



## **I-330 - FILTRAÇÃO EM MARGEM APLICADA AO TRATAMENTO DE ÁGUA: UMA AVALIAÇÃO SAZONAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DO MANANCIAL LAGOA DO PERI, SANTA CATARINA, BRASIL**

**Renata Iza Mondardo<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Química (UFSC) – Mestre em Engenharia Ambiental (UFSC) – Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

**Maurício Luiz Sens**

Engenheiro Sanitarista (UFSC) – Doutor em Engenharia Ambiental (Université de Rennes I / França) – Professor Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

**Luis Guillermo Romero Esquivel**

Licenciado em Química, Universidad de Costa Rica (UCR) – Master of Science, UNESCO-IHE, Institute of Water, Holanda – Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Professor Adjunto da Escola de Química, Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Costa Rica.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – CTC – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Campus Universitário – Trindade – Florianópolis – Santa Catarina- Brasil - CEP: 88040-900 – Fone/Fax: (48) 3721 9470 – [renataiza@hotmail.com](mailto:renataiza@hotmail.com), [lromero@itcr.ac.cr](mailto:lromero@itcr.ac.cr).

### **RESUMO**

O manancial Lagoa do Peri localizado em Florianópolis, SC – Brasil é utilizado como fonte de água para abastecimento da população. Nesse local foi estudada a potencialidade da produção de água por meio da filtração em margem (FM). Para isso foi construído poço de captação de 12 m de profundidade a uma distância de 20 m da margem da lagoa. O subsolo predominantemente formado por areia fina branca (0,1-0,14 mm) apresentou uma condutividade hidráulica de 9 m/d e uma velocidade de infiltração de 1,4 m/d, típicas de lugares na qual a filtração em margem funciona com sucesso. A água filtrada em margem apresentou uma melhora na turbidez, na cor aparente, e principalmente na remoção de fitoplâncton, removendo 100% das células. No entanto, outros estudos devem ser feito para avaliar a remoção de outros parâmetros como a formação de subprodutos da desinfecção e a remoção de coliformes fecais.

**PALAVRAS CHAVE:** Tratamento de água; Filtração em Margem de lago; Qualidade da água; Remoção do fitoplâncton.

### **INTRODUÇÃO**

A filtração em margem consiste em usar os materiais da margem e do fundo do manancial superficial (rio ou lago) como meio filtrante. Para obter a água filtrada em margem, precisa ser construídos poços ou galerias de infiltração nas margens do manancial, criando uma diferença de nível entre o manancial e o lençol freático, induzindo o escoamento da água em direção ao poço (Sens et al. 2006). Nesse percurso, mediante o contato da água com o solo/subsolo são removidos poluentes químicos e biológicos (dissolvidos e particulados). Os mecanismos de remoção podem ser físicos, físico-químicos e biológicos. Dentre os processos físicos estão a advecção, dispersão, difusão e a filtração mecânica. Já a sorção, precipitação, troca iônica, coagulação e reações redox são exemplos de processos físico-químicos. Finalmente, os processos biológicos permitem a degradação de matéria orgânica utilizada em processos metabólicos e a mineralização de substratos secundários (Shamrukh e Abdel-Wahab, 2008). Outro aspecto que contribui a melhora da qualidade da água filtrada em margem é a diluição resultante da mistura com águas subterrâneas (Sens et al. 2006).

Através desses processos consegue-se melhor a qualidade da água em termos de: turbidez, matéria orgânica natural (MON), carbono orgânico dissolvido, micropoluentes orgânicos (como os pesticidas, compostos farmacêuticos ativos, compostos endócrinos), amônia, nitrato, bactéria, protozoários, vírus, fitoplâncton e cianotoxinas (Amy et al 2006; Hiscock e Grischek, 2002; Kuehn e Mueller, 2000; Sens et al. 2006; Wang, 2002). A filtração em margem também pode remover compostos responsáveis pelo odor e sabor na água. Juttner (1995) reportou a remoção de compostos como mentol, limoneno e hidrocarbonetos aromáticos (benzeno e tolueno). No entanto, a filtração em margem apresenta efeitos indesejáveis como o aumento da dureza, de amônia, de ferro, de manganês, da formação de sulfeto de hidrogênio e outros compostos do sulfeto

como resultado da troca das condições redox (Hiscock e Grischek, 2002). Isso apresenta a necessidade da implantação de etapas subsequentes de tratamento para remover esses poluentes (Kuehn e Mueller, 2000).

Esta tecnologia aplicada ao longo prazo proporciona além da diminuição e remoção dos contaminantes, a redução do consumo de produtos químicos na desinfecção e na coagulação das águas, também diminui os custos de operação nas estações de tratamento de água. O processo de filtração em margem é utilizado a mais de 100 anos na Europa (Kuehn e Mueller, 2000), com amplo uso nos Estados Unidos. Tem sido utilizada, porém considerada como água subterrânea, devido à água filtrada em margem ser mistura com a água naturalmente encontrada no aquífero (Wang, 2002). Isso acontece em muitos países do mundo, onde os aquíferos aluviais conectados hidraulicamente a um manancial são os preferidos para a produção de água potável. A água filtrada em margem fornece cerca de 50% da água potável na República Eslovaca, 45 % na Hungria, 16% na Alemanha e 5% na Holanda (Hiscock e Grischek, 2002). Recentemente, estudos no Egito e na Índia têm sido reportados (Shamrukh e Abdel-Wahab, 2008); Dash et al., 2007).

Já no Brasil, um grupo de pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina realiza pesquisa visando utilizar a filtração em margem na produção de água potável. Sens et al (2006) relatam a remoção de cianobactérias e saxitoxinas nas águas do manancial Lagoa do Peri /Santa Catarina. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a filtração em margem como tratamento da água e observar o comportamento desse tratamento mediante as variações sazonais da qualidade da água do manancial Lagoa do Peri.

## METODOLOGIA

Os estudos foram desenvolvidos no campo experimental da lagoa do Peri/Florianópolis/ Santa Catarina/Brasil onde foram construídos poços de captação nas margens do manancial juntamente com uma estrutura laboratorial (LALP – Laboratório de Águas da Lagoa do Peri), localizada junto a Estação de Tratamento de Água da CASAN (Figura 1).

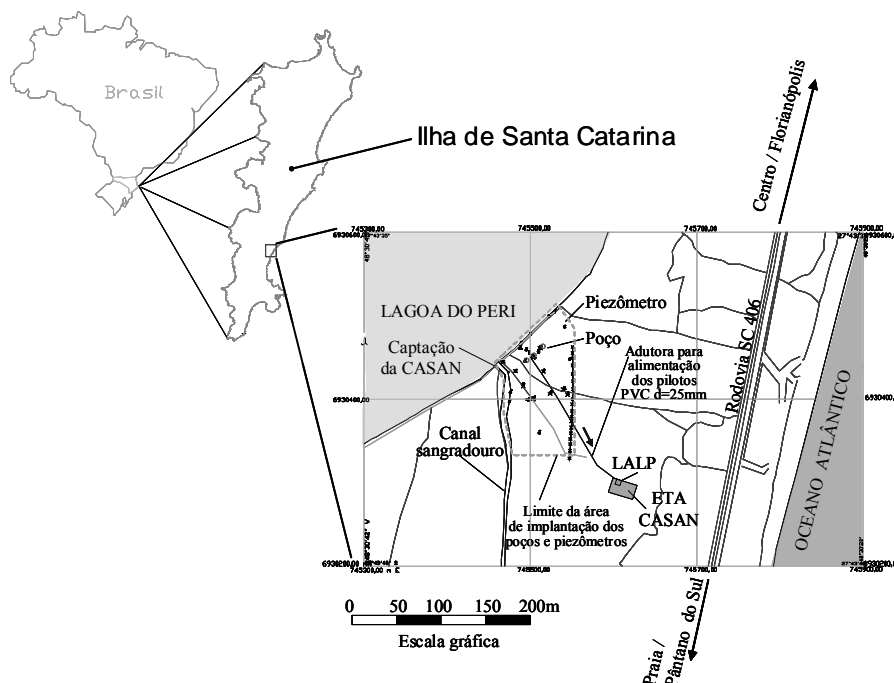


Figura 1 - Localização geográfica do Parque Municipal da Lagoa do Peri e do campo experimental. (Sens et al. 2006).

Inicialmente foram levantadas as seguintes informações sobre o local e o sistema a ser construído: sondagens, análises granulométricas do solo, porosidade efetiva, condutividade hidráulica, testes de infiltração e ensaios de bombeamento.

Foi construído um poço principal numa distância de 20 m da margem da lagoa do Peri e foi aberto com diâmetro de 100 mm e profundidade 12 m. O revestimento foi feito com tubo de PVC de diâmetro 75 mm,



com filtro (ranhuras) apenas nos últimos 4m, envolvido com Bidin. Também foram construídos poços de proteção em cada lado do poço principal, distantes 20 m da lagoa, e doze piezômetros entre a lagoa e o poço principal. Os poços de proteção foram previstos para assegurar que a água bombeada do poço principal fosse oriunda, preferencialmente, de infiltrações recentes através das margens da lagoa. Para viabilizar esses procedimentos, também foram instaladas bombas nesses poços. Avaliações posteriores sobre o escoamento do lençol freático na área de estudo, mostraram que os poços de proteção não precisariam ser utilizados, em função da vazão extraída do poço principal.

Após a construção do poço principal, este foi operado com uma vazão de 24 m<sup>3</sup>/d e utilizando a lei de Darcy foi calculada a velocidade de infiltração e o tempo de percurso. A qualidade da água do manancial e da água filtrada em margem foi determinada mensalmente durante o ano 2005. Os parâmetros, os métodos e os equipamentos utilizados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros, métodos e equipamentos utilizados

Parâmetro	Método analítico/Equipamento associado
Absorbância 254 nm	* Espectrofotômetro
Alcalinidade total (mg/L)	Volumétrico / Titulador digital
Cor aparente (uH)	APHA Platinum - Cobalt -S.M **Espectrofotômetro , $\lambda$ = 455nm
Cor verdadeira (uH)	Idem ao da cor aparente, com filtragem em membrana 0,45 $\mu$ m
Carbono orgânico total COT (mg/L)	Kit HACH / ** Espectrofotômetro
Condutividade ( $\mu$ S/cm)	Condutivímetro HACH
Cloretos (mg/L)	Volumétrico / Titulador digital com nitrato de prata
Dureza total (mg/L)	Volumétrico / Titulador digital com EDTA
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Kit HACH / ** Espectrofotômetro
pH	pHmetro HACH Senslon
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Condutivímetro HACH
Temperatura (°C)	Termômetro de mercúrio
Turbidez (uT)	Turbidímetro portátil HACH DR 2100P
Fitoplâncton total (células/mL)	Contagem UTERMÖL - HASLE - microscópio invertido LEITZ

\*Hach DR 4000; \*\* Hach DR 2010

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Características hidrogeológicas:

A Figura 2 mostra o resultado de uma avaliação sem bombeamento, ou seja, o comportamento natural. Observa-se que água se infiltra através das margens da lagoa indo em direção ao poço de captação. Após passar pela região do poço, a água flui em direção ao canal sangradouro. Os dados indicam que a água subterrânea próxima da margem é oriunda de infiltrações a partir da lagoa. Nesse caso em particular, a elevação do nível natural da água na lagoa, devido à construção de um dique (Figura 2), induz a infiltração. Para realização desse estudo também foram medidos os níveis da água na lagoa e no canal sangradouro (Sens et al. 2006).

Os estudos de sondagens, análises granulométricas do solo, testes de infiltração e ensaios de bombeamento permitiram determinar o solo. O solo é formado basicamente por sedimentos marinhos, com uma camada de areia escura a partir da superfície e até 1 metro de profundidade produto da mistura com matéria orgânica vegetal decomposta. Entre 1 e 4 metros predomina areia fina clara, com ocorrência de bolsões de matéria orgânica misturada. Entre 4 e 18 m predomina areia fina branca (diâmetro efetivo 0,1 a 0,14 mm) com uma fração argilosa menor que 1%. De 18 a 23 m ocorre uma camada argilosa. Diante disso, foi considerado como altura da camada saturada do aquífero D = 18m como mostra a figura 3. Foi utilizada uma vazão de 24 m<sup>3</sup>/d (Sens et al. 2006). Conforme mostra a figura 3 a água filtrada em margem foi coletada entre 8 e 12m de

profundidade, onde predomina a areia branca. A tabela 2 apresenta as características do meio filtrante, os cálculos da velocidade de infiltração e o tempo de percurso da água.

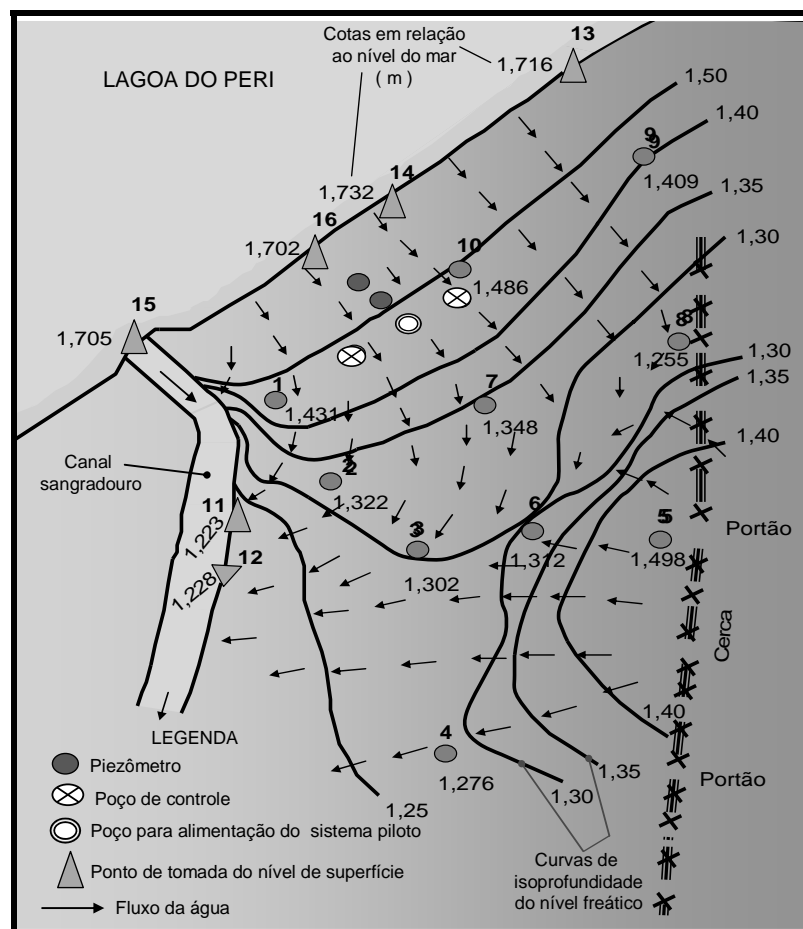


Figura 2 – Esquema do escoamento da água no lençol freático. (Sens et al. 2006).

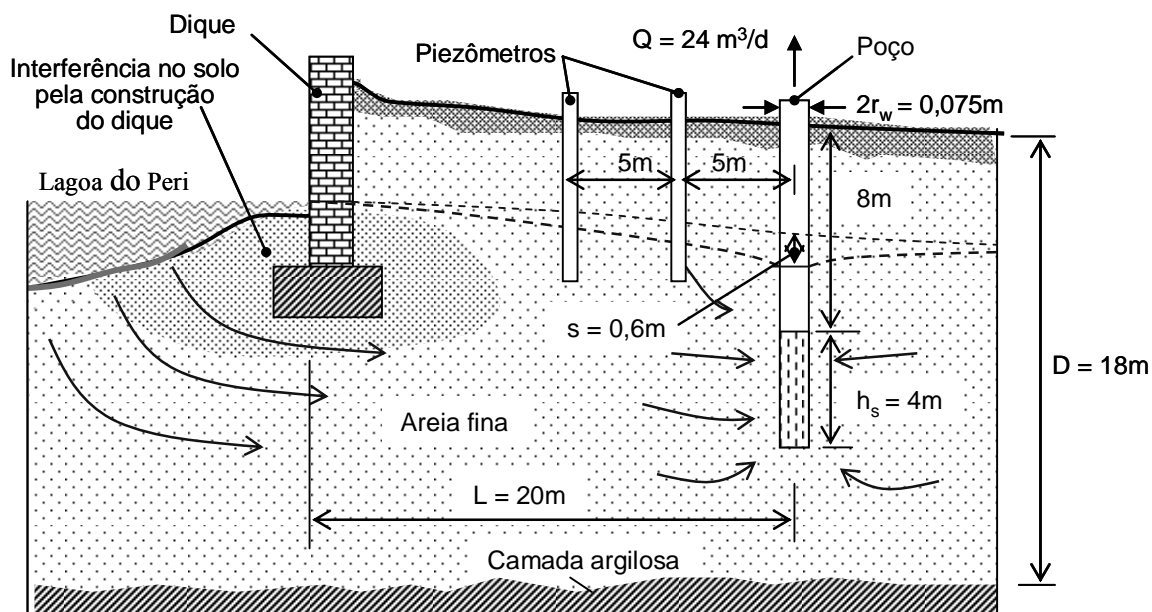


Figura 3 – Corte esquemático do sistema piloto de filtração em margem na lagoa do Peri. (Sens et al. 2006).



Tabela 2 – Cálculo da velocidade de infiltração e do tempo de percurso

Parâmetro / Símbolo	Unidade	Valor
Porosidade efetiva do solo: $n_e$	-	0,2
Distância do poço principal até a margem, L	m	20
Rebaixamento do lençol medido dentro do poço, s	m	0,60
Condutividade hidráulica, K	m/d	9
Tempo mínimo de percurso do soluto: $t_{\min}$	d	14
Velocidade de infiltração, V	m/d	1,4

Onde: a velocidade de infiltração  $V$  (m/d) =  $(K s)/L * n_e$ , e o tempo de percurso  $t_{\min} = L/V$

Como mencionado anteriormente, a água filtrada em margem é coletada entre 8 e 12m de profundidade. Considerando que a profundidade da lagoa na área de infiltração é no máximo de 3 m, a água infiltra no sentido horizontal e vertical. A infiltração acontece na camada de areia fina cuja condutividade hidráulica, K, igual a 9 m/d. Esse mesmo cenário acontece em um sistema real que funciona no rio Nilo, no Egito onde a condutividade hidráulica é de 7-12 m/d, em solo formado por areia e cascalho, no qual fornece água com qualidade dentro dos limites para água potável (Shamrukh e Abdel-Wahab, 2008). O valor de condutividade hidráulica encontra-se na faixa recomenda por Amy et al (2006), que é de 0,3 a 36 m/d, para remoção de contaminantes. Estudos relatam que com o tempo mínimo de percurso de 14 dias conseguem remover de 4 a 5log de coliformes através da filtração em margem. Dash et al., (2007) recomenda um tempo de percurso entre 10 e 20 dias.

Os resultados mostram uma remoção promissora de microrganismos (fitoplâncton) na água da Lagoa do Peri. Finalmente, a velocidade de infiltração (1,4 m/d) é levemente maior do que o máximo (1m/d) recomendado por Amy et al (2006), na obtenção de água de boa qualidade, porém é menor do que o valor reportado por Wang (2002) que foi entre 2,88 e 3,84. Valor encontrado diante do estudo realizado em Louisville Kentucky, onde o sistema de filtração em margem funciona com sucesso. Os valores de condutividade hidráulica, velocidade de infiltração, tamanho do material filtrante e o tempo de percurso, para se obter água de boa qualidade encontram-se exposto na tabela 2.



Tabela 3: Comparação da qualidade da água bruta, da água filtrada em margem e da norma Brasileira.

Tipo de água / Parâmetros	Água bruta	Filtrada em margem	Norma *
Temperatura (°C)	23,1 <sup>a</sup> ± 3.1 <sup>b</sup> (18,0-27.4) <sup>c</sup>	21,4 ± 2.5 (18,0-25,8)	
Oxigênio dissolvido	7,3 ± 0.4	2,5 ± 0.4	
OD (mg/L)	(6,5-8,0)	(1,9-2,9)	
Turbidez (uT)	7,24 ± 0.35 (6,70-7,72)	0,41 ± 0.14 (0,20-0,64)	1,0 em 95% das amostras
Total Fitoplankton (células/ml)	1,79 x 10 <sup>5</sup> -1,81x10 <sup>6</sup>	Ausente	
Cor aparente (uH)	71 ± 15 (38-90)	12 ± 12 (8-21)	15
Cor verdadeira (uH)	8 ± 3 (2-11)	5 ± 3 (2-9)	
Absorvancia UV 254 nm	0,115 ± 0.016 (0,101-0,150)	0,067 ± 0.007 (0,057-0,078)	
Carbono orgânico total (COT) (mg/L)	7,3 ± 0.8 (6,0-8,7)	1,9 ± 0.4 (1,4-2,6)	
SUVA <sub>254</sub> ** (L / mg m)	1,58 ± 0.09 (1,40-1,72)	3,55 ± 0.44 (3,00-4,07)	
Cloretos (mgCl <sup>-</sup> /L)	17 ± 1 16-19	19 ± 3 15-26	250
Dureza total (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	11 ± 1 6-11	90 ± 5 80-96	500
Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	8 ± 1 6,4-8,9	90 ± 5 80-96	
pH	7,10 ± 0.55 (5.80-7,72)	7,73 ± 0.26 (7,30-8,07)	6,0 a 9,5
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	37 ± 6 28-50	111 ± 6 101-120	1000
Condutividade (µS/cm)	71 ± 8 (56-82)	222 ± 11 (202-240)	

<sup>a</sup> médias. <sup>b</sup> Desvio padrão. <sup>c</sup> Mínimos e máximos

\*Portaria 518 de 25 de Março de 2004 (Ministério de Saúde, 2004).

\*\* Neste estudo definido como: (UVA<sub>254</sub> /COT) \* 100

## Qualidade da água

A tabela 3 apresenta a média, os valores mínimo e máximo determinados na água bruta e na água filtrada em margem e os compara com a norma de Qualidade da Água para Consumo Humano (Portaria 518 do Ministério de Saúde do Brasil, 2004). Como pode ser observada na tabela 3, a água filtrada em margem mostrou valores abaixo da norma para todos os parâmetros analisados. A de remoção da turbidez foi de 94%, resultado semelhante aos estudos realizados na Índia e Egito (Dash et al., 2007; Shamrukh e Abdel-Wahab, 2008).

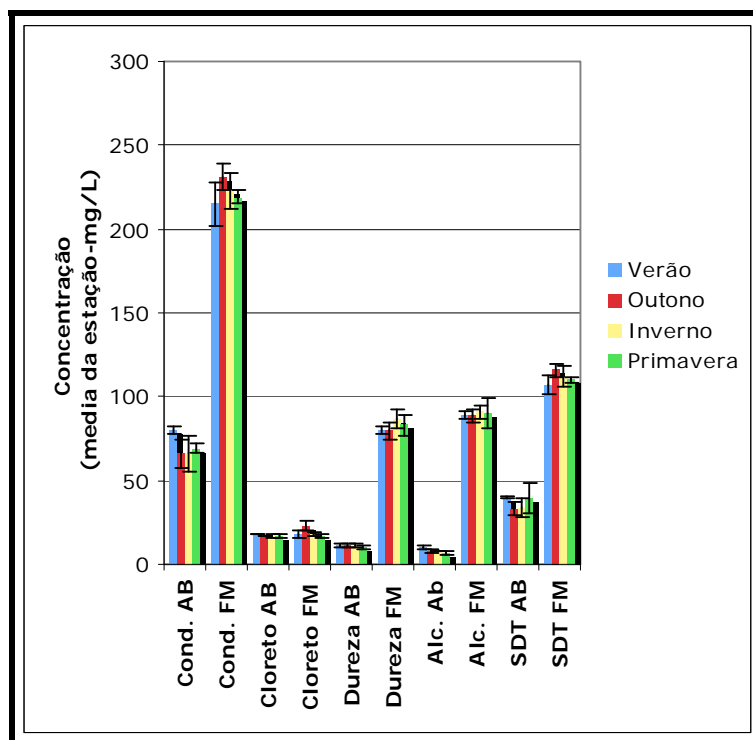


Figura 4: Variação de alguns parâmetros físico-químicos na água bruta e na água filtrada em margem durante o ano.

Uma comparação entre os dados encontrados na água bruta e na água filtrada em margem indicam um aumento da condutividade, alcalinidade, dureza e sólidos totais dissolvidos na água filtrada em margem (tabela 3 e figura 4). Também foi observado uma diminuição dos parâmetros: turbidez, oxigênio dissolvido, cor aparente e cor verdadeira, absorvância  $UV_{254}$  nm e carbono orgânico total (Tabela 3 e figura 5). Porém, nas figuras 4 e 5 observa-se que a maioria dos parâmetros estudados não apresentaram dependência sazonal, esse resultado pode ser verificado através da medida do desvio padrão (avaliado estatisticamente mediante T-test).

Como foram mencionados, os parâmetros condutividade, alcalinidade, dureza e sólidos dissolvidos totais apresentaram aumento na água filtrada em margem, mas sem dependência sazonal (tabela 3 e figura 4). Esse tipo de aumento já foi observado em estudos similares na Índia e possivelmente foi devido a erosão e lixiviação do solo pela água da lagoa quando esta percorrer no subsolo (Dash et al., 2007). Alguns outros estudos indicam que esse aumento, foi devido a mistura da água filtrada em margem com a água subterrânea local. Mas, neste caso o fato de que a concentração de íon cloreto (substância conservativa presente na água da lagoa) e praticamente a mesma e a vazão aplicada é baixa, como foi mencionado no estudo com os piezômetros (figura 2), a água da lagoa infiltra-se de forma natural através das margens indo na direção do poço de captação, indicam que não existe influência da água subterrânea local nem infiltração da água do mar. Mesmo assim, para estudos posteriores é preciso ter uma caracterização da água subterrânea local para poder determinar com maior certeza sua influência na água filtrada em margem.



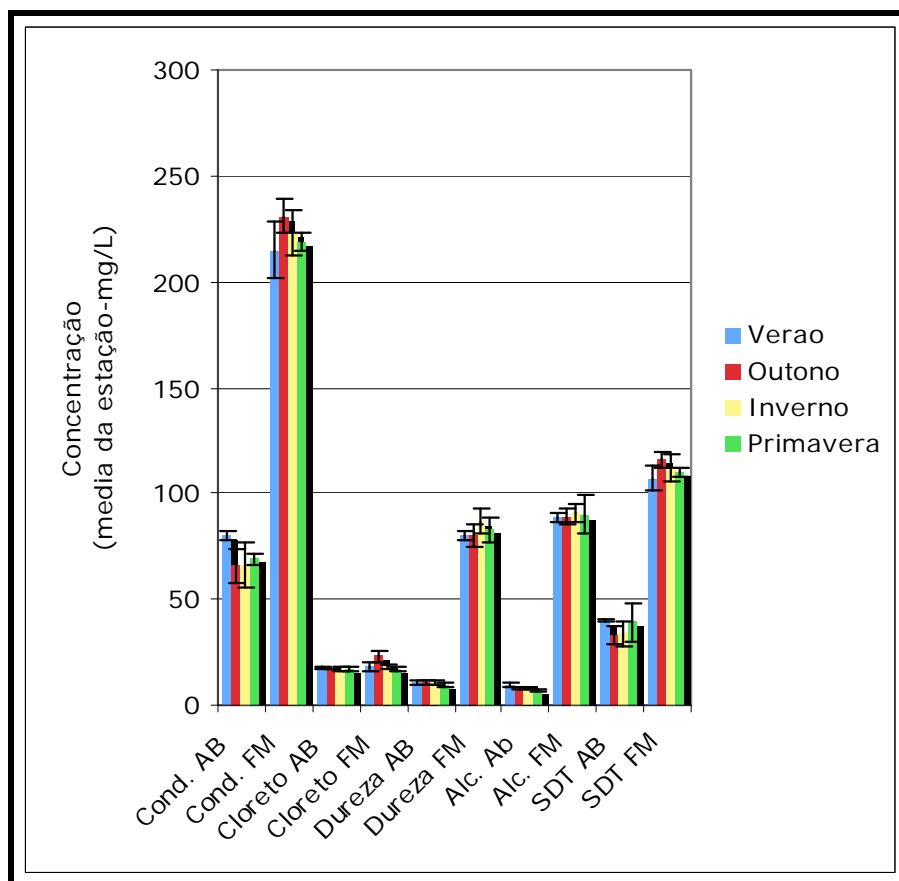


Figura 5: Variação da temperatura e alguns outros parâmetros na água bruta e água filtrada em margem durante o ano.

Os valores médios da temperatura da água filtrada em margem em relação ao da água bruta não apresentaram diferença significativa como se pode observar na figura 4, mas apresentaram uma tendência a diminuir. Essa tendência vem de acordo com os estudos realizados na Índia e em Wabash river, Estados Unidos (Dash et al., 2007; Weiss et al, 2003). O processo de filtração em margem no caso do aumento da temperatura da água bruta (principalmente no verão) amortiza esse aumento de temperatura permitindo um abastecimento de água com uma temperatura estabilizada durante o ano. O qual concorda com a observação de (Hiscock e Grischek, 2002; Kuehn e Mueller, 2000) que reconhecem a capacidade da filtração em margem na compensação dos picos de temperatura.

A diminuição do oxigênio dissolvido na água filtrada em margem deve-se ao consumo da matéria orgânica por parte dos microrganismos. Este valor de oxigênio dissolvido concorda com dados obtidos no rio Rin, na Alemanha, onde se utiliza a filtração em margem na remoção de amônia e manganês (Kuehn e Mueller, 2000). No entanto, para estudos futuros é necessário a análise desses e de outros parâmetros químicos indicadores do ambiente redox no subsolo como o ferro, nitrato, nitrito, sulfato e sulfeto de hidrogênio.

A remoção de carbono orgânico total (COT) foi em torno 74 %. Weiss et al (2003) obtiveram remoções semelhantes (60-80%) em estudos feitos em dois rios em Indiana e um rio em Missouri. Estes pesquisadores avaliaram o potencial da formação de trihalometanos, ácidos haloacéticos, haloaceto nitrilos, hidrato cloral, halocetonas e cloropicrim. Segundo o tipo de composto, os autores encontraram reduções entre 40 e 100% do potencial de formação de subprodutos da desinfecção. Um estudo anterior já tinha relacionado a quantidade de COT com a potencial de formação de precursores de subprodutos da desinfecção (SPD) como o indicado por Singer e Chang, 1989. Diante disso, a redução de COT na água filtrada em margem resulta na redução de SPDs, especialmente considerando que já foram reportadas quantidades de TAM na água gerada na estação de tratamento localizada na Lagoa do Peri (Budziak e Carasek, 2007).

Finalmente, o aumento do parâmetro SUVA254\*\* indica que na filtração em margem se deu uma concentração dos compostos aromáticos. Mas este parâmetro não se pode relacionar com a formação de





subprodutos da desinfecção, só com o grão de aromaticidade (Weishaar et al., 2003; Garcia I., 2005; Ates et al., 2007). No entanto, no caso da água filtrada em margem precisar de um tratamento o valor de SUVA<sub>254</sub>\*\* indica que mediante coagulação poderia remover matéria orgânica natural residual, responsável pela formação de SPDs, entre 25 e 50% (Edzwald e Tobiason, 1999). Assim, no caso em que a filtração em margem não consiga remover a matéria orgânica natural suficiente, o processo serviria como pré-tratamento adequado para evitar a formação de SPDs.

Com respeito à avaliação sazonal do fitoplâncton, a figura 6 indica uma elevada densidade apresentando valor médio de  $10^6$  células/ml na água bruta, sendo as cianobactérias o grupo dominante. Porém na água filtrada em margem não foram detectados fitoplâncton. Em estudo paralelo houve remoção total de saxitoxinas (Sens et al., 2006).

## CONCLUSÕES

Este estudo mostra a potencialidade da filtração em margem como pré-tratamento para a produção de água de boa qualidade. Porém, estudos posteriores para avaliar outros parâmetros químicos (por exemplo, a formação de subprodutos da desinfecção) e microbiológicos (como os coliformes fecais) deveram ser realizados para determinar a possibilidade de se utilizar esta tecnologia como um único tratamento seguido da cloração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMY, G.; CARLSON, K.; COLLINS, M.R.; DREWES, J.; GRUENHEID, S.; JEKEL, M. Integrated comparison of biofiltration in engineered versus natural systems. In: Gimbel, R.; Graham, N.J.D.; Collins, M.R.. Recent Progress in Slow Sand and alternative Biofiltration Processes. IWA Publishing, London, p 1-11, 2006.
2. ATES, N., KITIS, M., YETIS, U. Formation of chlorination byproducts in waters with low SUVA—correlations with SUVA and differential UV spectroscopy. *Water Res.* 41 (18), 4139–4148. 2007.
3. BUDZIAK, D.; CARASEK, E.. Determination of trihalomethanes in drinking water from three different water sources in Florianopolis-Brazil using purge and trap and gas chromatography. *J. Braz. Chem. Soc.*, São Paulo, v. 18, n. 4, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-0532007000400012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-0532007000400012&lng=en&nrm=iso)>. Acessado: 21 Apr. 2009
4. EDZWALD, J., TOBIASON, J. Enhanced coagulation: US requirements and a broader view. *J. Water Science and Technology.* 40 (9), 63-70. 1999.
5. GARCIA, I. (2005) Removal of natural organic matter by enhanced coagulation in Nicaragua. Licentiate Thesis Department of Chemical Engineering and Technology Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
6. HACH COMPANY. Hach DR/2010 spectrophotometer procedures manual. Hach Company. USA. 2000.
7. HACH COMPANY. Hach DR/4000 spectrophotometer procedures manual. Hach Company. USA. 2003.
8. HISCOCK, K.M.; GRISCHEK, T. Attenuation of groundwater pollution by bank filtration. *J. Hydrol.*, v.266, n.3-4, p.139-144, 2002.
9. JUTNER, F. Efficacy of bank filtration for the removal of fragrance compounds and aromatic hydrocarbons. *Water Sci Technol*, v. 40, n.6, p.123–128, 1999.
10. KUEHN, W.; MUELLER, U. Riverbank filtration. An overview. *J. AWWA*, v.92, n.12, p60-69, 2000.
11. SENS, M. L. ; DALSASSO, R. L. ; MONDARDO, R. I.; MELO FILHO, L. C.; Filtração em Margem. In: PROSAB. (Org.). Contribuição ao Estudo da Remoção de Cianobactérias e Microcontaminantes Orgânicos por Meio de Técnicas de Tratamento de água Para Consumo Humano. 1ª ed. São Sebastião Petrópolis, RJ: SERMOGRAF Artes Gráficas e Editora Ltda, v. 1, p. 173-236, 2006.
12. SHAMRUKH, M.; ABDEL-WAHAB, A.. Riverbank filtration for sustainable water supply: application to a large-scale facility on the Nile River. *Clean Techn Environ Policy*, v. 10, p351–358, 2008.
13. SINGER, P.C., CHANG, S.D., 1989. Correlations between trihalomethanes and total organic halides formed during water treatment. *J. Am. Water Works Assoc.* 81 (8), 61–65
14. MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. Portaria 518 de 25 de Março de 2004. Diário Oficial da União de 26 de março de 2004, número 59, seção 1: 166-176.
15. WANG, J. riverbank filtration case study at Louisville, Kentucky. In: RAY, Chittaranjan; MELIN, Gina; LINSKY, Ronald B. (eds). *Riverbank Filtration- Improving source-water quality.*: Kluwer Academic Publishers, The Netherlands p 117-146. 2003.



17. WEISHAAR, J.L., AIKEN, G., BERGAMASCHI, B.A., FRAM, M.S., FUJI, R., MOPPER, K., 2003. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon. *Environ. Sci. Technol* 37 (2003), 4702–4708.
18. WEISS, W.J.; BOUWER, E.J.; BALL, W.P.; O'MELIA, C.R.; AURORA, H. SPETH, T.E. Reductions in disinfection by products precursors and pathogens during riverbank filtration at three midwestern United States drinking water utilities. In: RAY, Chittaranjan; MELIN, Gina; LINSKY, Ronald B. (eds). *Riverbank Filtration- Improving source-water quality.*: Kluwer Academic Publishers, The Netherlands p. 147-175. 2003.