



## I-313 – REMOÇÃO DE CARBOFURANO POR MEIO DE FILTRAÇÃO EM MARGEM DE RIO SEGUIDA DE FILTRAÇÃO LENTA

**Denise Conceição de Gois Santos Michelin<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**Maurício Luiz Sens<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Estudos Aprofundados pela Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes. Doutor em Sciences Chimiques pela Université de Rennes I - Depto de Génie de l'Environnement. Professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Ramon Lucas Dalsasso<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS). Campus Universitário – Trindade. Florianópolis – Santa Catarina. CEP: 88.049-970 - Brasil. Telefone: (48) 3721-9883. E-mail: [denise\\_gois@ens.ufsc.br](mailto:denise_gois@ens.ufsc.br)

### RESUMO

Para aumentar a produção agrícola, principalmente a de cebola, os agricultores da região de Ituporanga/SC, cada vez mais fazem uso de agrotóxico. Este uso muitas vezes é de forma indiscriminado, podendo assim contaminar a atmosfera, o solo e principalmente os mananciais. O principal manancial da região de Ituporanga encontra-se contaminado por agrotóxico, cujo princípio ativo do grupamento químico dos carbamatos é o Carbofurano. Foi construído próximo às margens do rio Itajaí do sul – principal curso de água da região, o sistema piloto formado pelo poço que coleta a água filtrada em margem seguido pela filtração lenta retrolavável. A proposta deste sistema piloto é remover o carbofurano. A eficiência média de remoção do carbofurano na filtração em margem ficou em torno de 50%. Dos 50% de carbofurano que não foram removidos contidos na água filtrada em margem e que foi direcionado para a filtração lenta retrolavável, aproximadamente, em média 49% foram removido na filtração lenta. Com estes resultados, conclui-se que o uso da filtração em margem seguida de filtração lenta retrolavável formam o conjunto de tecnologias promissoras no tratamento de águas com microcontaminantes, sendo assim considerados positivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Carbofurano, Filtração em Margem, Filtração Lenta.

### INTRODUÇÃO

O uso do agrotóxico tornou-se significativo na agricultura a partir da segunda guerra mundial. Os agricultores preocupados em produzir mais na mesma área adotaram o uso do agrotóxico, como solução para a eliminação de pragas, doenças e estímulo ao aumento da produtividade.

Quando os agrotóxicos são mal utilizados nas culturas, os mesmos podem atingir, além delas, os recursos naturais próximos às culturas, e consequentemente o meio ambiente, contaminando assim a fauna e flora da região. Mesmo quando aplicados de forma mais coerente, os agrotóxicos voláteis contaminam a atmosfera, podendo se dispersar por correntes de ar e se depositar no solo e nos mananciais próximos a estas áreas.

Cada vez mais se empregam os agrotóxicos, substâncias tóxicas, as quais provocam problemas de saúde ambiental e pública, cujos resíduos poluem as águas dos rios. Por outro lado, no ambiente técnico-científico têm sido desenvolvidos meios para a descontaminação das águas dos rios utilizadas para abastecimento, uma vez que o movimento da água através do solo ocasiona a remoção e a redução de poluentes.

Diante desta problemática e também, pelo fato da região de estudo ser considerada rural por apresentar a predominância de áreas agriculturáveis, surgiu-se a proposta de se utilizar a tecnologia filtração em margem seguida de filtração lenta. Ambas são tecnologias consideradas como ideais para serem implantadas neste tipo



de região, pelo fato de ser tecnologias simples, que não requer manutenção, operação, tão pouco adição de produtos químicos no tratamento, necessitando apenas de desinfecção.

A filtração em margem de rios consiste na retirada de água subterrânea em um local adjacente a um corpo de água, de modo que o rebaixamento do nível da água subterrânea induza a água da fonte superficial a escoar pelo solo. A idéia básica da filtração em margem incide na utilização dos sedimentos de um manancial superficial como meio filtrante. Os possíveis contaminantes presentes na água superficial serão então removidos neste percurso.

Na filtração lenta, que tem sido muito utilizada em comunidades rurais, verifica-se que ocorre uma remoção muito satisfatória em relação à matéria em suspensão e de bactérias. O processo de filtração não consiste apenas em “coar” a água em meio filtrante, mas sim é o conjunto de vários fatores que interferem no resultado final, tais como: ações biológicas, físicas, químicas e bioquímicas.

O uso da filtração em margem seguida de filtração lenta surge como uma solução tecnológica muito apropriada para países como o Brasil, que possui regiões de acentuadas diferenças sócio-econômicas, haja vista que as tecnologias usuais de tratamento requerem pessoal de qualificação técnica elevada para sua operação. Ademais, muitas vezes, os materiais de construção, os equipamentos e os produtos químicos têm que ser adquiridos em locais distantes.

O presente trabalho objetiva desenvolver um estudo da filtração em margem de rio (pré-tratamento) seguida de filtração lenta retrolavável como tratamento da água do manancial rio Itajaí do Sul (Ituporanga/SC) contaminada por microcontaminante – Carbofurano.

A região que abrange o município de Ituporanga tem como culturas predominantes a cebola, o milho e o fumo. Na Tabela 1, pode ser observado, além da produção destas culturas, a safra de 2007 do município de Ituporanga. A cultura de cebola se destaca, de forma a enquadrar a região, como maior produtora nacional. Para manter esta produção, os agricultores fazem cada vez mais, uso de agrotóxico, cuja predominância de uso é o princípio ativo é o carbofurano.

**Tabela 1 – Safra de 2007 referente ao município de Ituporanga.**

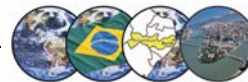
Produto	Quantidade produzida (T)	Produção R\$ mil reais	Área cultivada (ha)	Rendimento (kg/ha)
Arroz	4	2	3	1.333
Batata-doce	600	252	30	20.000
Batata-inglesa	1.644	411	120	13.700
Cebola	108.000	45.360	4.500	24.000
Feijão	3.105	2.690	1.500	2.070
Fumo	8.905	36.511	4.331	2.056
Mandioca	1.000	60	50	20.000
Milho	21.120	4.752	5.200	4.591
Soja	420	161	200	2.100
Tomate	1400	763	20	70.000
Trigo	132	55	55	2.400

Fonte: IBGE, 2008.

Assim escolheu-se desenvolver um estudo utilizando-se o rio Itajaí do Sul, no trecho localizado no município de Ituporanga / Santa Catarina, principal curso de água da região, pertencente à sub-bacia Itajaí do Sul, para analisar a implantação dessas tecnologias na remoção do agrotóxico cujo princípio ativo é o Carbofurano.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para implantação da filtração em margem na área escolhida, foi necessário fazer sondagem, para se verificar a viabilidade de locação da mesma. A sondagem plani-altimétrico da área de estudo foi desempenhada por uma empresa contratada. Foram realizadas observações do nível freático nos piezômetros e nos poços construídos.

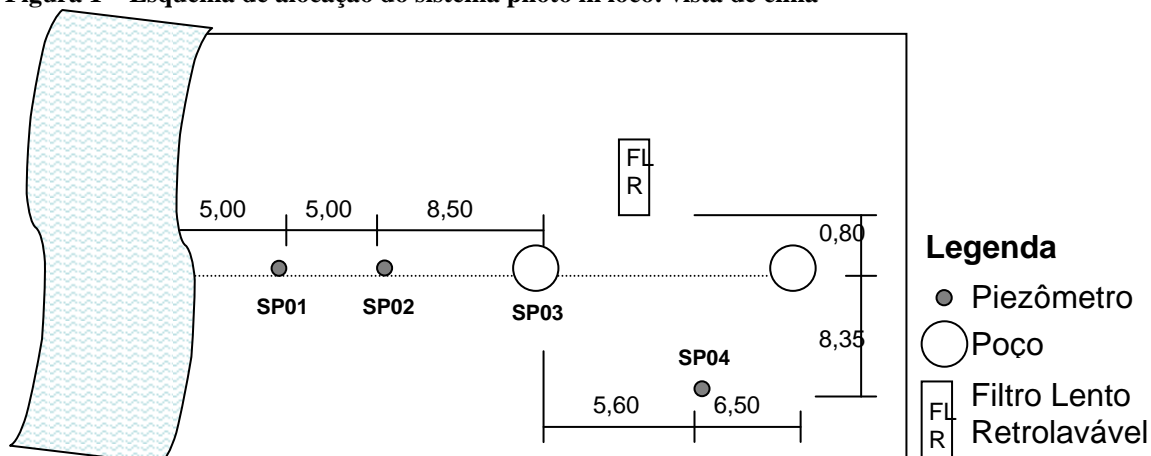


O método empregado na sondagem foi o de percussão com circulação de água e com o auxílio de tubo de revestimento de 2 1/2". A amostragem foi feita mediante a utilização de barrilete amostrador padrão com diâmetro interno de 1 3/8" e externo de 2". A cravação procedeu-se por meio de golpes com massa de 65kg que caía em queda livre em torno de 75 cm.

O "SPT" (*Standard Penetration Test*) foi determinado através do número de golpes necessários para a penetração dos últimos 30 cm do amostrador. A cada 15 cm de penetração do amostrador, foi registrado o número de golpes correspondente, até a penetração total de 45 cm. O número de golpes juntamente com o tipo de amostra da camada foi utilizado para estabelecer uma correlação com a tensão admissível do solo. Além da determinação desta tensão, foram coletadas amostras do solo em cada furo de sondagem realizado, para posterior caracterização dos sedimentos do solo, bem como determinar o coeficiente de desuniformidade das camadas existentes no furo de sondagem.

Foram executados quatro furos de sondagem, posicionados conforme planta de situação (Figura 1), representados individualmente em perfis verticais, com suas respectivas profundidades de camadas, classificação do material, número de golpes necessários à penetração e nível do lençol freática. Os furos SP 01, SP 02 e SP 04 são piezômetros e o SP 03 o poço em margem. O poço em margem tem profundidade máxima de 4,70 m. Esta profundidade propicia a indução da água para o poço pela camada de melhor permeabilidade – camada de cascalho.

**Figura 1 – Esquema de alocação do sistema piloto in loco: vista de cima**

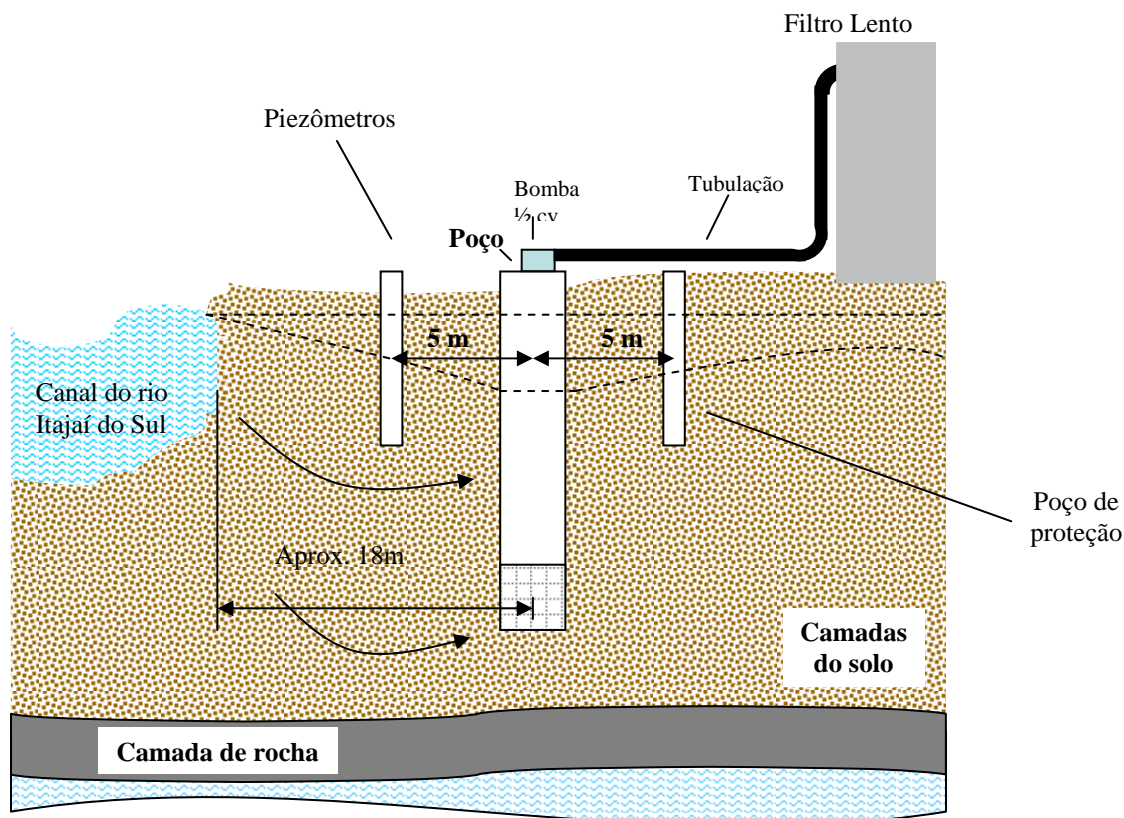


Ainda, para caracterização do solo foi feito estudo da sua permeabilidade. Para a determinação do índice de permeabilidade (K) do solo/subsolo foi utilizado permeâmetro de nível constante adaptado da coluna de permeâmetro Wille Geotechnik, modelo D1702. Este coeficiente é definido medindo-se a quantidade de água que atravessa uma amostra de solo com seção e altura conhecidas em um determinado tempo  $t$ , onde o nível de água acima da amostra é mantido constante. Para melhor representação do solo/subsolo a amostra do material foi retirada com amostrador apropriado para manter sem deformações.

Com a utilização deste permeâmetro em ensaios a nível constante, o coeficiente de permeabilidade do sedimento mais próximo à rocha (impenetrável à percussão) do furo SP 03 (poço em margem), corresponde a 266,7 m/d, o que significa que o solo é considerado com boa permeabilidade.

Assim, com a definição do local a ser implantado o poço em margem, definiu-se então onde o sistema piloto seria instalado. O sistema piloto *in loco* está instalado na cidade de Ituporanga (SC), à margem direita (sentido sul → norte), do rio Itajaí do Sul. Este sistema é formado por cinco poços – um que coleta o produto da filtração em margem, três que atuam como piezômetros e um poço de proteção, e também pela filtração lenta retrolavável (FLR), como pode ser vista na Figura 2. Todos os poços são revestidos com PVC, com exceção do poço da filtração em margem que é revestido por anéis de concreto com diâmetro de 1,00 m.

Figura 2 – Esquema do sistema piloto in loco: vista lateral



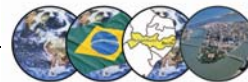
A captação da água do rio ocorre no poço instalado a 18,00 m da margem do rio de estudo. A água é recalçada por meio de bombeamento do poço em margem para o filtro lento: bomba centrífuga de  $\frac{1}{2}$  cv. A vazão recalçada do poço é maior que a utilizada na filtração lenta, assim o excedente retorna ao manancial. A representação da filtração em margem também pode ser observada na Figura 2.

O controle de vazão do poço é realizado por micro-medidores, instalados na linha de recalque. O controle do poço de filtração é feito através da leitura do nível do poço de extração e dos piezômetros (trena eletrônica e/ou *levellogger*), e da vazão extraída (micro-medidor).

O filtro lento foi construído de alvenaria armada com tijolos maciços e laje de fundo de concreto armado. O meio filtrante é composto por uma camada de areia de 40 cm, com diâmetro efetivo de 0,3 mm e coeficiente de desuniformidade  $< 1,5$ . A camada suporte tem 15 cm de espessura com grãos variando de 1,4 a 4,5 mm. A área interna do filtro lento é de 80 x 80 cm, vazão de 80 L/h e fluxo de  $3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ . O filtro opera em regime constante e carga hidráulica variável. O controle da vazão de alimentação é através de câmara de nível constante com escoamento por orifício.

A limpeza da areia é realizada por retrolavagem com água filtrada produzida pelo próprio filtro, sem uso de bombas ou reservatório elevado. Utiliza-se a carga hidráulica para a realização desta retrolavagem. A vazão de lavagem do filtro é controlada por válvula com abertura regulada e aferida volumetricamente.

Para determinação das análises de agrotóxicos utilizou-se a técnica de normas internacionais para análise de pesticidas N - Metil Carbamatos (NMC) por meio de injeção direta em cromatografia líquida de alta eficiência com detector de fluorescência (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998). Utilizou-se o método alternativo para análise de NMC que é a cromatografia líquida de alta eficiência com detector ultravioleta (CLAE/UV) (PARRILA, 1994). A presença de traços de pesticidas em amostras de água natural e potável exige procedimento de concentração para se obter maior sensibilidade no método de análise. A técnica de extração em fase sólida (SPE) foi empregada, por concentrar diferentes pesticidas presentes em amostras de água (MCGARVEY, 1993; SANTOS, 2007).



As análises de carbofurano foram desenvolvidas em cromatógrafo líquido de alta eficiência (CLAE) da Hewlett Packard TM, modelo HP 1050. A coluna utilizada neste CLAE é uma coluna de sílica ultrapura com dimensões de 250 x 4,6 mm, tamanho da partícula 5 µm contendo octadecil C18. A detecção foi por ultravioleta também da Hewlett Packard TM, modelo HP 1050 e comprimento de onda de 203 nm.

Para obtenção dos dados de carbofurano, as análises seguiram cinco etapas:

- Conservação: foram preservadas com adição de ácido cloroacético, para fixar o pH entre 3,5 – 4,0. Em seguida a amostra foi acondicionada em caixa de isopor com gelo e transportadas para laboratório para posterior análise. As amostras do sistema tiveram volume de análise de 1L. Estas foram filtradas em membrana de acetato de celulose com diâmetro de 47 mm e porosidade de 0,22 µm. As amostras são coletadas em triplicada.

- Extração e Recuperação: foi feita a ativação de microcoluna 500 mg de octadecil-C18 com 3 mL de solvente acetonitrila (SANTOS, 2007). Em seguida a amostra foi percolada pela minicoluna (cartucho), que por sua vez está conectada ao sistema de extração 'Manifold' junto a uma bomba a vácuo, para proporcionar a passagem da amostra de água pela minicoluna sob pressão e à velocidade constante de, aproximadamente 1mL/min.

- Eluição e Concentração: na etapa de eluição, as moléculas de carbofurano são liberadas da minicoluna com a passagem de 5 mL do solvente (acetonitrila), cujo efluente é a soma do carbofurano e do solvente orgânico. O volume final do efluente obtido é igual a 5 mL. Para concentrar ainda mais a amostra, utiliza-se o evaporador rotativo, aquecido a 40°C, com rotação lenta. Após a evaporação do extrato, adiciona-se 1mL do solvente acetonitrila, obtendo assim o volume final de 1mL, ou seja, a amostra de campo é concentrada em 1000 vezes.

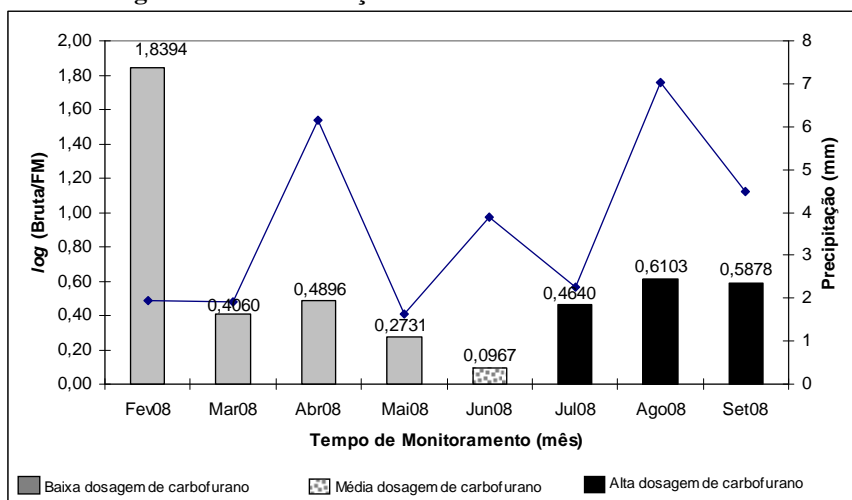
Com o volume final de 1 mL, foi injetado o volume de 20 µL no CLAE.

## RESULTADOS

No Brasil não existe portaria que defina o limite máximo de concentração de Carbofurano. Desta forma foi necessário comparar com as legislações internacionais. Como no Brasil o composto orgânico Carbofurano ainda não apresenta níveis máximos em água potável, tomou-se como base o limite da União Européia para pesticidas (qualquer grupamento químico) que é de 0,1 µg/L.

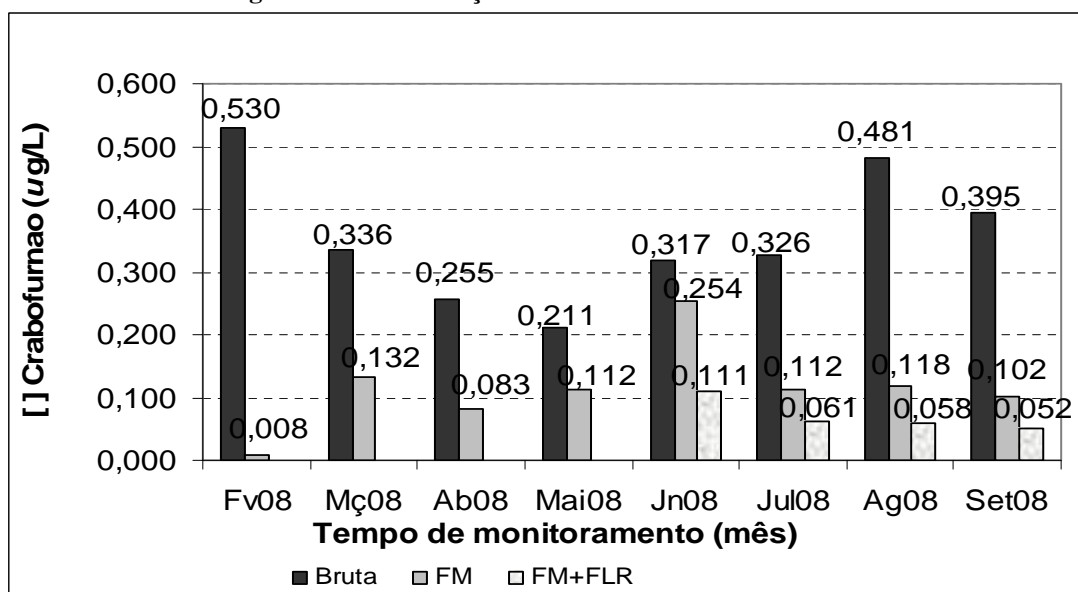
A dispersão de dosagem do agrotóxico, bem como a precipitação de chuva são fatores a serem associados à água Bruta e FM. Por isso, foi construída a Figura 3 que apresenta a relação de *log* (Bruta/FM) associada a estes interferentes. Considerou-se baixa dosagem de carbofurano, quando de fevereiro a maio, apenas uma cultura predominante recebeu a dispersão. Quando a dispersão abrangeu duas culturas, a dosagem foi considerada média, como foi o caso do mês de junho, e acima de duas culturas recebendo a dispersão de carbofurano, dosagem alta, correspondendo aos meses de julho a setembro. Foram coletados dados diários de precipitação e na Figura 3 foi apresentada a média no mês. O mês de fevereiro apresentou valores significativos de *log* Bruta/FM porque a água Bruta estava represada no solo; a precipitação baixa deste mês não influenciou, tão pouco a baixa dosagem de carbofurano. Os meses de Março e Maio apresentaram valores baixos de *log* Bruta/FM, associados à baixa dosagem e precipitação. O mês de abril foi caracterizado por elevada precipitação, o que fez com que, mesmo com baixa dosagem, a mesma fosse lixiviada pela precipitação alcançando o manancial. Os meses julho, agosto e setembro foram caracterizados por altas dosagens, o que gerou significativas relações de *log* Bruta/FM.

Figura 3 – Concentração de carbofurano no sistema.



A Figura 4 mostra os dados de concentrações de carbofurano encontrada na água Bruta, FM e FM+FLR do sistema. Constata-se que a água bruta apresenta concentração de carbofurano acima do limite da legislação internacional utilizada como parâmetro por isso foi escolhida esta portaria como limite, para se poder avaliar se após passar pelo sistema proposto, a água pode ser usado para consumo humano. Ao final de todo o sistema, a concentração de carbofurano ficou abaixo do limite estabelecido de 0,1 µg/L.

Figura 4 – Concentração de carbofurano no sistema.



Observa-se que dos oito meses de monitoramento, praticamente em cinco meses, a filtração em margem removeu a concentração de carbofurano para valores abaixo de 0,1 µg/L. Ainda com relação à Figura 4, observa-se que a remoção de carbofurano foi de 98%, 61%, 68%, 47%, 20%, 66%, 75% e 74% respectivamente. Pode ter ocorrido adsorção simples (inicial de 98%), e conseqüente queda da adsorção do solo, chegando ao valor de 20% de remoção seguida por início do processo microbiano de degradação do carbofurano com conseqüente aumento da remoção.





## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

É essencial fazer o estudo de sondagem para a implantação da filtração em margem em local de boa permeabilidade, pois caso contrário a filtração em margem torna-se ineficiente.

As amostras filtradas em margens apresentaram excelentes remoção do carbofurano, das quais dos oito meses de estudo, dois deles apresentaram média de remoção abaixo do limite estabelecido que é de 0,1 µg/L; cinco ficaram acima, porém, bem próximo ao limite e apenas uma amostras bem acima do limite máximo para consumo humano, definido pela União Européia. No geral, a eficiência média da remoção do carbofurano na filtração em margem é de 50%, valor condizente com o tempo de retenção hidráulica do sistema.

Quanto às amostras FM+FLR estas tenderam à remover ainda mais o carbofurano.

A filtração em margem seguida de filtração lenta retrolavável mostra-se como tecnologia promissora no tratamento de águas contendo microcontaminantes orgânico sintético, como é o caso do carbofurano. Os resultados obtidos nesses experimentos são considerados positivos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington: APHA, 1998.
2. MCGARVEY, B. D. High-performance liquid chromatographic methods for the determination of N-methylcarbamate pesticides in water soil, plants and air. **Journal of Chromatography**, v. 642, p. 89-105, 1993.
3. PARRILA, P. et al. Simple and rapid screening procedure for pesticides in water using SPE and CLAE/DAD detection. **Fresenius J. Anal. Chem**, v.350, p.633-637, 1994.
4. SANTOS, M. G. S. **Determinação de resíduos de carbofurano e do metabólito 3-hidroxi-carbofurano e do 3-hidroxi-carbofurani em águas de lavouras de arroz irrigado em Santa Catarina**. 2007. 123p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). UFSC. PPGEA. Florianópolis – Santa Catarina.
5. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal. Disponível em [www.ibge.gov.br/home/estatistica/producao\\_agricola2007](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/producao_agricola2007). Acesso em agosto de 2008.