 2006.

SOARES, M. B. D. Estudo da implantação em escala real da filtração em margem em algo de piscicultura extensiva para dessedentação animal. 2009, 134p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis.