

# APLICAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO EM PÓ (CAP) AO PROCESSO BIOLÓGICO DE TRATAMENTO DE UM EFLUENTE DA INDÚSTRIA QUÍMICA

## ADDITION OF POWDERED ACTIVATED CARBON (PAC) TO THE BIOLOGICAL WASTEWATER PROCESS OF A CHEMICAL INDUSTRY WASTEWATER

*FLÁVIA CAVALEIRO COSTA*

Eng<sup>a</sup> Química, M. Sc. (COPPE/UFRJ)

*JUACYARA CARBONELLI CAMPOS*

Eng<sup>a</sup> Química, D. Sc. (COPPE/UFRJ), Professora Visitante do Departamento de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente (UERJ)

*GERALDO LIPPEL SANT'ANNA JR.*

Eng<sup>o</sup> Químico, D. Ing. (Toulouse-França), Professor Titular do Programa de Eng. Química (COPPE/UFRJ)

*MÁRCIA DEZOTTI*

Química, D. Sc. (UNICAMP), Professora Adjunta do Programa de Eng. Química (COPPE/UFRJ)

Prêmio ABES/CETREL - 22<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville - SC, 2003

### RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do processo denominado "PACT" (Powdered Activated Carbon Treatment), o qual constitui-se de um tratamento biológico auxiliado com carvão ativado em pó (CAP), visando remover alguns compostos que apresentam baixa biodegradabilidade ou que conferem toxicidade ao efluente, bem como, tornar o processo mais estável às variações de carga. O efeito sinérgico do tratamento biológico e do processo de adsorção pode conferir grandes vantagens ao processo de tratamento de efluentes. A microbiologia do lodo foi acompanhada durante o período operacional, visto que essa técnica fornece informações de extremo valor para a operação da planta de tratamento, em curto espaço de tempo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indústria química, lodos ativados, carvão ativado, toxicidade, tratamento de efluentes.

### ABSTRACT

*The aim of this work was to evaluate of the performance of PACT process (Powdered Activated Carbon Treatment), which consists of a biological process associated with powdered activated carbon (PAC), for removing some compounds that have low biodegradability or that confer toxicity to wastewater. Additionally PACT improves process stability with respect to organic load, as well as to become the process most stable to the load variations. The synergic effect of the biological treatment and the adsorption process can confer great advantages for to wastewater treatment. The sludge microbiology was followed out during the operational period, since this technique supplies precious information for operation of the wastewater treatment plant, in a short time.*

**KEYWORDS:** Chemical industry, activated sludge, activated carbon, toxicity, wastewater treatment.

### INTRODUÇÃO

Uma técnica que tem sido amplamente utilizada no tratamento de despejos industriais é o processo biológico de tratamento, principalmente o processo de lodos ativados. O processo de lodos ativados pode ser operado combinado com o uso do CAP (carvão ativado em pó), o qual é adicionado diretamente ao tanque de aeração, onde a oxidação biológica e a adsorção física ocorrem simultaneamente. Este processo, chamado de "PACT" (POWDERED ACTIVATED

CARBON TREATMENT), foi desenvolvido pela DuPont no princípio dos anos 70 (Bornhardt et al., 1997, Sher et al., 2000). Uma vantagem desse processo é que pode ser integrado ao sistema de lodos ativados já existente com um custo relativamente baixo (Metcalf & Eddy, 1991). A adição de CAP confere várias vantagens ao processo, tais como: estabilidade ao sistema durante choques de carga; redução dos poluentes refratários prioritários; remoção de cor e amônia; melhora a sedimentabilidade do lodo; em algumas aplicações de rejeitos industriais

onde a nitrificação é inibida por orgânicos tóxicos, a aplicação de CAP pode reduzir ou eliminar essa inibição biológica (Eckenfelder, 1989, Metcalf & Eddy, 1991, Sher et al., 2000).

Algumas razões citadas para essas vantagens apresentadas pelo processo PACT incluem (Eckenfelder, 1989, Metcalf & Eddy, 1991) a biodegradação adicional de orgânicos devido à diminuição da toxicidade ou da inibição devido a adsorção pelo carvão; a degradação de substâncias normalmente não-biodegradáveis devido ao aumento do

tempo de exposição à biomassa pela adsorção no carvão. O carvão com a substância adsorvida permanecem no sistema o tempo relativo à idade do lodo, enquanto na ausência do CAP, a substância permanece no sistema por apenas o TRH. Desse modo, a idade do lodo afeta a eficiência do CAP, sendo que para lodos de maior idade, a remoção de orgânicos por unidade de carvão é aumentada.

Existem diferentes argumentos sobre o mecanismo do CAP intensificar o processo de lodos ativados. Vários pesquisadores relatam que existe um efeito sinérgico aparente. Foi especulado que o sinergismo pode estimular a atividade biológica e/ou a bioregeneração da capacidade de adsorção do carvão ativado. Por outro lado, alguns autores declaram que o incremento observado resulta basicamente da combinação da degradação biológica causada pelo lodo ativado e a adsorção física no carvão ativado (ÇEÇEN, 1994, Bornhardt et al., 1997). A bioregeneração pode ser definida como a renovação da capacidade de adsorção do carvão ativado pela ação de microrganismos. O mecanismo para explicar o incremento na atividade biológica inclui a alteração na população microbiana e/ou a proteção dos microrganismos pela adsorção de compostos tóxicos (Sher et al, 2000).

No presente estudo, o efluente da estação de tratamento da empresa é descartado no Rio Sarapuí, localizado na região metropolitana do Rio de Janeiro. Atualmente, o rio Sarapuí apresenta um nível de oxigênio dissolvido próximo a zero. O Rio Sarapuí deságua na Baía de Guanabara, a qual já vem sofrendo ao longo dos anos um processo de degradação que prejudica a qualidade de vida da população, ao mesmo tempo em que cria impedimento às principais atividades econômicas e sociais no estado.

Este trabalho avaliou o desempenho do processo denominado "PACT" (Powdered Activated Carbon Treatment) visando a remoção de alguns compostos que apresentam baixa biodegradabilidade ou que conferem toxicidade ao efluente, bem como, tornar o processo mais estável às variações de carga. Além disso, a microbiologia do lodo foi acompanhada durante o período operacional, visto que essa técnica fornece informações de extremo valor para a operação da planta de tratamento, em curto espaço de tempo.

Em uma primeira etapa desse trabalho (Costa et al, 2003), foi acompanhado o desempenho de dois reatores de

bancada operados continuamente, um a 25°C e outro a 35°C, a fim de avaliar a influência da temperatura no processo de lodos ativados empregado na Estação de Tratamento de Efluentes Industriais (ETDI) da Bayer. Em uma segunda etapa, o CAP foi adicionado na câmara de aeração da unidade operada a 35°C, pelo fato da última ser a temperatura de operação empregada na ETDI da empresa. O reator à temperatura de 25°C foi mantido em operação, o qual simulou um processo de lodos ativados sem a adição de CAP. Desse modo, foi possível verificar a contribuição do CAP ao tratamento biológico no reator operado a 35°C, tendo como base o reator a 25°C, sem CAP.

## METODOLOGIA

### Efluente Industrial

O efluente utilizado foi proveniente ETDI da Bayer do Brasil SA, localizada em Belford Roxo/RJ. As amostras foram coletadas após a decantação primária e fornecidas semanalmente. As mesmas foram preservadas a 4°C (APHA, 1998) para a operação dos biorreatores em regime contínuo. A Tabela 1 apresenta uma caracterização do efluente utilizado nessa etapa do estudo.

Os reatores utilizados nos testes em regime contínuo seguiram o modelo convencional (Eckenfelder, 1989). A aeração e agitação do conteúdo dos reatores foram realizadas por borbulhamento de ar através de difusor poroso. A temperatura de 35°C foi mantida por resistências, e controlada por termostatos. Os biorreatores foram operados com tempo de retenção hidráulico (TRH) de 20 horas, já que esse é o TRH empregado na ETDI da empresa.

### Carvão ativado

O carvão ativado em pó (CAP) utilizado nos testes de tratamento biológico foi fornecido pela BRASILAC/PR. O produto empregado nos testes é indicado para aplicações em processos de tratamentos de efluentes líquidos, e consiste de uma mistura de cal viva, bauxita e CAP (80%). Esses compostos facilitam a separação do CAP juntamente com o lodo biológico do efluente clarificado, no decantador secundário. O nome comercial do produto utilizado é Carboflok®, o qual atende à especificação da AWWA, B-604-90.

A fim de se determinar a concentração de CAP a ser adicionada ao reator, foi realizado um teste preliminar em *shaker* (G24 Environmental incubator Shaker, New Brunswick Scientific Co., INC. Edison, N.J., USA), simulando o processo biológico auxiliado com CAP. Os ensaios foram realizados em erlenmeyer de 250 mL, contendo 200mL de volume total, sendo 20% de inóculo pré-aclimatado. A temperatura foi mantida em 35°C durante um período de 20 h, o qual simula o TRH nos reatores, a rotação foi controlada (~150 rpm) de forma a manter a biomassa juntamente com o CAP em suspensão. As concentrações de CAP investigadas foram: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 3,0 g/L.

### Métodos analíticos

As análises de COD foram realizadas em um analisador de COT Shimadzu modelo 5000 A, sendo que as amostras foram previamente filtradas em membrana 0,45 mm Millipore. A concentração de  $N-NH_4^+$  foi determinada por eletrodo de íon seletivo (Orion model 720). O teor de fenóis totais, fósforos to-

Tabela 1 - Valores médios dos principais parâmetros do efluente

Parâmetros	Faixa de valores
COD - Carbono orgânico dissolvido (mg/L)	120 - 240
DQO - Demanda química de oxigênio (mg/L)	500 - 850
DBO5 - Demanda bioquímica de oxigênio (mg/L)	235 - 355
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - Nitrogênio amoniacal (mg/L)	16 - 25
Fenóis totais (mg/L)	0,13 - 6,3
Cloreto (mg/L)	14.750 - 24.815
CE50(%)	13,8 - >50
pH	7,0 - 11,0

tais, metais, a concentração de cloreto e as análises de SST (Sólidos Suspensos Totais), SSV (Sólidos Suspensos Voláteis), DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e Índice Volumétrico de Lodo (IVL) foram realizadas de acordo com APHA (1998). O método empregado na análise da DQO (Demanda Química de Oxigênio) foi uma modificação do método de refluxo fechado (Freire & Sant'Anna Jr., 1998), que minimiza os efeitos do cloreto. As observações microscópicas do lodo foram realizadas a fresco em microscópio ótico com iluminação com contraste de fases HUND - WETZLAR modelo H - 500. O teor de metais foi determinado em espectro- fotômetro de absorção atômica Perkin Elmer modelo AA300 de acordo com APHA (1998).

A toxicidade aguda das amostras da alimentação dos reatores foi determinada no analisador Microtox, modelos M500 e 2055, utilizando a bactéria da cepa K-70 PDB 101, a qual é proveniente do consórcio microbiano presente na planta de lodos ativados da Bayer da Alemanha, e foi especialmente engenheirada para emitir luz. Os resultados do teste foram expressos em termos da concentração de contaminante que afeta 50% dos organismos testes (CE50(%)). Com base na experiência de operação da unidade industrial, estabeleceu-se que uma amostra que apresenta valor de CE50>50% é considerada não-tóxica para o lodo biológico dessa indústria química, no entanto, quanto menor essa percentagem, mais tóxica é a amostra.

Foram realizadas análises de toxicidade aguda utilizando como organismo teste o microcrustáceo de água salgada *Artemia sp.* Foi observada a mortalidade dos organismos e a partir desses dados estimou-se a CL50(%), que é a concentração letal de contaminantes para 50% dos organismos testados. Os testes foram realizados com amostras do efluente bruto e do efluente bio-tratado dos reatores operados com e sem CAP, e os resultados foram expressos em termos de percentagem de organismos afetados em 24 e 48 h, e o respectivo grau de toxicidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Resultados preliminares

Nas Figuras 1 e 2 estão ilustradas as eficiências de remoções de COD e cor obtidas no teste preliminar, respectiva-

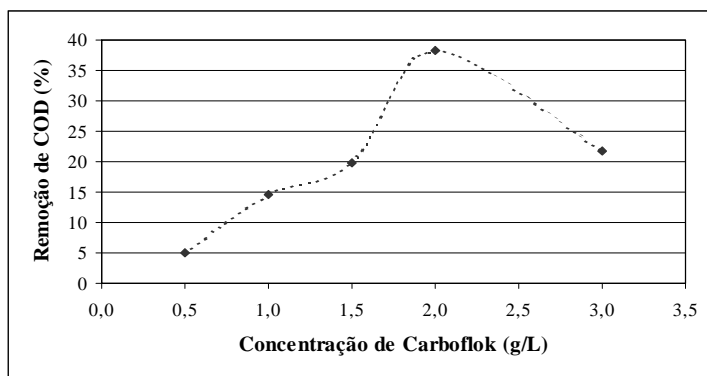


Figura 1 - Remoção de COD (%) com as diferentes concentrações de CAP investigadas no teste preliminar

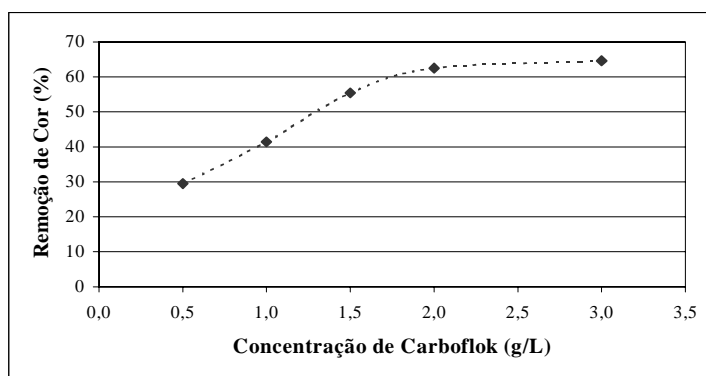


Figura 2 - Remoção de Cor (%) com as diferentes concentrações de CAP investigadas no teste preliminar

mente. Observa-se na Figura 1 que a remoção de COD apresentou um pico quando foi utilizada uma concentração de 2,0 g Carboflok/L, alcançando aproximadamente 40% de remoção. O desempenho do processo "PACT" simulado foi reduzido consideravelmente para maiores dosagens de Carboflok.

Os resultados apresentados na Figura 2 mostram que à medida que se aumentou a concentração de Carboflok até o valor de 2,0 g/L, houve uma correspondente melhora na eficiência de remoção de cor. Porém, não foi observada diferença na remoção desse parâmetro para as dosagens de 2,0 e 3,0 g Carboflok/L.

Os resultados indicaram que a concentração de 2,0 g Carboflok/L é a mais adequada para o tratamento de um efluente dessa natureza, sendo a mesma escolhida para ser empregada nesse estudo.

### Acompanhamento da operação dos biorreatores com carvão ativado

Durante o período de operação dos reatores foi monitorada a eficiência de re-

moção de COD, como mostram as Figuras 3a e 3b. Como se pode observar, as unidades operadas com e sem CAP, apresentaram desempenhos semelhantes quanto à remoção de COD, tendo ambas as unidades alcançado uma remoção média de COD de aproximadamente 85%. Nota-se que o reator auxiliado com CAP, a partir do 25º dia de operação, apresentou uma maior estabilidade, sendo menos suscetível às variações na carga orgânica que o reator operado sem CAP. O efluente tratado apresentou um teor de COD abaixo de 50 mg/L nas duas unidades.

O teor de matéria orgânica também foi determinado através da determinação da DQO (Figuras 4a e 4b). Verificou-se que em ambos os reatores (com e sem CAP) a DQO foi reduzida a níveis abaixo do limite fixado pela legislação estadual (FEEMA-250 mg/L), atingindo valores da DQO inferiores a 100 mg/L, e que os mesmos apresentaram comportamentos semelhantes quanto à remoção desse parâmetro. A eficiência de remoção média mantida nas unidades experimentais ao longo do tempo de operação foi de aproximadamente 85%. Foi constatado

que a eficiência de remoção de COD, assim como, da remoção da DQO, não foram suscetíveis ao emprego de efluentes tóxicos.

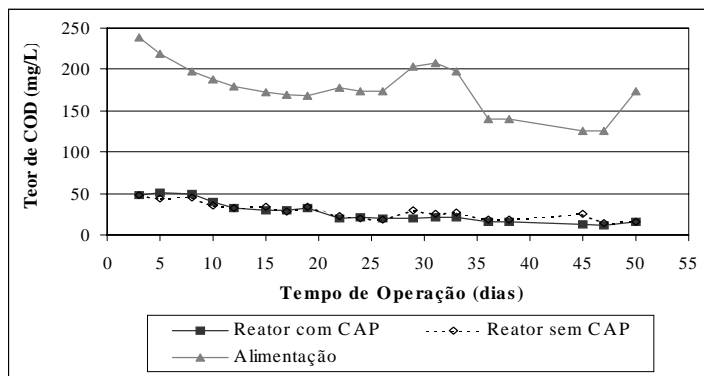
A eficiência de remoção da DBO<sub>5</sub> nas unidades foi bastante satisfatória, alcançando uma remoção superior a 98%. O teor da DBO<sub>5</sub> no efluente do biorreator auxiliado com CAP ficou abaixo do limite de detecção do método (<5 mg/L), enquanto no sistema sem CAP o teor da DBO<sub>5</sub> variou entre <5 - 10 mg/L. O carvão ajudou a manter o teor de DBO<sub>5</sub> na saída do reator mais estável, não alterando com a carga empregada.

Avaliou-se a eficiência de remoção de fenóis totais ao longo do tempo de operação. Os resultados obtidos mostraram que as unidades apresentaram uma boa capacidade de redução do teor de fenóis totais, encontrando-se o teor desse poluente no efluente bio-tratado abaixo do limite legal de descarte (FEEMA-0,2 mg/L), durante grande parte do tempo de operação. Os sistemas foram capazes de absorver os choques de carga e a eficiência de remoção de fenóis totais foi de 90% para o reator auxiliado com CAP e de 85% para o reator operado sem CAP.

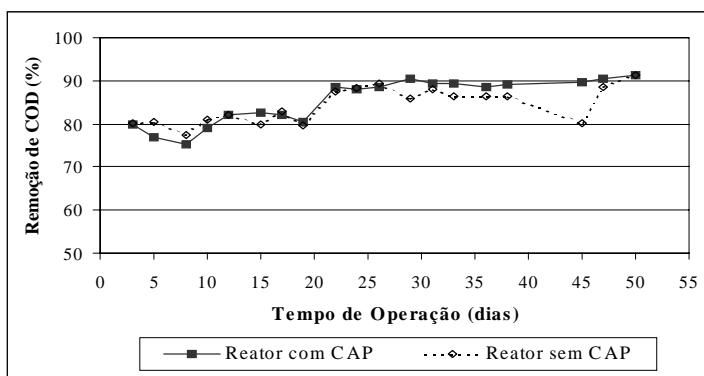
A concentração de nitrogênio amoniacal foi monitorada durante a avaliação do desempenho do processo "PACT", e as Figuras 5a e 5b apresentam os resultados para remoção de nitrogênio amoniacal. Observa-se que o reator auxiliado com CAP apresentou uma grande estabilidade quanto à remoção desse poluente, obtendo teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> abaixo do limite estabelecido pela legislação ambiental vigente (FEEMA-5,0 mg/L), durante todo o tempo de monitoramento dos reatores. A unidade auxiliada com CAP alcançou uma eficiência de remoção média de aproximadamente 90%, que se mostrou superior à remoção obtida na unidade operada sem CAP, em torno de 70%.

A remoção de fósforos totais no reator operado com CAP foi superior em 10% em relação ao reator se CAP, mostrando uma participação do CAP quanto a esse parâmetro.

Foram realizadas análises de metais pesados com a finalidade de verificar se a unidade auxiliada com CAP estava apresentando uma maior remoção de metais que a unidade operada sem CAP, visto que, a literatura menciona que esta é uma das vantagens do processo "PACT" (Meidl, 1997). Constatou-se que a alimentação fornecida aos reatores durante esse estudo apresentou baixos teores de metais pesados, encontrando-se os valo-

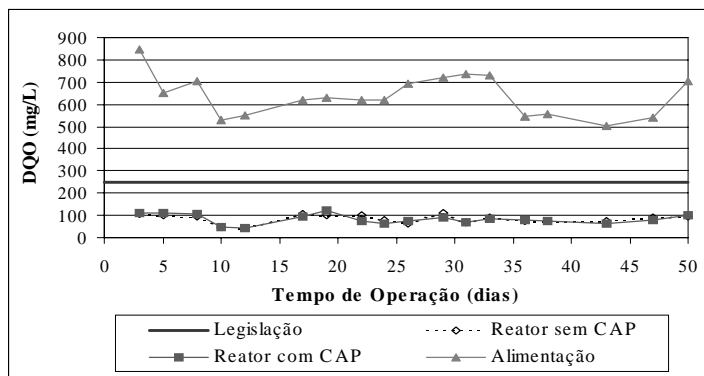


(a)

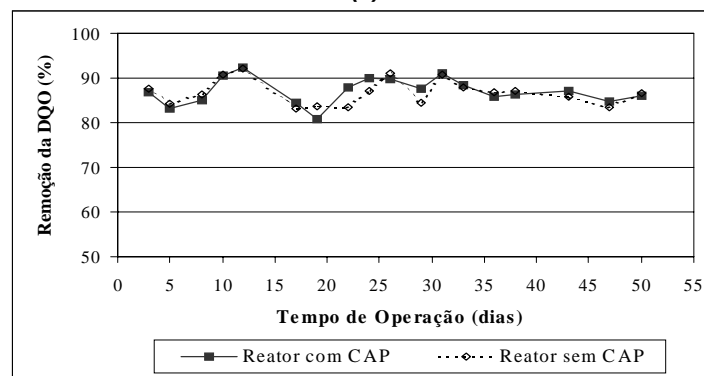


(b)

Figura 3 - (a) Monitoramento do teor de COD durante o tempo de operação (b) Remoção de COD (%) durante o tempo de operação



(a)



(b)

Figura 4 - (a) Monitoramento do teor de DQO durante o tempo de operação (b) Remoção de DQO (%) durante o tempo de operação

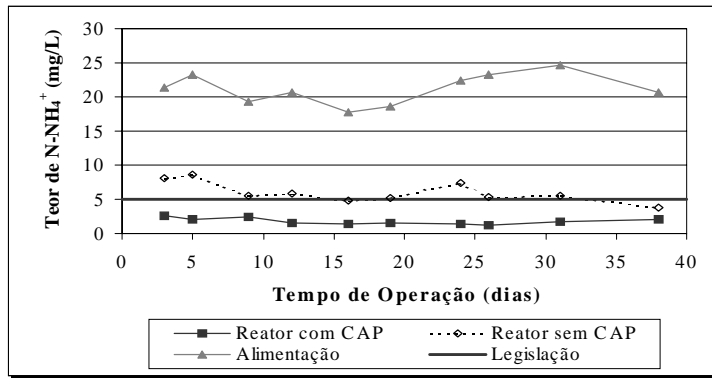
res das concentrações de alguns metais abaixo do limite estabelecido pela legislação estadual. No tocante ao Cr, ambas as unidades apresentaram remoções semelhantes, em torno de 55%. O reator auxiliado com CAP apresentou um ótimo desempenho na remoção de Zn (88%), enquanto no reator operado sem CAP a mesma foi de 69%. As remoções médias de Ni e Cu na unidade operada com CAP foram de 14% e 52%, e na unidade sem CAP foram de 6% e 35%, respectivamente. Em nenhuma das unidades foi observada a remoção de Cd.

O teor de sólidos suspensos nas unidades operadas com e sem CAP foi monitorado durante todo o período operacional. Observou-se o crescimento do lodo em ambas as unidades, o que mostra que provavelmente, o CAP adsorveu alguns compostos que inibiam o crescimento do lodo no reator operado a 35°C, conforme observado na primeira etapa de operação em regime contínuo.

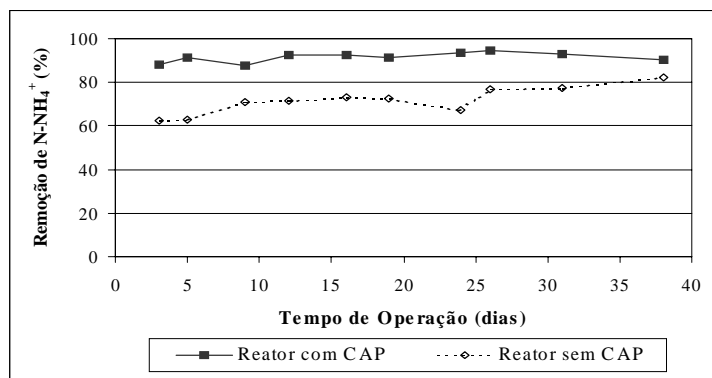
A sedimentabilidade do lodo foi avaliada pelo Índice Volumétrico de Lodo (IVL), tendo o lodo biológico de ambos os reatores apresentado uma ótima sedimentabilidade, com valores próximos aos citados na literatura (~50 mL/g), e mostraram uma grande estabilidade durante todo o tempo operacional. Durante o teste de IVL observou-se que o sobrenadante do reator auxiliado com CAP apresentou-se mais clarificado.

Durante essa etapa do estudo, o lodo biológico dos reatores apresentou-se na forma de "flocos". Os protozoários ciliados livre-natantes (*Paramecium*) predominaram, mas em número pouco superior na unidade operada com CAP. Verificou-se a presença de protozoários flagelados de acordo com a mudança na alimentação fornecida aos reatores, para uma alta razão F/M. Ao longo do período de monitoramento dos reatores observou-se a presença de cistos, em pequeno número, em ambas as unidades.

No período em que os reatores foram alimentados com efluente com nível de toxicidade elevado, observou-se a cessação e a redução do movimento dos cílios em alguns dos protozoários ciliados livre-natantes (*Paramecium*). Notou-se uma grande ruptura nos flocos, sendo esse fato muito mais intenso no biorreator operado sem CAP. Isso sugere, que o CAP tenha auxiliado a redução dos compostos tóxicos presentes no efluente, e desse modo, o lodo ativado presente no reator com CAP, sofreu um menor impacto desse efluente.



(a)



(b)

Figura 5 - (a) Monitoramento do teor de amônia durante o tempo de operação (b) Remoção de amônia (%) durante o tempo de operação

Foram realizadas algumas observações da biomassa em suspensão no interior dos biorreatores através de microscopia ótica. As Figuras 6a e 6b ilustram as microfotografias do lodo biológico presentes nos reatores operados sem CAP e com CAP (Costa et al., 2003), respectivamente, durante operação com efluente tóxico. Pode ser observada, uma grande quantidade de pedaços de flocos no biorreator operado sem CAP, ao contrário do reator auxiliado com CAP.

Foram realizados 2 testes de toxicidade aguda e os resultados obtidos com amostras do efluente da alimentação e do efluente bio-tratado dos reatores operados com e sem CAP, em termos de percentagem de organismos afetados em 24 e 48 h, e o respectivo grau de toxicidade, são fornecidos na Tabela 2.

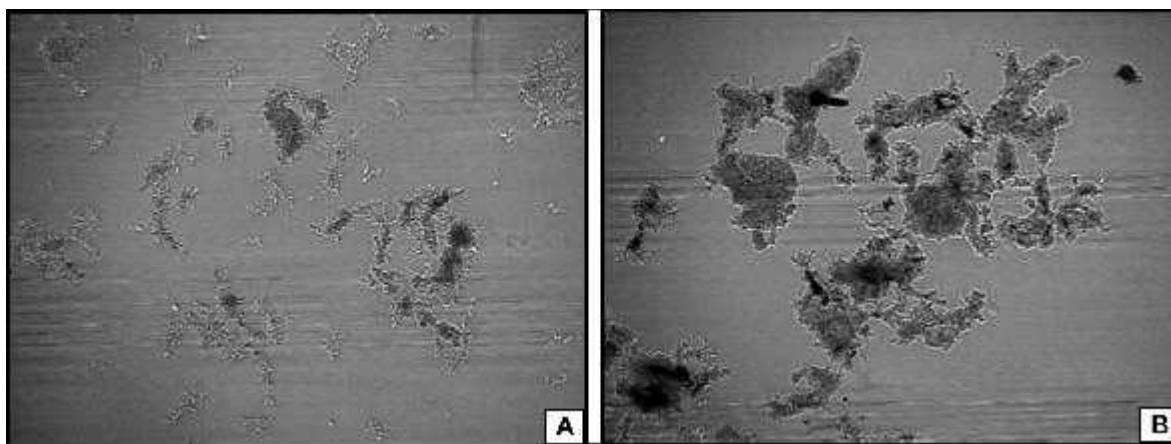
Observa-se pelos resultados fornecidos na Tabela 2, que o efluente da alimentação dos biorreatores apresentou uma variação no teor de toxicidade durante o monitoramento dos reatores, encontrando-se no 1º teste apenas alto índice de toxicidade, enquanto no 2º teste, a alimentação encontrou-se muito tóxica.

Nota-se que no 1º teste, o reator auxiliado com CAP apresentou uma maior redução da toxicidade frente ao reator operado sem CAP, não apresentando toxicidade. No 2º teste, os reatores com e sem CAP mostraram reduções semelhantes da toxicidade, apresentando-se ambos os efluentes bio-tratados não-tóxicos. Verifica-se que o CAP parece contribuir na redução da toxicidade. Esse fato pode estar relacionado à variabilidade na natureza dos compostos que conferem toxicidade ao efluente.

## CONCLUSÕES

Com base nesses resultados, observa-se que ambas as unidades apresentaram comportamentos semelhantes com relação à remoção de matéria orgânica (DQO, DBO<sub>5</sub> e COD), apesar de o reator auxiliado com CAP ter apresentado uma maior estabilidade para os parâmetros COD e DBO<sub>5</sub>.

O emprego do CAP ao processo biológico, mostrou-se eficiente na remoção de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, alcançando uma remoção superior a 90%, encontrando-se o teor



**Figura 6 - Microscopia do lodo biológico nos reatores operados durante essa etapa do estudo com efluente tóxico. (a) lodo biológico presente no reator operado sem CAP, aumento de 100 vezes. (b) lodo biológico presente no reator auxiliado com CAP, aumento de 100 vezes**

Tabela 2 - Resultados dos testes de toxicidade com *Artemia sp.*, em termos do grau de toxicidade e organismos afetados (%) em 24 e 48 h

Amostras	Efluente (%)	Organismos afetados (%)		Grau de Toxicidade	
		24 h	48 h		
1° Teste	Amostra	1	0	0	Alto Indício de Toxicidade
	Bruta	10	0	2,5	
	(Alimentação)	100	0	30	
	Efluente	1	0	0	Baixo Indício de Toxicidade
	Bio-Tratado	10	0	0	
	Reator S/CAP	100	5	12,5	
	Efluente	1	0	0	Não Tóxica
	Bio-Tratado	10	0	0	
	Reator C/CAP	100	2,5	2,5	
2° Teste	Amostra	1	0	0	Muito Tóxica
	Bruta	10	12	13	
	(Alimentação)	100	59	98	
	Efluente	1	0	0	Não Tóxica
	Bio-Tratado	10	0	0	
	Reator S/CAP	100	0	6	
	Efluente	1	0	0	Não Tóxica
	Bio-Tratado	10	0	0	
	Reator C/CAP	100	4	6	

de  $N-NH_4^+$  abaixo do limite de descarte durante todo o tempo de operação, e apresentando uma grande estabilidade. A eficiência de remoção do teor de fenóis totais foi superior em apenas 5% para o reator auxiliado com CAP. Porém, analisando a faixa de valores alcançadas, observa-se que a unidade auxiliada com CAP conseguiu atingir teores de fenóis mais baixos que o sistema sem CAP. O reator sem CAP apresentou um teor médio de fenóis totais que está no limite estabelecido para descarte. Portanto, o CAP teve participação na remoção de fenóis. A remoção de fósforos totais no reator operado com CAP foi superior em 10%, mostrando uma participação efetiva do CAP quanto a esse parâmetro.

Quanto à remoção de metais, observa-se que os dois sistemas não foram eficientes para remover o Cd presente no efluente. O sistema auxiliado com CAP apresentou um ótimo desempenho na remoção de Zn, e demonstrou uma boa contribuição na remoção de Cu e Ni. No tocante à remoção de Cr, não se observou diferença entre as unidades operadas com e sem CAP. O teor de Pb na alimentação esteve abaixo do limite de detecção do método ( $< 0,26$  mg/L), e desse modo não foi possível avaliar a remoção do mesmo.

Verifica-se que o CAP parece contribuir na redução da toxicidade. Esse fato pode estar relacionado à variabilidade na natureza dos compostos que conferem toxicidade ao efluente.

Uma das grandes vantagens observada no sistema PACT foi a melhora na qualidade do lodo, o qual foi muito menos sensível aos compostos tóxicos presentes no efluente que o processo de lodos ativados. Isso foi comprovado no processo de lodos ativados sem carvão, onde foi observada constantemente a quebra dos flocos quando da operação com efluente tóxico.

## REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. New York: 20th ed., 1998.
- BORNHARDT, C., DREWES, J. E., JEKEL, M. *Removal of Organic Halogens (AOX) from Municipal Wastewater by Powdered Activated Carbon (PAC)/ Activated Sludge (AS) Treatment*, Water Science & Technology, v. 35, n. 10, pp. 147-153, 1997.
- BRASILAC. Ficha Técnica, Paraná, Brasil, 2001.
- COSTA, F.C. et al., *M. Tratamento do Efluente de uma Indústria Química pelo Processo de Lodos Ativados Convencional e Combinado com Carvão Ativado*. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 8, n. 4, p. 274-284, 2003.
- ÇEÇEN, F. *Activated Carbon Addition to activated Sludge in the Treatment of Kraft Pulp Bleaching Wastes*, Water Science & Technology, v. 30, n. 3, p. 183-192, 1994.
- ECKENFELDER Jr., W. W. *Industrial Water Pollution Control*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1989.
- FEEMA - *Norma Técnica NT - 202*, 1986 e Diretriz DZ - 205, 1991.

FREIRE, D.D.C., SANT'ANNA JR., G. L. *A Proposed Method Modification for the Determination of COD in Saline Water*, Environmental Technology, v.19, p. 1243-1247, 1998.

MEIDL, J. A. *Responding to Changing Conditions: How Powdered Activated Carbon Systems Can Provide the Operational Flexibility Necessary to Treat Contaminated Groundwater and Industrial Wastes*, Carbon, v. 35, n. 9, p. 1207-1216, 1997.

METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering - Treatment, Disposal and Reuse*, 3rd edition, McGraw-Hill, USA, 1991.

SHER, M. I., ARBUCKLE, W. B., SHEN, Z., 2000. *Oxygen Uptake Rate Inhibition with PACTM Sludge*. Journal of Hazardous Materials, v.B73, p. 129-142, 2000.

---

### Endereço para correspondência:

**Márcia Dezotti**  
**COPPE/UFRJ**  
**Caixa Postal 68502**  
**21945-000**  
**Rio de Janeiro - RJ**  
**Tel.: (21) 2562-3347**  
**E-mail: mdezotti@peq.coppe.ufrj.br**