



degussa.



UNISYS

SANIT-GORAIN
CANALIZAÇÃO



Operadoras Oficiais

FAGGA
EVENTOS
Gerenciamento da
FITABES 2001



Para instalar o Acrobat Reader, clique 2 vezes sobre o arquivo rpenu500.exe. Caso possua uma outra versão do Reader instalada, você deverá removê-la antes de instalar a versão disponível nesse cd. Uma vez instalado, basta clicar 2 vezes sobre o arquivo X:21ABES.pdf (onde X: é a letra do drive de CD-Rom no computador).

www.mvirtual.com.br

MUNDO VIRTUAL

(21) 2613-0861 - Niterói - RJ



21- CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

FITABES 2001 4ª FEIRA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS DE SANEAMENTO AMBIENTAL



**SANEAMENTO AMBIENTAL.
DESAFIO PARA O SÉCULO 21**

16 A 21 DE SETEMBRO DE 2001
JOÃO PESSOA, PB

Trabalhos Técnicos

SHS
10
11
12

Trabalhos Técnicos

- TEMA I ABASTECIMENTO/TRATAMENTO DE ÁGUA
- TEMA II ESGOTAMENTO SANITÁRIO E INDUSTRIAL/REÚSO DE EFLUENTES
- TEMA III RESÍDUOS SÓLIDOS
- TEMA IV RECURSOS HÍDRICOS: PLANEJAMENTO/GESTÃO, QUALIDADE E CONTROLE AMBIENTAL
- TEMA V ORGANIZAÇÃO/REGULAÇÃO E INSTITUCIONALIZAÇÃO DO SETOR
- TEMA VI MEIO AMBIENTE: EDUCAÇÃO, GESTÃO, QUALIDADE E CONTROLE AMBIENTAL
- TEMA VII SAÚDE PÚBLICA/CONTROLE DE VETORES
- TEMA VIII RECURSOS HUMANOS/ENSINO E TREINAMENTO
- TEMA IX IRRIGAÇÃO/DRENAGEM URBANA/CONTROLE DA EROSIÃO
- TEMA X MATERIAIS/EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTAÇÃO
- TEMA XI OUTROS



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
Capítulo Nacional da AIDIS



Direção Nacional
Av. Belra Mar, 216 - 13º andar
CEP 20021-060 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (021) 2210-3221 - Fax: (021) 2262-6838
email: eventos@abes-dn.org.br

Seção Estadual da Paraíba
Av. N.S. de Fátima, 1347 - S. 302 - Torre
Cep: 58.040-380 - João Pessoa - PB
Tel/Fax: (83) 221-9959
e-mail: abes-pb@uol.com.br

www.abes-dn.org.br

Mensagem

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES, com marco de atuação desde 1948, quando era designada Seção Brasileira da Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental AIDIS - entidade que congrega 32 países das Américas -, foi fundada formalmente em 1966. Como ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES, é uma organização da sociedade civil, que reúne profissionais e empresas do setor e, ao longo dos seus 35 anos de existência, vem cumprindo um importante papel junto ao meio técnico e político, desenvolvendo atividades relacionadas com o saneamento e meio ambiente, sob todas as formas e temas que se apresentam como de interesse coletivo. Como Capítulo Brasileiro da Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental - AIDIS, a ação da ABES se estende às Américas, dando-lhe assim, um grande peso e repercussão internacional.

Cabe a ABES incentivar a consciência social sobre questões de preservação e conservação do meio ambiente e as ações dirigidas à melhoria da qualidade dos serviços de saneamento ambiental, tendo como consequência estabelecer mecanismos de caráter técnico, social e político com reflexos na saúde e no bem-estar da população.

Com sua sede nacional localizada no Rio de Janeiro, a ABES possui um quadro social com cerca de 12.000 associados vinculados às suas representações em todas as regiões do país e é justamente através das Seções Estaduais, que a entidade desenvolve um amplo trabalho de valorização do setor, por meio de programas de divulgação técnica e científica, destacando-se os congressos brasileiros de engenharia sanitária e ambiental, realizados a cada dois anos.

Os já tradicionais congressos brasileiros, tiveram início, na cidade do Rio de Janeiro, em 1961, e, em sua 21ª edição, está sendo realizado no Estado da Paraíba, na cidade de João Pessoa. Realizados invariavelmente a cada dois anos, constituem verdadeiros marcos do saneamento ambiental, propiciando à ABES reunir grande parte do seu quadro social, numa conjugação de esforços para reunir em seu seio de atividades, aquilo que há de melhor em nível de intercâmbio técnico e científico e de debates sobre a institucionalização de políticas para o setor. Além dos debates políticos, os Congressos facilitam o acesso aos projetos, propostas e programas desenvolvidos, ou em fase de desenvolvimento, em todas as regiões e segmentos afins.

Neste CD ROM, que constitui a memória do 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, encontram-se armazenados a íntegra dos 436 trabalhos técnicos orais brasileiros e estrangeiros, bem como dos 157 trabalhos técnicos apresentados sob a forma de posters, classificados segundo os temas estabelecidos e de acordo com os números e códigos recebidos mediante o processo seletivo.



I-012 - AVALIAÇÃO DA FILTRAÇÃO LENTA NA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA NATURAL, MICRORGANISMOS E ATRAZINA

C 672 a

Edumar Ramos Cabral Coelho

Engenheira Civil, doutoranda em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora Assistente do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade Federal do Espírito Santo

Luiz Di Bernardo⁽¹⁾

Professor Titular da Escola de Engenharia de São Carlos - USP

Hélio Almeida

Engenheiro Sanitarista, mestrando em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC - USP).

Maria Diva Landgraf

Doutora em Química Analítica, pesquisadora do Instituto de Química da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP).

Edson Pereira Tangerino

Engenheiro Civil, doutorando em Hidráulica e Saneamento na EESC - USP ; Professor da Faculdade de Engenharia Civil de Ilha solteira - UNESP

FOTO

NÃO

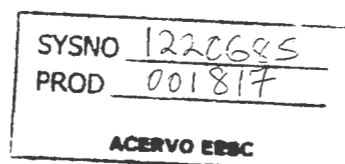
DISPONIVEL

Endereço⁽¹⁾: Av. Trabalhador São-Carlense, n. 400; CEP : 13566-590; São Carlos ; Fone : XX162739528; Email : bernardo@sc.usp.br

RESUMO

O interesse com relação à remoção de material orgânico no tratamento de águas de abastecimento, aumentou após a década de 70, e surgiu em decorrência do melhor conhecimento das propriedades mutagênicas e carcinogênicas de alguns poluentes orgânicos, tais como os pesticidas, existentes no afluente ou formados durante o processo de tratamento de água. Com o desenvolvimento e aperfeiçoamento de métodos analíticos capazes de detectar e identificar compostos orgânicos em baixas concentrações, surgiram novas regulamentações que procuraram proteger o meio ambiente e a saúde humana, bem como a preocupação dos pesquisadores na busca de novas tecnologias e processos de tratamento alternativos, ou associação de processos que enquadrem a água tratada obedecendo aos padrões vigentes. A associação de processos, para remoção desses contaminantes tem sido considerada uma alternativa em potencial para remoção de matéria orgânica natural e pesticidas, destacando-se a oxidação química, a radiação ultravioleta, filtros de carvão ativado granular, filtros biológicos (inoculados ou não) e filtração biológica em leito de areia e em leito de areia com camada intermediária de carvão ativado granular. No presente estudo foi investigada a capacidade de filtros lentos piloto com camada de areia e com camada de areia e intermediária de carvão ativado granular. Os filtros lentos eram precedidos de pré-filtro dinâmico em pedregulho e pré-filtro em pedregulho de escoamento ascendente. A atrazina, agrotóxico comum na região central do Estado de São Paulo, foi adicionada ao afluente do pré-filtro ascendente. O filtro lento com camada intermediária de carvão ativado apresentou melhor desempenho na remoção de matéria orgânica natural, avaliada pela medida de cor verdadeira, cor aparente, absorvância, oxigênio consumido, de microrganismos e de atrazina. O efluente do filtro lento com camada intermediária de carvão ativado apresentou valores para *Escherichia coli* que obedecem ao Padrão de Potabilidade Brasileiro (Portaria do Ministério da Saúde Nº 1469 de dezembro de 2000). Para concentrações de atrazina no afluente inferiores a 20 µg/L, o filtro lento com camada intermediária de carvão ativado granular apresentou também valores inferiores ao estabelecido pela portaria mencionada (2 µg/L).

PALAVRAS-CHAVE: Filtração lenta, carvão ativado granular, matéria orgânica natural, atrazina.





INTRODUÇÃO

Os constituintes orgânicos águas de abastecimento são oriundos de fontes naturais e antropogênicas. Dentre os contaminantes orgânicos dissolvidos de origem antropogênica destacam-se os pesticidas e os herbicidas (também denominados micropoluentes), geralmente encontrados em pequenas quantidades (frequentemente da ordem de microgramas por litro) são relativamente persistentes na natureza e no organismo humano, tornando-se um sério problema para a saúde humana (BELTRAN; ARAYA; ACEDO, 1994). No Brasil a década de 70 foi a época de grande expansão da produção e uso de pesticidas, em razão dos incentivos para a produção agrícola e a política de exportação. Atualmente o Brasil ocupa a quinta posição entre os países que mais empregam pesticidas, não muito distante dos EUA, Rússia, França e Japão. Esse destaque para o Brasil, no entanto, não tem a contrapartida necessária em pesquisas, monitoramento e precauções existentes nos demais países. Dentre os pesticidas utilizados no Brasil, a atrazina é bastante comercializada, liberada pelo Ministério da Agricultura, está enquadrada na classe toxicológica III e é utilizada principalmente no controle de ervas daninhas nas culturas de milho, cana-de-açúcar, abacaxi, sorgo e banana, não havendo restrições de aplicação em solos arenosos. (COMPÊNDIO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS, 1987). Na região de São Carlos, SP, a atrazina é bastante utilizada principalmente na cultura de cana-de-açúcar, sendo comercializada, com o nome de Gesaprim 500. No entanto, não se tem notícias de levantamento da sua presença nos rios e lagos da região. Nos EUA e Europa a atrazina tem sido encontrada em corpos de água com concentração variando de 2,9 a 89 µg/L. (MILTNER et al. (1989).

A atrazina (2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-s-triazina) é um herbicida da classe das s-triazinas, seletivo no controle de ervas daninhas, principalmente em culturas de milho, cana de açúcar e soja. É classificada pela USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) como sendo de possível potencial carcinogênico para o homem e é caracterizada pela sua abrangente aplicação, relativa resistência à oxidação e alta persistência em diferentes ambientes aquáticos. A Figura 1 apresenta a estrutura molecular, nome comum, nome químico e fórmula química da atrazina e na Tabela 1 tem-se algumas propriedades composto.

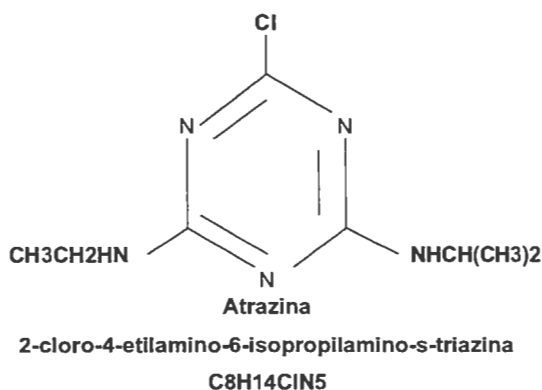


Figura 1. Estrutura molecular, nome comum, nome químico e fórmula química da atrazina (SMITH; DEREK; GROVER (1982))

Um pronunciado aumento na solubilidade das s-triazinas ocorre em valores de pH próximos de seu valor de pKa, onde ocorre protonação forte. O valor de LD50 indica baixa a moderada toxicidade para mamíferos. ((SMITH; DEREK; GROVER (1982)). De acordo com os autores, a cromatografia gasosa, em conjunto com detectores específicos como NPD, ECD, é um método de análise apropriado para detecção e quantificação das triazinas. O rompimento do anel de triazina ocorre em condições de aquecimento com ácido sulfúrico, ebulição com álcalis ou aquecimento a temperaturas elevadas. No entanto, alguns trabalhos têm mostrado que as s-triazinas podem ser degradadas pela via biológica por algumas espécies de fungos e bactérias. As vias biológicas de degradação da atrazina ainda não foram claramente determinadas, mas há indicação de que pode atuar como fonte de nitrogênio e fósforo para bactérias presentes em solos naturais, solos enriquecidos com cultura pura e em águas superficiais (FEAKIN, S.J., BLACKBURN, E., BURNS, R.G. (1994); BICHAT, F., SIMS, G.K., MULVANEY, R.L. (1999)).



Tabela 1. Algumas propriedades físicas e toxicológica da atrazina

PROPRIEDADES	
Solubilidade em água (mg/L, 20-25 °C)	33
Pressão de vapor (mmHg, 20 °C)	3.0×10^{-7}
Ponto de fusão (°C)	175-177
PKa	1,7
Densidade (g/cm ³)	1,187
Peso molecular (g/mol)	215.69
LD50 (ratos – mg/kg)	3080

Fonte: (SMITH; DEREK and GROVER (1982))

Os processos de tratamento de água que apresentam atividade microbiana possuem área superficial específica alta para a fixação, crescimento e acumulação de microrganismos no biofilme formado. A base conceitual do processo biológico é proporcionar o crescimento microbiano no leito filtrante para que a matéria orgânica biodegradável seja consumida por estes como fonte de alimento, diminuindo o acesso desta ao sistema de distribuição bem como diminuindo a formação de subprodutos da desinfecção. O material orgânico natural, tipicamente presente em baixa concentração em águas de abastecimento, pode servir como substrato para o crescimento microbiano no processo de tratamento ou no sistema de distribuição, e pode ser produto da atividade microbiana no próprio tratamento. Entre os compostos necessários ao crescimento microbiano, os mais essenciais são fósforo, nitrogênio e carbono na relação aproximada de 1:10:100 e podem estar ausentes nessa relação de concentração em águas de abastecimento. Por outro, lado alguns compostos orgânicos presentes podem interferir na atividade biológica dos processos. Segundo WOLF & MARTIN (1975), a presença de 2,5 mg/L de atrazina, ácido cianúrico ou deethylatrazine não afetou a atividade de microrganismos no solo, nem a atividade de fungos isolados em solos aeróbios e solos saturados, avaliada através da medida de produção de CO₂. Ainda segundo o mesmo autor, a concentração de atrazina que afeta o número de microrganismos é muitas vezes maior que a taxa de aplicação normalmente utilizada em solos.

A filtração lenta é um processo biológico eficiente na remoção de matéria orgânica particulada, turbidez, algas e bactérias, mas a remoção de matéria orgânica dissolvida é baixa, em torno de 15 a 25%, avaliada pelo carbono orgânico total e em torno de 16%, avaliada pelo carbono orgânico dissolvido.

A filtração lenta tem se mostrado efetiva na remoção de alguns pesticidas como mercoprop e MCPA (4-Cloro-2-methyl-phenoxyacetic acid), atingindo 100%, para concentrações iniciais de 1 µg/L, mas a mesma eficiência não foi observada com relação a atrazina (LAMBERT & GRAHAM, 1995). De acordo com HRUBEC et al, citados por LAMBERT & GRAHAM (1985), isto se deve a sua baixa taxa de biodegradação. WOUNDNEH; LLOYDE; STEVENSON (1996) estudaram a capacidade de um sistema consistindo de pré-filtro de areia e filtros biológicos para remover pesticidas como 2,4-D, MCPA e atrazina. Uma remoção média de 17% foi observada para 2,4-D e MCPA nos pré filtros de pedregulho, e de 70 a 100 % nos filtros biológicos para uma concentração no afluente de 3 a 11 µg/L, para uma taxa de 0,06 a 12 m/h e profundidade do leito de 300 a 500 mm. Segundo os autores, não ocorreu variação significativa na remoção de . O comportamento da atrazina segundo os autores pode ser explicado pelas características químicas do composto tais como: baixo coeficiente cinético de biodegradação, facilidade de desorção dos microrganismos e um grau razoável de toxicidade a um grupo de microrganismos.

Os parâmetros mais utilizados em estações de tratamento de água para medida indireta do conteúdo orgânico, são: carbono orgânico dissolvido, absorvância – 254 nm, oxigênio consumido, OC e carbono orgânico dissolvido biodegradável. Essas medidas de matéria orgânica não identificam nem detectam variação na concentração a nível µg/L, havendo necessidade de medidas analíticas específicas e diretas como o uso da cromatografia para quantificação de compostos orgânicos que se apresentam a nível de traço, ou seja, concentração de µg/L, como é o caso da atrazina.

No Brasil, o Padrão de Potabilidade (Portaria Nº 1469, de 29 de dezembro de 2000) estabelece o valor máximo permitido para a atrazina na concentração de 2 µg/L. Na Europa, o Drinking Water Directive (80/778/EEC, 1989) inclui um limite individual de 0,1 µg/L para pesticidas (incluindo atrazina), e o mesmo limite foi incorporado Water Quality-Regulations Nº 1147, de 1989 no Reino Unido. A USEPA (United States Environmental Protection Agency) estabelece um valor máximo de contaminação de 3 µg/L para a atrazina, e sugere o carvão ativado granular (CAG) como melhor alternativa tecnológica na sua remoção.



A alta capacidade do carvão ativado granular (CAG), para remoção de orgânicos sintéticos hidrofóbicos, indica o CAG apropriado para tratamento de águas que contenham este tipo de contaminante. No entanto, a presença de matéria orgânica, medida como carbono orgânico dissolvido, COD, pode reduzir a capacidade do carvão ativado para adsorção de compostos orgânicos sintéticos. Considerando operação contínua de unidade de filtração com carvão ativado granular e a sazonalidade com que os herbicidas se apresentam em águas de abastecimento, vai existir competição da matéria orgânica e o herbicida. WANG & ALBEN (1998) estudaram a capacidade do CAG na remoção de atrazina e observaram que com o aumento do COD pré-adsorvido, por um período de 3 a 20 semanas, a capacidade para remoção de atrazina decresceu em média de $33 \pm 13\%$ para concentração inicial deste herbicida de 10 a 1000 $\mu\text{g/L}$. Os experimentos foram realizados em reatores descontínuos com água com baixo teor de COD (menor que 0,1 mg/L) e instalação piloto com efluente de água sedimentada e filtrada com teor de COD na faixa de $2,15 \pm 0,42$ mg/L. CROLL B.T; CHADWICK; KGNIGHT, B, citados por FEAKIN; BLACKBURN, R. G. BURNS, R. G. (1994), em seus experimentos verificaram a capacidade do filtro de CAG em apresentar efluente com concentração de atrazina inferior a 0,1 $\mu\text{g/L}$, por um período de 6 meses.

A literatura referente à remoção de atrazina em filtros de CAG funcionando como adsorvedores ou como filtros biológicos (inoculados com microrganismos ou não) ainda não está estabelecida e a comparação de trabalhos científicos é bastante difícil devido às condições de operação, qualidade do afluente, concentração inicial e final de atrazina, características do CAG utilizado, características hidráulicas, distintas e nem sempre divulgadas nestes trabalhos.

Considerando as limitações da filtração lenta, mas levando em conta a possibilidade de adsorção e degradação biológica da atrazina, foi realizado o presente trabalho em filtro lento com camada única de areia e filtro lento de areia com camada intermediária de carvão ativado.

MATERIAIS E MÉTODOS

INSTALAÇÃO PILOTO

Os filtros pilotos de camada única de areia, FL-A e de camada intermediária de carvão ativado granular, FL-CAG são precedidos de duas unidades de pré-tratamento, um pré-filtro dinâmico e um pré-filtro vertical de escoamento ascendente. O conjunto dessas unidades é denominada de Filtração em Múltiplas Etapas – FiME. As características das unidades filtrantes são descritas na Tabela 2, e um esquema da instalação piloto pode ser visualizado na Figura 2. A instalação piloto faz parte já foi objeto de estudo em pesquisas anteriores. Foi montada inicialmente com recursos da FINEP/PROSAB. Os recursos para a presente pesquisa são da FAPESP. A água afluente ao sistema é proveniente da adutora de água bruta que recalca água do córrego Ribeirão Feijão, principal manancial que abastece a cidade de São Carlos, SP. Como serão avaliadas dentro da FiME, somente as unidades de filtração lenta, será denominado afluente, o efluente proveniente do pré-filtro vertical ascendente, denominado PFVA. A atrazina, em solução, foi adicionada na entrada do pré-filtro vertical ascendente, PFVA, uma vez que não está presente no afluente. A instalação piloto pode ser visualizada na Figura 2. Anterior ao início desta carreira o sistema já funcionava a 86 dias. A solução de atrazina foi adicionada na

na	água	no	terceiro	dia	de
----	------	----	----------	-----	----

operação.

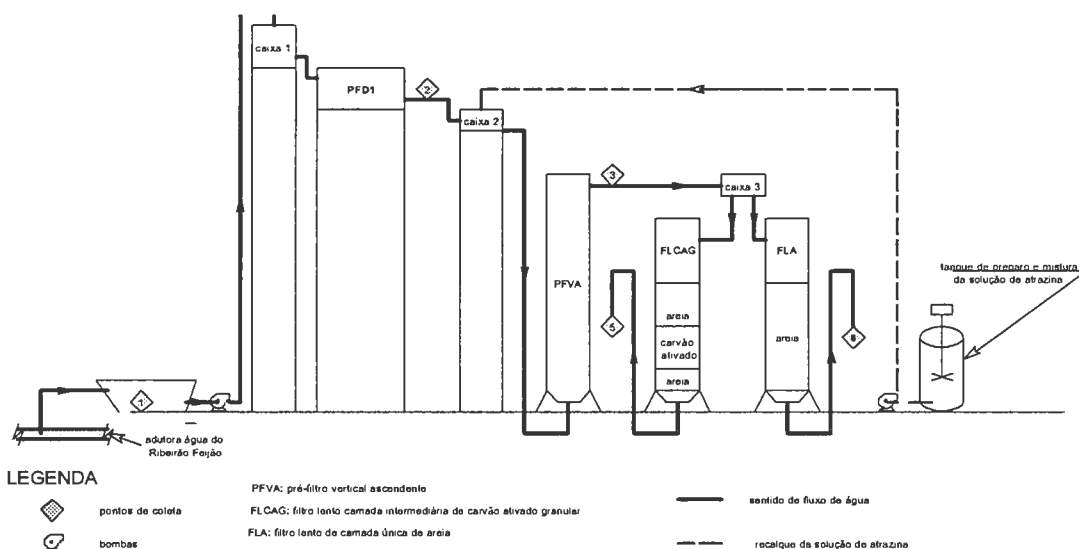


Figura 2 – Esquema Geral da Instalação Piloto

Tabela 2. Características dos meios granulares e taxas de filtração

CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES	GRANULOMETRIA	ESPESSURA
PRÉ-FILTRO DINÂMICO 1 - PFD 1: taxa de filtração: 18m/dia.	15,9-25,4	0,4
	12,7-19,0	0,25
	6,4-12,7	0,25
PRE-FILTRO VERTICAL DE FLUXO ASCENDENTE 1234- PFVA 1234 : taxa de filtração de 12 m/dia.	31,4-50,0	0,5
	19,0-25,4	0,4
	9,6-25,9	0,4
	3,2-6,4	0,4
	1,41-3,2	0,4
FILTRO LENTO 1: taxa de filtração: 4 m/dia; camada de areia (tamanho efetivo: 0,20-0,25mm;coeficiente desuniformidade: 2-3; granulometria indicada na coluna 2)	31,4-50,0	0,30
	15,9-25,4	0,15
	7,9-12,7	0,10
	6,40-3,20	0,10
	1.41-2,40	0,10
	0,08-1,00	0,70
FILTRO LENTO 2: taxa de filtração: 4 m/dia; camada de areia (tamanho efetivo: 0,20-0,25mm;coeficiente desuniformidade: 2-3; (granulometria indicada na coluna 2); camada intermediária de carvão ativado (número de iodo superior a 400 mg/g e espessura da camada de 30 cm e granulometria entre 0,30-0,84 mm)	31,4-50,0	0,30
	15,9-25,4	0,15
	7,9-12,7	0,10
	6,40-3,20	0,10
	1.41-2,40	0,10
	0,08-1,00	0,10
	030-0,84	0,30
	0,08-1,00	0,30



CROMATOGRAFIA

Para detecção e quantificação de atrazina foi utilizado Cromatógrafo a gás com detector de captura de elétrons e injetor split, Hewlett Packard 5890, Série II, coluna SPB5, 5% difenil, 95% dimetil siloxano; (30m x 0,25mm x 0,25µm).

MATERIAIS, REAGENTES ANALÍTICOS E FORMULAÇÃO

Foram utilizados os reagentes analíticos, acetato de etila, hexano e metanol, com grau de pureza HPLC (99,9%), da Mallinckrodt. A atrazina (2-chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-1,3,5-triazine) para preparação dos padrões para obtenção da curva analítica foi obtida do Labor Dr. Ehrenstorfer, Augsburg, Germany. A formulação foi obtida da Ciba-Geyg, com o nome comercial de Gesaprim. As colunas para extração de atrazina da água, C18 (octadecyl-500mg) com volume de 6 mL foram obtidas da Supelco.

PREPARO DOS PADRÕES

Foi preparada solução estoque do padrão na concentração de 30 mg/L utilizando acetato de etila como solvente. À partir da solução estoque foram preparadas as soluções para obtenção da curva analítica, pelo método da adição de padrão externo.

DOSAGEM DE ATRAZINA

Para obter a concentração desejada do herbicida atrazina no afluente dos filtros lentos o herbicida foi preparado em um recipiente com volume de 50 litros abastecido com água efluente do pré-filtro vertical ascendente. A solução preparada era bombeada através de bomba dosadora a uma vazão que resultasse na concentração desejada, ou seja em torno de 100 µg/L. Por razões de segurança o efluente da instalação piloto com concentração máxima de 30 µg/L era enviado ao sistema de águas pluviais que proporcionaria uma maior diluição deste herbicida até chegar ao lançamento.

AMOSTRAGEM

Os pontos de amostragem foram: efluente do pré-filtro vertical ascendente, denominado para análise dos dados de afluente aos filtros lento, filtro lento com camada única de areia FL-A e filtro lento com camada intermediária de carvão ativado, FL-CAG. As amostras eram coletadas e levadas para laboratório imediatamente após a coleta para que fossem realizados os exames. Para a quantificação da atrazina a amostra inicial foi coletada após sete dias do início da dosagem de atrazina para assegurar estabelecimento de condições de equilíbrio aparente. As amostras eram coletadas e armazenadas em refrigerador para tratamento e análise posterior

EXTRAÇÃO DE ATRAZINA DA ÁGUA

As colunas LC-18 foram condicionadas pela passagem de metanol pela coluna com volume igual a duas vezes o volume da coluna seguida pela passagem de água deionizada com igual volume. Após o condicionamento das colunas foi passado 250 mL de amostras através das colunas por meio de um sistema de manifold a vácuo com vazão de 8 a 10 mL/min. Após passar as amostras as colunas foram secadas no vácuo por cinco minutos. A eluição do analito retido foi feita com um volume de 5 mL de acetato de etila, para posterior injeção em cromatógrafo. Eventualmente o extrato das amostras era preservado em refrigerador até o momento da injeção.

PARÂMETROS DE CONTROLE

Os parâmetros utilizados para monitorar e medir a qualidade da água com relação ao conteúdo orgânico foram: cor verdadeira (CV), absorvância-UV 254 nm, oxigênio consumido (OC) e carbono orgânico dissolvido não purgável, (CODNP). As amostras utilizadas para medida de absorvância e CODNP foram filtradas em membrana de 0,45 µm ME-25 – SS. As amostras para medida de CV foram centrifugadas por 30 minutos a 3500 rpm. A matéria particulada foi avaliada pela medida de turbidez e os microrganismos, avaliados pela



medida de Coliformes Totais e *Escherichia coli*. A metodologia para análises e exames dos parâmetros mencionados está descrita em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA (1998). A atrazina foi quantificada por meio da cromatografia gasosa com detector- ECD, após extração em fase sólida utilizando colunas LC-18 e posterior eluição com acetato de etila. A curva analítica foi traçada a partir de padrão do herbicida atrazina. A formulação utilizada na preparação da solução adicionada ao sistema foi o Gesaprim, da Ciba-Geigy.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de operação da instalação piloto, foi de 90 dias. Anteriormente a este ensaio o sistema havia sido operado continuamente por 85 dias, resultando em um tempo total de operação do sistema de 175 dias. A diferença de eficiência das duas unidades filtrantes na remoção de turbidez não foi significativa, apresentando valores inferiores a 5 UT a partir do terceiro dia de operação e valores inferiores a 2 UT após 65 dias de operação para valores de turbidez afluente inferiores a 5,0 UT. Os resultados de turbidez poderão ser visualizados na Figura 3. O mesmo comportamento foi observado nas duas unidades com relação à remoção de Coliformes totais, sendo que os valores apresentados pelo efluente dos filtros estão fora dos limites estabelecidos para consumo humano, havendo necessidade de cloração. O FLCAG permaneceu com valores nulos para *Escherichia coli* após o nono dia de operação, e apresentou remoção 30% superior ao FL-A. Os resultados microbiológicos estão apresentados nas Figuras 4 e 5.

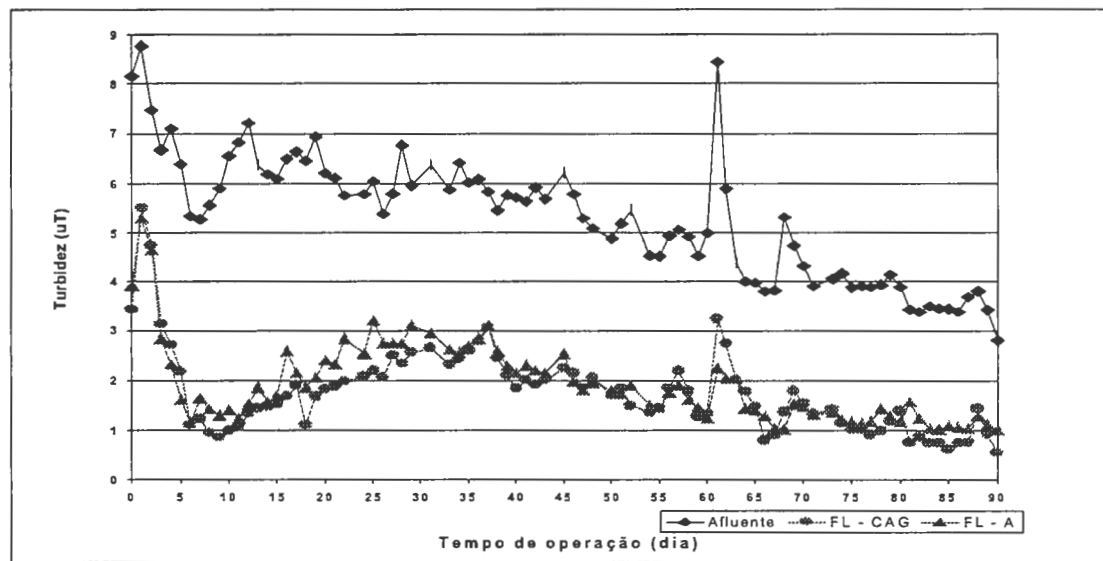


Figura 3 - Turbidez do afluente e dos efluentes dos filtros lentos

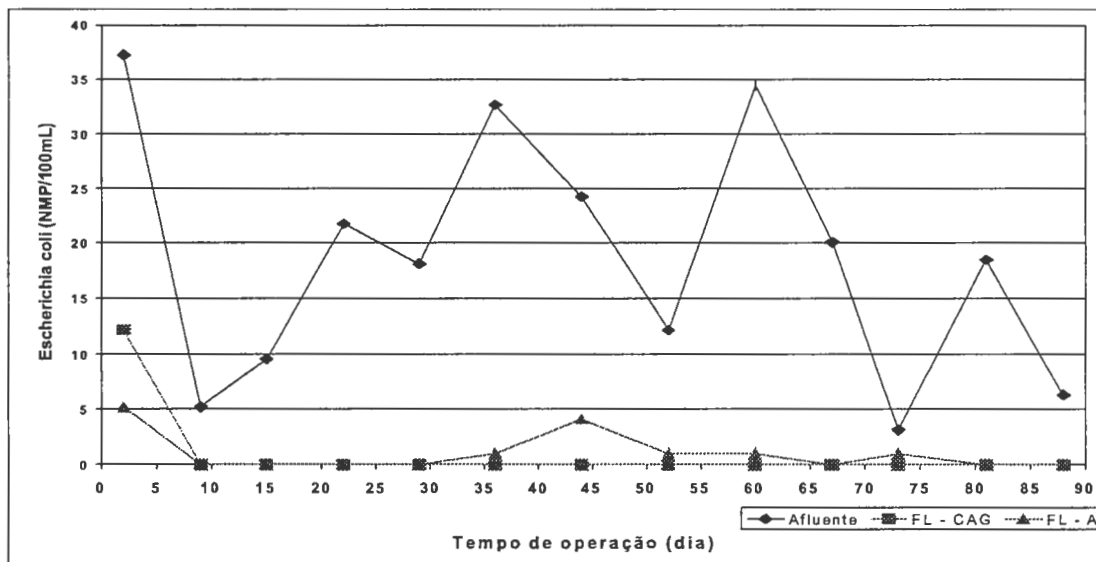


Figura 4 - *Escherichia coli* do afluente e dos efluentes dos filtros lentos

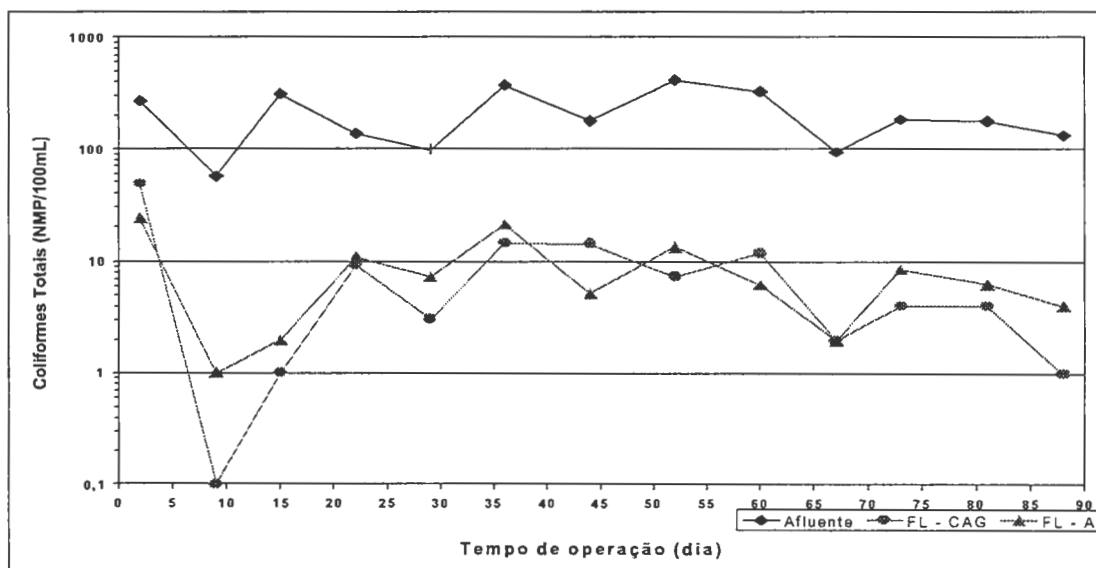


Figura 5 - Coliformes Totais do afluente e dos efluentes dos filtros lentos

A remoção de cor verdadeira aumentou ao longo da carreira, e não houve diferença significativa entre as duas unidades filtrantes. Os efluentes longo da carreira de filtração apresentaram valores inferiores a 20 uH (Figura 6). O FL-CAG apresentou efluente com valores para cor aparente inferior a 15 uH após o quinto dia de operação quando o afluente apresentou valores inferiores a 60 uH. O efluente o FL-A apresentou valores inferiores a 15 uH após o trigésimo dia de operação quando o afluente apresentou valores inferiores a 50 uH. (Figura 7)

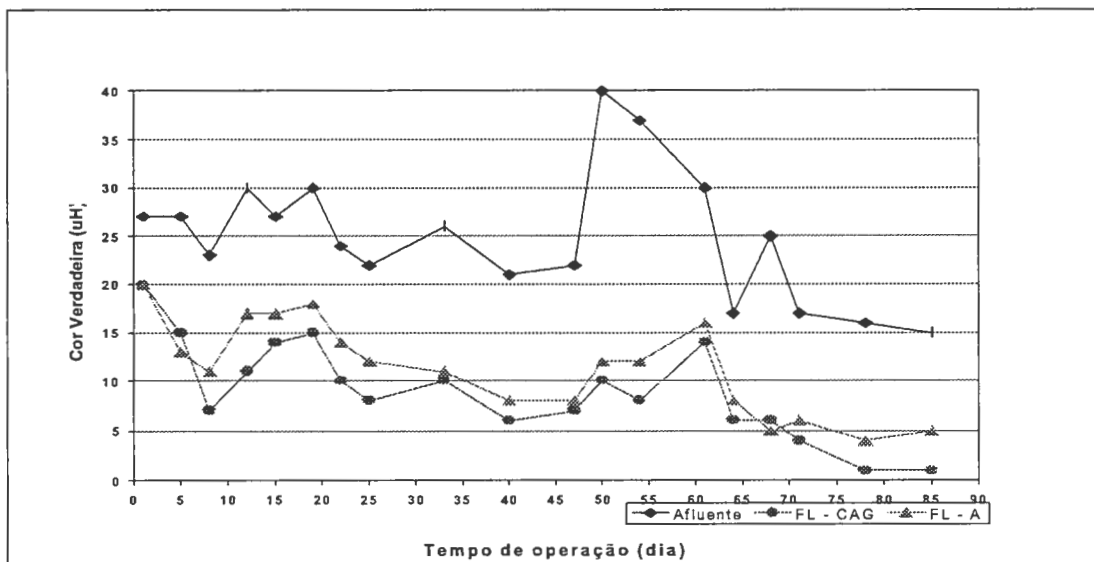
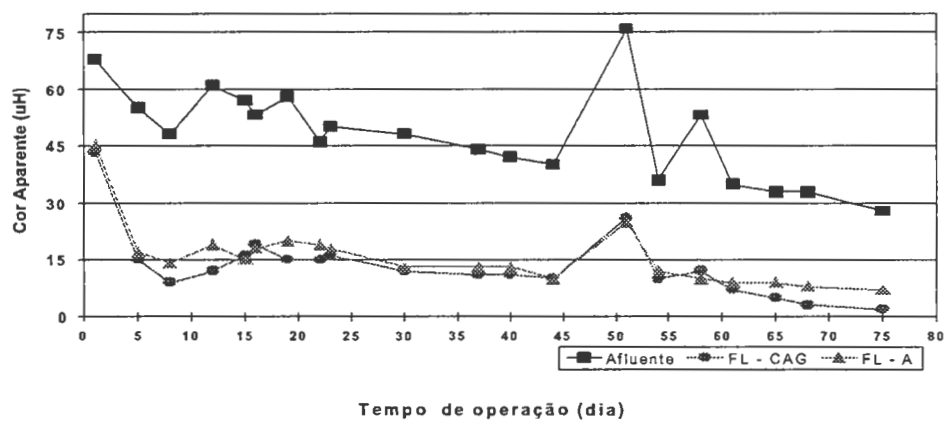


Figura 6 - Cor Verdadeira do afluente e dos efluentes dos filtros lentos

Figura 7 - Cor Aparente do afluente e dos efluentes dos filtros lentos





O filtro lento com camada intermediária de carvão ativado granular (FLCAG) apresentou efluente mais estável com relação à oxidação avaliada pela medida de oxigênio consumido, OC (Figura 8). A matéria orgânica dissolvida presente no efluente dos filtros lentos, medida pelo carbono orgânico dissolvido não purgável, CODNP, apresentou valores nominais menores também no efluente do FLCAG. Com relação à remoção de matéria orgânica natural que absorve UV, no comprimento de onda de 254 nm, como por exemplo as substâncias húmicas, o FLA também apresentou valores nominais inferiores. Os valores medidos para absorvância no comprimento de onda de 254 nm, podem ser observados na Figura 10. Considerando os parâmetros utilizados para avaliação da matéria orgânica presente no sistema, pôde-se observar que os FL-CAG apresentou melhor desempenho.

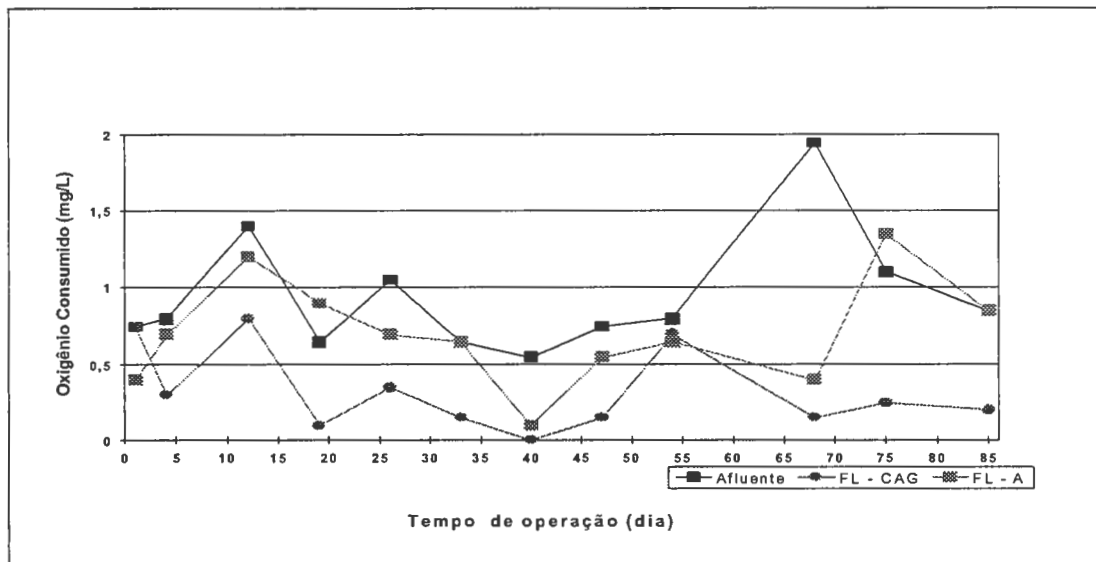


Figura 8 - Oxigênio Consumido do afluente e dos efluentes dos filtros lentos

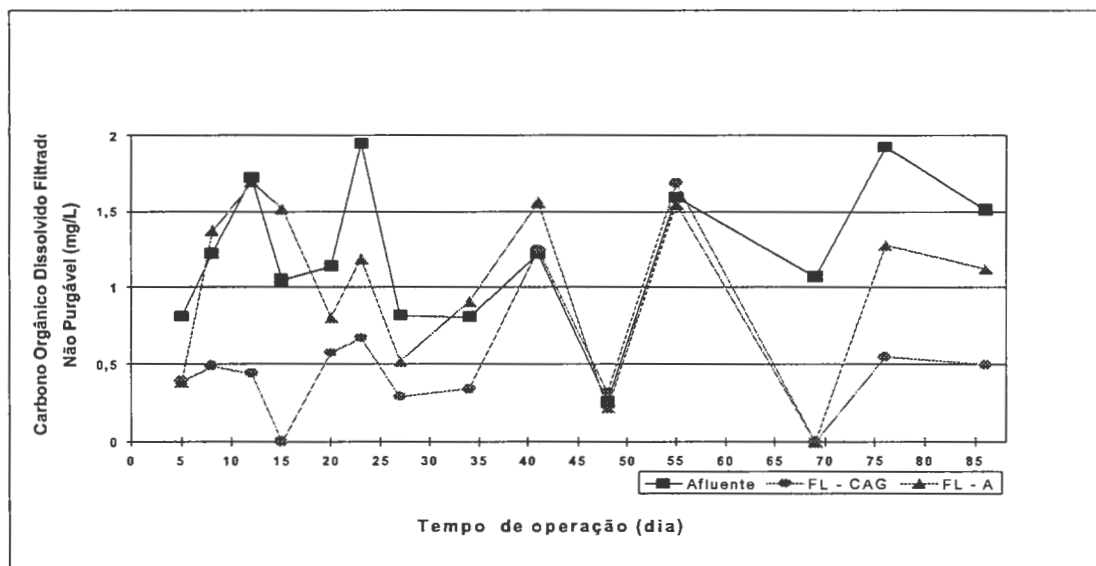


Figura 9 - Carbono Orgânico Dissolvido Filtrado do afluente e dos efluentes dos filtros lentos

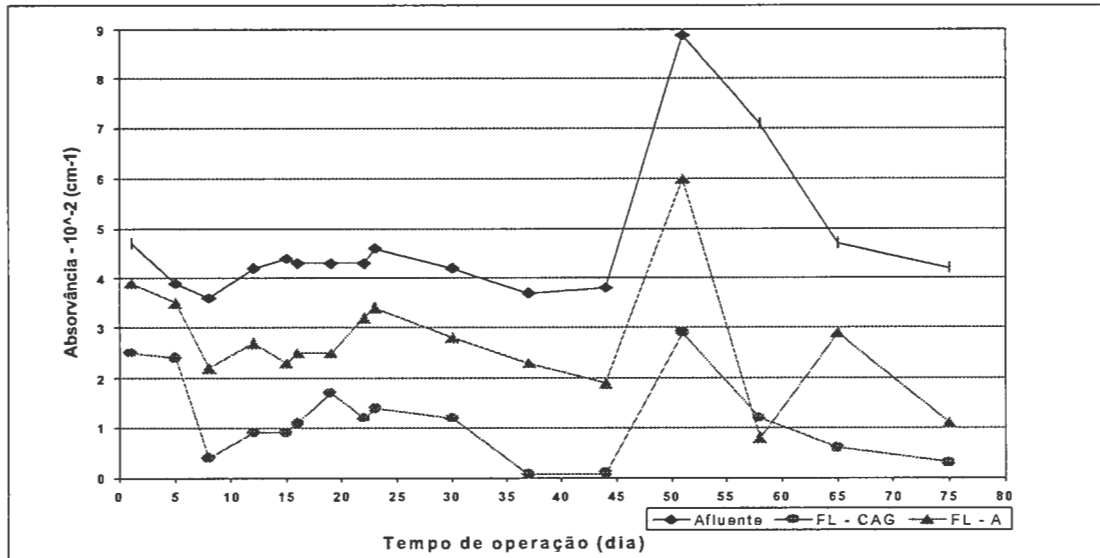


Figura 10. Absorvância do afluente e dos efluentes dos filtros lentos

A atrazina foi adicionada ao afluente do PFVA, no segundo dia de operação da instalação. O início de coleta de amostras para identificação de atrazina foi feito após o sétimo dia do início da adição. A variação na concentração afluente simulou condições ambientais. O pré-filtro vertical ascendente, PFVA, não apresentou eficiência na remoção de atrazina. O filtro lento de areia também não foi efetivo na remoção de atrazina. O baixo coeficiente de biodegradabilidade da atrazina nas condições operacionais da filtração lenta pode também ter contribuído para esta a baixa eficiência de remoção neste filtro. O filtro lento com camada de CAG, apresentou remoção significativa na concentração de atrazina. O fenômeno de desorção da atrazina no filtro lento de areia, pode ser observado quando no final da carreira ocorreu variação negativa na concentração da atrazina no afluente. Para as condições deste estudo, o fenômeno de desorção não foi observado para o filtro com camada de carvão ativado granular, FL-CAG, que o decréscimo na concentração de atrazina afluente acarretou decréscimo também no efluente. Figura 11.

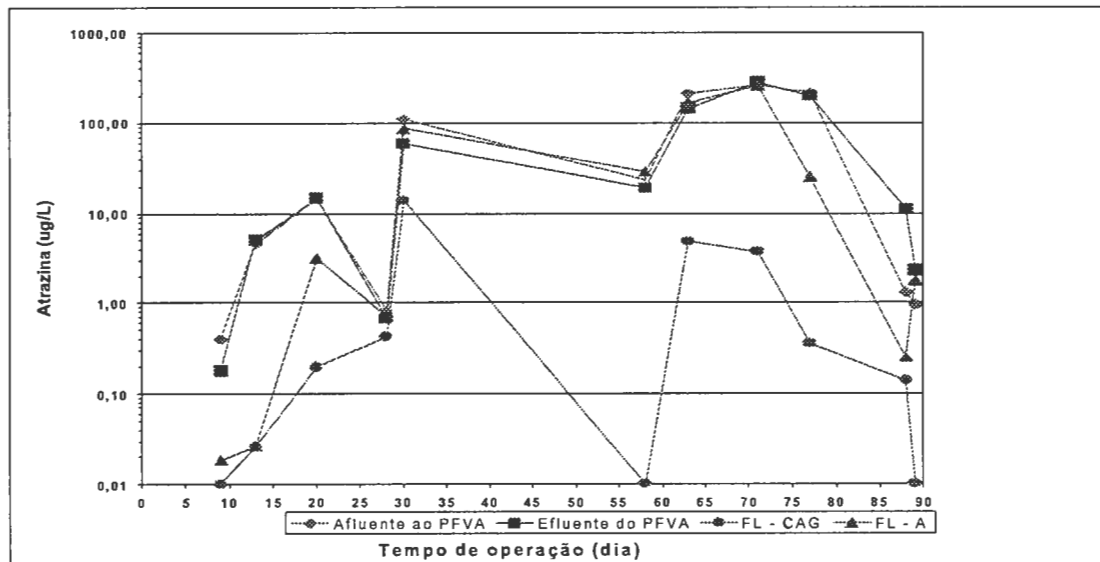


Figura 11. Atrazina do afluente e do PFVA e do afluente e dos efluentes dos filtros lentos



CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

- A turbidez da água filtrada resultou sempre inferior a 5 uT, quando a do efluente do pré-filtro de pedregulho ascendente variou de 7 a 3 uT; apesar de no novo padrão de potabilidade no Brasil (Portaria 1469 de Dez. 2000) constar valor máximo de turbidez igual a 2 uT, durante vários dias a turbidez da água filtrada resultou menor que esse parâmetro e, em outros dias, compreendida entre 2 e 5 uT; no entanto, após o nono dia de operação, observou-se que a concentração de E. Coli era igual a zero no filtro lento contendo CAG operado com taxa de filtração de 4 m³/m²d;
- A filtração lenta com camada intermediária de carvão ativado mostrou-se mais eficiente na remoção do conteúdo de matéria orgânica e de *Escherichia coli*.
- Após cento e setenta e cinco dias de operação contínua não houve indicação da exaustão da camada de carvão ativado na remoção de compostos orgânicos avaliados como: cor verdadeira, absorvância, CODNP.
- Para valores de atrazina no afluente inferiores a 20 µg/L, o efluente do FCAG atende aos padrões estabelecidos pela USEPA para a atrazina, cujo limite é de 3 µg/l, e ao padrão brasileiro para substâncias químicas que apresentam risco à saúde estabelecido pela Portaria Nº1469, de 29 de dezembro de 2000, do Ministério da Saúde que estabelece valor máximo permitido para atrazina igual a 2µg/L. Para padrões mais restritivos, como o europeu, ou seja, valor limite de 0,1 µg/L, a água filtrada pode não se enquadrar, exceto para concentrações no afluente inferiores a 5 µg/L. Após cento e sessenta dias de operação contínua, a camada de carvão ativado granular apresentou ainda capacidade de remoção de atrazina abaixo de 2 µg/, para concentração afluente inferior a 100 µg/L.
- Uma alternativa sugerida, e que fará parte da continuidade deste trabalho, é a oxidação de atrazina com ozônio e peróxido de hidrogênio para redução da atrazina a valores inferiores 2 µg/L, que é o valor atualmente estabelecido pela legislação brasileira e como medida de preservação da saúde humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABES (1999) Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas. Rio de Janeiro, 114 p.
2. APHA, AWWA, WPCF, (1996). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19a ed., Washington, D.C., 1268p.
3. BICHAT, F., SIMS, G.K., MULVANEY, R.R. (1999). Microbial Utilization of Heterocyclic Nitrogen from Atrazine, Soil Sci. Soc. Am. J. v.63, p.100-110.
4. BRASIL, Portaria Nº 1469, de 29 de dezembro de 2000, Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde. Republicada no Diário Oficial (da República Federativa do Brasil), nº 7-E de 10/01/2001, seção 1 página 6.
5. BELTRAN, F.J., ARAYA, J.F.G., ACEDO, B. (1994). Advanced Oxidation of Atrazine in Water – I. Ozonation, Water Resource, 10:2153-2164, vol. 28.
6. COMPÊNDIO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS. (1987)
7. FEAKIN, S.J.; BLACKBURN, E.; BURNS, R.G. (1994) Biodegradation of s-Triazines Herbicides at low concentrations in surface waters, Wat. Res., vol.11, p.2289-2296.
8. LAMBERT, S. D. & GRAHAM, N.J.D. (1995). A comparative evaluation of the effectiveness of potable water filtration processes. Water SRT-Aqua, vol. 44, n.1, p.38-51.
9. MILTNER, R. J. et al. (1989). Treatment of Seasonal Pesticides in Surface Waters. Journal AWWA, p.43-52.
10. SMITH, A. E.; MUIR, D.C.G.; GROVER, R. (1982). The Triazine Herbicides. In: CHAW, A. S.Y. & AFGHAN, B.K, eds. Analyses of Pesticides in Water, vol. III, CRC Press, Boca Raton, Flórida, p.213-225.
11. WANG, G-S. & ALBEN, K. T. (1998). Effect of preadsorbed background organic matter on granular activated carbon adsorption of atrazine. In: Science of the Total Environment, vol. 224, p.221-226.
12. COSTA, E. R. H. Metodologia para o uso combinado de polímeros naturais como auxiliares de coagulação. XVII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. 1993. Anais. Natal RN, 1993.
12. WOODNEH, B. J. LLOYDE, B.J.; STEVENSON, D. (1996) Removal of Herbicides by Biological Filter. In: GRAHAM, N., COLLINS, R. eds. Advances in Slow Sand and Alternative Biological Filtration. 1 Ed. England: John Wiley & Sons, p.211-221.