

TRATAMENTO DE EFLUENTES HOMOGENEIZADOS DE CURTUME POR DIGESTÃO ANAERÓBIA EM REATORES DE FLUXO ASCENDENTE.

KOETZ, Paulo R.¹, FARIA, Osvaldo L.V.², NUNES, Wolney A.²

¹UFPEL / FAEM - Deptº. Ciência e Tecnologia Agroindustrial - Campus Universitário - Caixa Postal, 354
CEP 96070 - 900 - Tel. (0532) 75 7258.

²SANITEC - Consultoria em Controle de Poluição. - Pelotas/RS - Brasil.
(Recebido para publicação em 17/10/94)

RESUMO

Uma grande quantidade de poluição orgânica e inorgânica é gerada em curtumes. Apesar da complexidade das águas residuárias da indústria de couros, é possível tratá-las com um reator anaeróbio de fluxo ascendente, com a vantagem da produção de biogás

A idéia fundamental é de alimentar o reator com o efluente sem separação das partículas finas, e verificar quais seriam as repercussões em termos de remoção de matéria orgânica total e solúvel e na separação de sólidos em suspensão. O objetivo final seria a utilização do reator como tratamento primário e secundário de efluentes de curtumes.

Os estudos foram realizados em um reator piloto ligado à descarga do tanque de homogeneização do tratamento primário de um curtume, que processa 1.000 peles bovinas/dia e 2.500 peles ovinas/dia.

Os resultados parecem indicar a viabilidade do sistema, com valores de taxa de despoluição de cerca de 65,0%, considerando apenas a DQO solúvel, em tempos de detenção de 1 dia. Para a DQO total, a média das eficiências foi de 70,0%, e para a remoção de sólidos em suspensão, de 73,3%.

Palavras-chave: Digestão anaeróbia Efluentes líquidos de curtume; Controle de poluição.

ABSTRACTS

The tanneries are responsible by a large quantity of organic and inorganic pollution. Although complex, the tannery wastewater can be treated in an upflow anaerobic reactor, with the advantage of the gas production.

The basic idea of this work is to feed the reactor with the effluent before sedimentation of the fine particules and to verify the efficiency of remotion of soluble and insoluble organic matter and Suspended

solids. The main objective is to utilize this process as a primary or secondary treatment of tannery effluents.

The data were obtained from a pilot reactor which influent was the wastewater from a equalization tank, of a tannery that processes 1.000 bovines skins each day and 2.500 sheep skins/day.

The results indicates the viability of the process, with efficiency of 65,0% of soluble COD removal at 1 day retention time. The efficiency of total COD reduction was 70,0%, and of 73,3% for suspended solids.

Key words: Reator Upflow Anaerobic Sludge Blanket.

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é um dos principais produtores de couros do Brasil, com 185 indústrias operando no estado, que processam cerca de 14 milhões de peles por ano. Considerando-se um consumo de 1m³ de água residuária por pele processada, ter-se-ia um despejo de 14 milhões de m³ de água por ano. Se estas águas residuárias forem tratadas em um processo aeróbio, poder-se-ia facilmente chegar a um consumo, hipotético, de energia elétrica de cerca de 20.000 MWh/ano. Por outro lado, a aplicação dos sistemas aerados implicaria na produção de uma grande quantidade de biomassa secundária, que embora possa ser revalorizada, representaria um problema adicional de disposição final.

Os processos anaeróbios são duplamente economizadores de energia elétrica: em primeiro lugar, porque não existem equipamentos de aeração artificial como nos processos aeróbios e os equipamentos mecânicos complementares são em pequeno número e pouco utilizados. Em segundo lugar, a produção de biogás pode ser eventualmente aproveitada na indústria, se estudos de viabilidade técnica e econômica forem bem conduzidos.

Os reatores anaeróbios são uma tecnologia consagrada no Brasil, para o tratamento de efluentes da agroindústria de natureza carboidratada, mas para efluentes de natureza proteica ou complexa, em certos casos, eles tem sido considerados como de difícil adequação.

Dentre os processos de baixo custo, pode-se incluir as lagoas de estabilização e os reatores anaeróbios. A utilização de lagoas de estabilização anaeróbias e facultativas foi tentada no estado do Rio Grande do Sul e tem tido um resultado até certo ponto que pode ser considerado satisfatório. No entanto, elas apresentam desvantagens como são o uso de uma grande área de terra, a proliferação de mosquitos e a produção de mau cheiro, que tem sido potencializadas pelo aumento da urbanização das áreas industriais.

Os reatores fechados anaeróbios são, portanto, uma alternativa de tratamento economicamente e ecologicamente vantajoso para estes efluentes. As dificuldades de ordem técnica para a sua implantação devem, portanto, ser superadas e não se pode aceitar que esta tecnologia, de excelentes resultados para outras águas residuárias, não possa ser empregada para os efluentes de curtime.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil é um dos cinco maiores produtores de peles bovinas do mundo, com 4,5% da produção mundial, mas não tem uma posição destacada como produtor de couros acabados, de acordo com Vulliermet, B. (1977). Segundo o mesmo autor, o impacto ecológico da indústria de couros no mundo é estimada em 40 bilhões de equivalentes-habitante, se considerarmos os efluentes sem nenhum tratamento. Os parâmetros de poluição da indústria de couros acabados tipo vaqueta, por tonelada de peles processadas são: 75 a 90 kg de Demanda Bioquímica de Oxigênio; 200 a 260 kg de Demanda Química de Oxigênio; 140 kg de sólidos em Suspensão; 12,6 kg de nitrogênio Total; 9,0 kg de Sulfetos; 5,0 kg de Cromo Total e 55 m³ de águas residuárias.

Segundo Foresti, E. (1990), após a crise energética do início dos anos 70, os processos anaeróbios de tratamento de águas residuárias emergiram como principal alternativa em potencial como substituto dos sistemas aeróbios, usados para reduzir o teor de matéria orgânica.

Os processos fermentativos nos quais as bactérias produzem, em ausência de oxigênio, metano e gás

carbônico como produtos finais, a partir de matéria orgânica complexa, são denominados processos anaeróbios. Ao lado da produção de gás, mas sobretudo os baixos custos de investimento e manutenção, tornam o processo ainda mais atraente para o controle de poluição ambiental. Novaes, R.F. (1986).

Segundo Pol, L.H. (1986), o reator de leito de lodo anaeróbio de fluxo ascendente tem encontrado a maior aplicação. Segundo o conhecimento do autor, cerca de 60 reatores estão funcionando satisfatoriamente nos Estados Unidos. A tecnologia é simples, apresentando importantes vantagens sobre os sistemas convencionais aeróbios e anaeróbios, com poucas ou não insuperáveis desvantagens. A capacidade de tratamento não está, neste processo, limitada por reagentes que devam ser adicionados, como no caso do oxigênio, nos sistemas aerados artificialmente.

Craveiro, A.M. (1991), apresenta a situação da digestão anaeróbia no Brasil, fazendo as seguintes considerações: O potencial de pesquisa e desenvolvimento em processos anaeróbios, tanto em Universidades, Institutos e Companhias estatais, embora com certas limitações, está em fase de crescimento e tem permitido a transferência crescente de tecnologia para o setor privado; Em 1991, havia 102 digestores industriais com um volume total de 76.579 m³. A tecnologia gerada no Brasil representa 68% do número de reatores comercializados e 53% do volume total. O número de fornecedores no Brasil é de 18, sendo que 5 deles utilizam tecnologia licenciada na Europa. Entre os tipos de reatores, predominam os do tipo UASB, com 85 unidades. Em relação ao tipo de efluentes, a maioria das instalações trata efluentes de natureza carboidratada, como de cervejarias e refrigerantes, havendo também frigoríficos e indústria de laticínios. Os outros tipos de efluentes estão sendo investigados.

O reator anaeróbio de leito de lodo de fluxo ascendente consiste, basicamente, como descrito por Souza, M.E.. (1986) em um tanque em cuja parte inferior está localizada a zona de digestão e, na parte superior, a zona de decantação e separação do gás. O efluente a ser tratado é uniformemente distribuído na base do reator e passa através da camada de lodo biológico, a qual transforma a matéria orgânica presente no efluente, principalmente em metano e gás carbônico.

No reatores de leito de lodo anaeróbio de fluxo ascendente, é importante a agregação de bactérias. Segundo Novaes, R.F. (1986) a formação de agregados pode ser: floculação microbiana; peletização ou granulação. A floculação tem sido a mais estudada, porque é o fenômeno mais comum nos reatores biológicos em geral. Segundo a autora, a granulação representa uma grande importância no desenvolvimento da tecnologia dos reatores anaeróbios performantes.

Schulze, D. et al. (1988), citando várias referências, diz que o tratamento de águas residuárias proteicas é difícil em reatores anaeróbios de fluxo ascendente, porque a formação de lodo granular é afetado negativamente por altas concentrações de proteínas, com o perigo da flotação da biomassa bacteriana. Concentrações de amônia de 1.000 a 2.000 mg/l, as quais são comuns em reatores alimentados com efluentes proteicos, resultam numa considerável retardamento no desenvolvimento do lodo granular. Os mesmos autores, usando técnicas especiais, obtiveram, apesar das indicações em contrário, a granulação do lodo na presença de 2.700 mg/l de amônia, em um efluente sintético de gelatina.

Pawlowsky, U. (1984), instalou e operou um reator piloto de leito de lodo anaeróbio de fluxo ascendente para o tratamento de efluentes de curtume, com as seguintes características: altura do reator: 2,0 m; taxa de aplicação volumétrica: 0,5 kg de DQO/m³.d; remoção de matéria orgânica na ordem de 90%; produção de gás de 0,5 m³/kg DQO removido. segundo o mesmo autor, os níveis de toxidez encontrados para sulfetos foram acima de 200 mg/l, e de cromo acima de 50 mg/l.

Draaijer, H. et al. (1991) experimentaram um reator piloto do tipo UASB, para tratar efluentes de curtumes associado com o tratamento de esgoto doméstico. A maior proporção atingida foi de 1:3. Eles concluíram que os efluentes de curtume, misturados com efluentes de esgotos domésticos podem ser tratados com um tempo de retenção de 8 dias. Eles observaram igualmente que: a) Não houve toxidez com níveis de sulfato de 580 mg/l, de sulfetos de 44mg/l, cloretos de 3.000 mg/l, e cromo de 10 mg/l; b) Houve diminuição sensível de sulfato o que resultou numa baixa produção de metano; c) O sistema operou como um excelente separador de lodo e espessador. d) Como consequência a produção de lodo foi elevada, necessitando frequentes purgas de lodo; e) O tempo de retenção foi elevado, devido à produção intensa de lodo.

MATERIAL E MÉTODOS

Reator

Foi construído, na linha de tratamento de efluentes de um curtume, cuja vazão média é de 2.700 m³/dia, um reator piloto de 16 m³ de capacidade útil. O reator tem formato prismático, com uma base quadrada de 2 m de lado. A altura do reator é de 4 m. O reator é em alvenaria, com uma impermeabilização em resina e isolamento com lâminas de estiropor. O gasômetro é do tipo tronco de pirâmide, feito em fibra de vidro, dividido em três células.

O reator dispunha de um sistema de recirculação com bomba centrífuga. Um dispositivo especial distribui o fluxo de efluente igualmente na base do reator.

A vazão era medida por um sistema especial, consistindo por medidas de cubagem e registro de volume por tempo de funcionamento de uma bomba centrífuga. O reator possui 12 válvulas para a amostragem ao longo da altura do mesmo. No entanto, as amostragens consideradas para este trabalho foram tomadas na canaleta de esgotamento final do reator.

Efluente de alimentação

O efluente de alimentação era proveniente do tratamento primário da indústria, consistindo de gradeamento, peneiramento em peneira hidrodinâmica e homogeneização. O efluente de alimentação não sofria processo de decantação. Nós o consideramos como "efluente bruto". Este efluente era desviado da linha de alimentação dos decantadores por uma tubulação de 2,5 cm de diâmetro.

Inoculação e Adaptação

O lodo utilizado para a inoculação do reator era proveniente de um reator UASB em atividade, tratando efluentes de curtume em um outro reator piloto, o qual foi inoculado com lodo proveniente de um reator UASB de uma cervejaria. O lodo foi transportado para a indústria e colocado diretamente no reator.

Procedimentos Analíticos

As análises físico-químicas foram feitas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 18^a ed. (1992), no Laboratório de Controle de Poluição do DCTA-UFPEL e no Laboratório de Controle de Qualidade do curtume. Algumas adaptações foram realizadas, para as adequar melhor às condições dos Laboratórios. As análises efetivadas foram: Demanda Química de Oxigênio (DQO), pH, Alcalinidade, Sulfetos, Cromo, Acidez volátil total (por destilação e titulação), Nitrogênio total por Kjeldahl, Sólidos totais, Sólidos Suspensos e Sólidos Voláteis.

Experimento

O trabalho consistiu em se alimentar, em contínuo, o reator com o efluente e analisar os parâmetros de alimentação e descarga. O reator foi operado com um tempo de detenção inicial de 5 dias, até a estabilização dos dados de alimentação. O tempo de detenção foi diminuído para dois dias e, finalmente, para 1 dia. Foram feitas análises semanais da alimentação e da descarga do reator. A relação entre os resultados obtidos serviram para as conclusões do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com as determinações de DQO solúvel na alimentação e na descarga do reator, conforme mostra a Figura 1, indicam que houve uma estabilidade na operação do reator, obtendo-se valores

constantes próximos à 200 mg/l. Os valores respectivos de DQO de alimentação, isto é, os valores de DQO solúvel do efluente do decantador primário, são bastante variáveis, mostrando a variabilidade dos efluentes deste tipo de indústria. Por outro lado, embora não tenhamos estudado este aspecto, também a relação apresentada no gráfico indica que o reator permanece estável, apesar da variação de DQO de alimentação, o que talvez pudesse ser definido como "choques de carga".

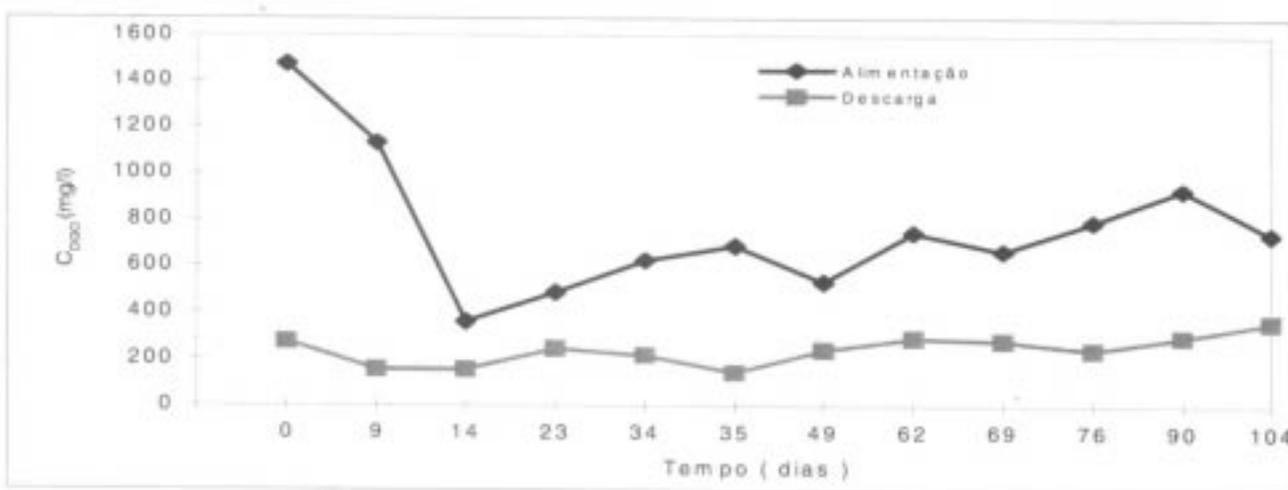


Figura 1 - DQO solúvel na alimentação e descarga do reator em relação ao tempo de operação

A DQO total, isto é, a determinação de DQO que inclui as partículas em suspensão na massa líquida, para alimentação e a descarga do reator como mostrado na Figura 2, demonstra uma menor estabilidade dos dados, mas não em proporção elevada. Isto seria de esperar já que o líquido com matéria orgânica em suspensão não apresenta homogeneidade.

A acidez volátil teve uma variação maior, devido provavelmente à variação da composição química do efluente, o que é normal para este tipo de indústria, e o emprego, no processo, de grandes quantidades de ácidos orgânicos. Podemos verificar na Figura 3, que também esta variação não afetou a estabilidade do reator, medido em DQO. A alcalinidade não variou ao longo do experimento.

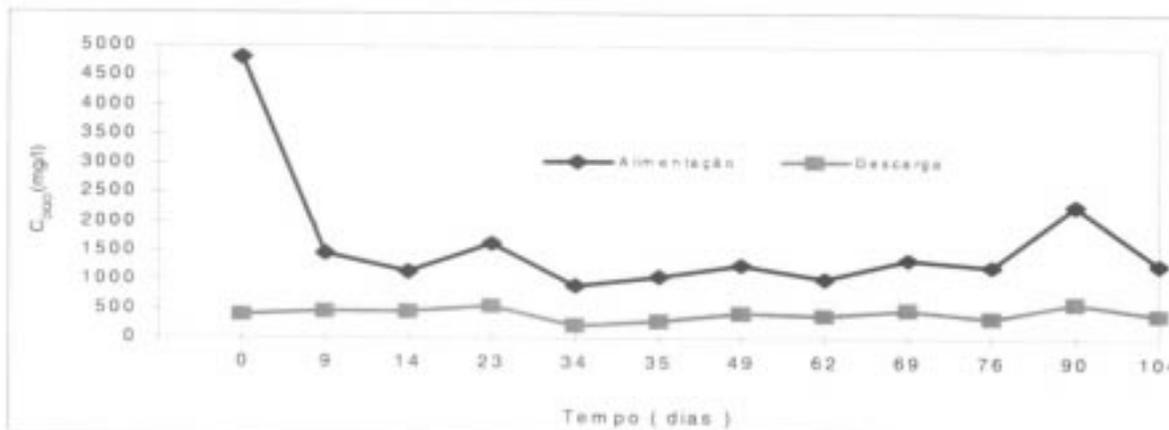


Figura 2 - DQO total na alimentação e descarga do reator em função do tempo de operação.

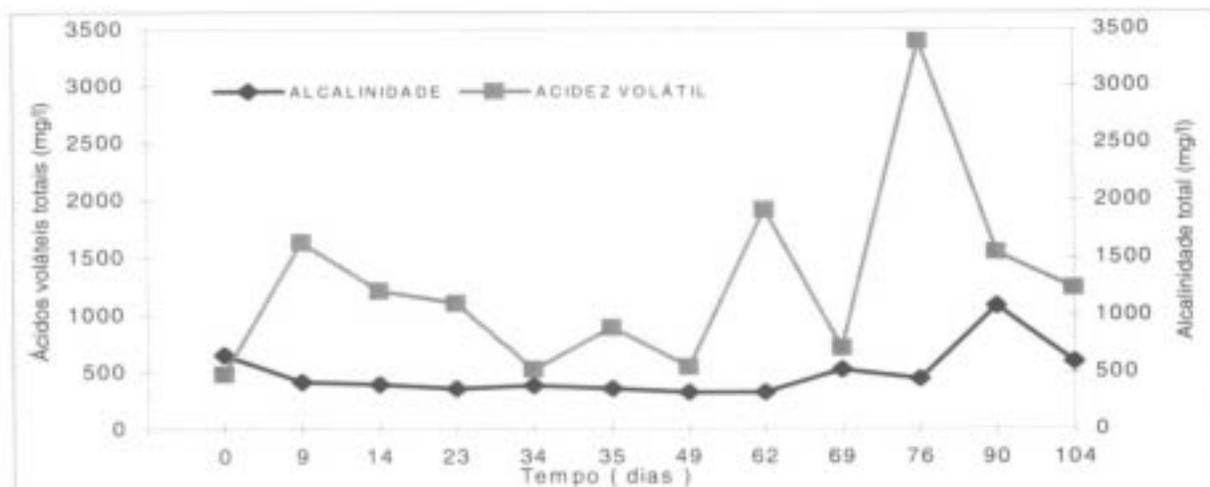


Figura 3 - Alcalinidade total e acidez volátil no reator em função do tempo de operação

Os valores de eficiência de despoluição foram calculados pela seguinte expressão:

$$E = \frac{C_{DQO_i} - C_{DQO_f}}{C_{DQO_i}} \times 100$$

E : Eficiência de despoluição

CDQO_i : Valor de DQO na alimentação do reator

CDQO_f : Valor de DQO na descarga do reator

A eficiência média de despoluição do sistema, calculada ao longo do tempo de operação, com dados que estão apresentados na Figuras 1 e 2, foi de 65,0%, se se considera a DQO solúvel na alimentação e descarga do reator, e de 70,0%, para a DQO total. A eficiência de despoluição considerando a DQO total é maior devido à parcela de sólidos suspensos que separam no reator por efeito de retenção das partículas no lodo.

A carga volumétrica aplicada foi calculada através da seguinte expressão:

$$B_v = \frac{C_{DQO_i} \times Q_a}{V} \times 10^{-3} \quad (\text{kg/m}^3 \cdot \text{d}) \quad \text{sendo:}$$

B_v : Carga volumétrica aplicada. (kg DQO/m³ .d.)

CDQO_i : Valor de DQO na alimentação do reator.

(mg/l)

Q_a : Vazão de alimentação. m³/d.

V : volume do reator. (m³).

A carga volumétrica aplicada média no período do experimento foi de 0,43 kg DQO/m³.d. Como os curtumes tem um processamento que pode ser muito variável, em função de pedidos, suprimento de insumos químicos diferenciados, etc... também são variáveis os efluentes diários, apesar da operação de homogeneização a que são submetidos. Com isto, e na impossibilidade de se corrigir o efluente ou de armazená-lo, as cargas aplicadas foram variáveis, sempre em função da variabilidade da alimentação do reator.

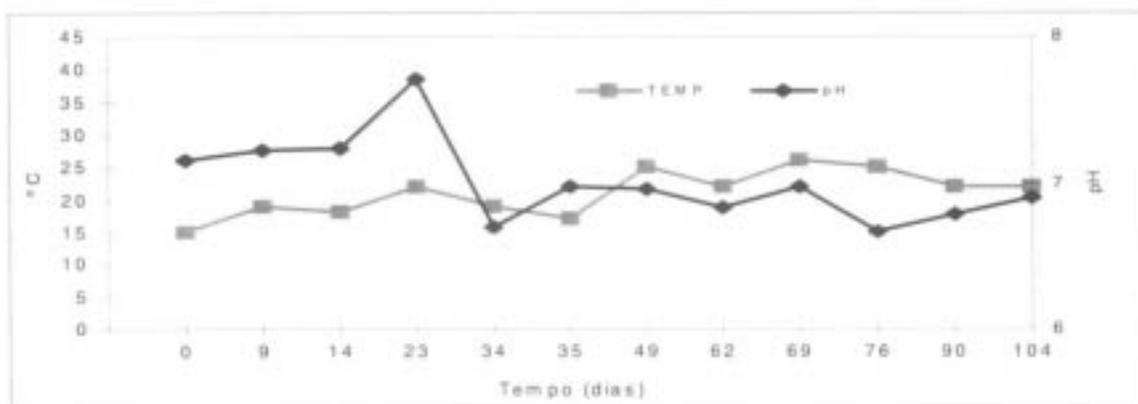


Figura 4 - pH e temperatura em relação ao tempo de operação

A Figura 4 mostra a evolução dos valores de pH e de temperatura durante a operação do reator piloto. O reator não dispunha de controle automático de pH e de temperatura e estes gráficos são apresentados como dados complementares para a interpretação dos resultados. As temperaturas tiveram uma variação importante, mas não foi feita correlação com as eficiências do sistema. Por outro lado, comparando as Figuras 1 e 2 com a Figura 4, constata-se que algumas ocorrências de baixa temperatura não provocaram alterações na DQO de descarga do efluente, as quais, como vimos, não variaram ao longo do tempo de operação.

Na Figura 5 mostra-se a evolução do parâmetro

Sólidos em Suspensão. A média de redução deste parâmetro, calculado da mesma forma que a da redução de DQO, utilizando os dados da Figura 5, é 73,3%. A altura do reator é de 4 m e esta eficiência poderá ser melhorada pelo aumento da altura da zona de decantação do reator. Esta será aumentada pelo aumento da altura do reator ou pela purga contínua do lodo formado.

A relação entre a carga aplicada e a eficiência de despoluição é apresentada na Figura 6. Não foi possível verificar variação significativa da eficiência de despoluição em relação à carga aplicada, o que deverá ser feito nos próximos trabalhos, já que o reator continua em monitoramento.

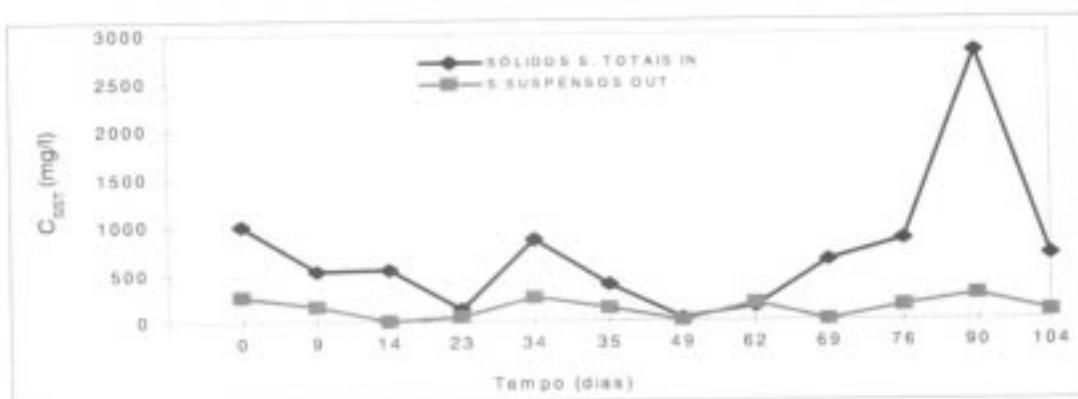


Figura 5 - Sólidos suspensos totais na alimentação e descarga do reator em relação ao tempo de operação

O reator foi operado como um efetivo separador de matéria em suspensão, observando-se no final do experimento a acumulação de lodo constituído de biomassa microbiana, mas também de matéria em suspensão proveniente do efluente homogeneizado. Esta constatação foi feita de forma empírica por testes de lavagem do lodo, podendo-se identificar, claramente, os grânulos bacterianos e as partículas de couro.

Não foi feita quantificação deste lodo formado como consequência da separação da matéria em suspensão do efluente, mas ela ocupava, ao fim do experimento, mais de dois terços do volume do reator. Por outro lado, não foi necessária a purga de lodo durante o experimento, mas este deverá ser retirado para os próximos experimentos. Também observou-se, por testes rápidos, que este lodo apresenta boa capacidade de espessamento.

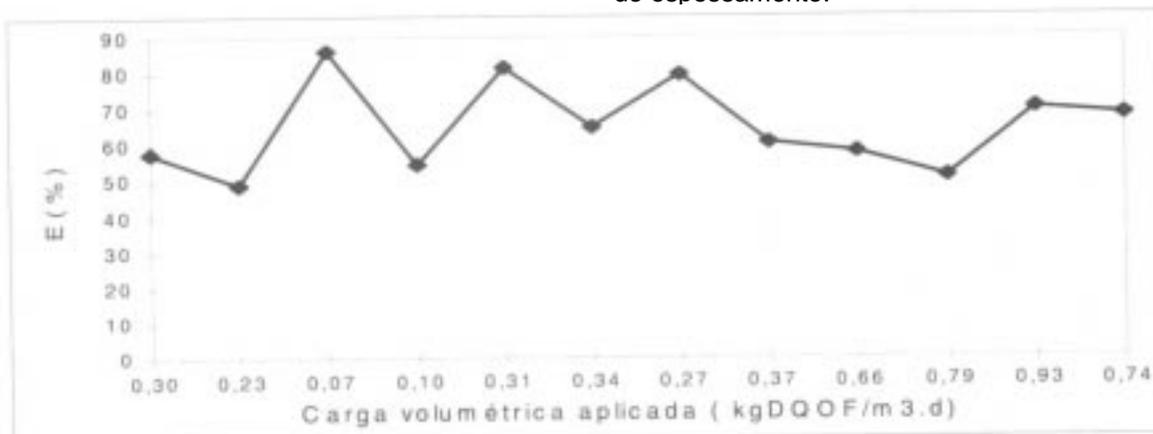


Figura 6 - Eficiência de remoção de DQO solúvel em relação à carga volumétrica aplicada

CONCLUSÕES

Foram obtidas reduções de DQO solúvel de 65,0 % e de DQO total de 70,0%, para tempos de detenção de 1 a 5 dias. A estabilidade do processo foi demonstrada pelos valores constantes de DQO solúvel e total na descarga do reator, apesar das variações de temperatura, pH e carga aplicada. Foram obtidas reduções de Sólidos em suspensão de 73,3%. Os reatores anaeróbios de fluxo ascendente devem continuar a ser estudados para a sua otimização em tratamento de efluentes homogeneizados de curtumes.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo CNPq e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION;
AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION;
WATER ENVIROMENT FEDERATION. *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18. ed. Washington, 1992. ISBN 0-87553-207-1
- CRAVEIRO, A. M., (1991) - Evolution and present situation of full scale anaerobic digestion of industrial wastewaters in Brazil. in: *VI International Symposium on Anaerobic Digestion. POSTER - ABSTRACTS*. p. 86. IAWPRC-ABES. São Paulo. SP
- DRAAIJER, H., MAAS, J.A.W., SCHAAPMAN, J.E., KHAN, A. (1991) - Observations on operation of 10 m³ UASB pilot plant for treatment of tannery waste water in Kanpur, India. in: *VI International Symposium on Anaerobic Digestion. POSTER - ABSTRACTS*. p. 87. IAWPRC-ABES. São Paulo. SP
- FORESTI, E. (1990) - Desenvolvimento de reatores anaeróbios para tratamento de águas residuárias. in: *Seminário Internacional "Desenvolvimento de Reatores anaeróbios"*. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos.
- NOVAES, R.F. (1986) - Microbiology of anaerobic digestion. in: *Seminário Internacional sobre Tratamento Anaeróbico em Países Tropicais*. IAWPRC-ABES. São Paulo.
- PAWLOWSKY, U. (1984) - Tratamento depuradores anaeróbios. in: *Semana de debates sobre tratamento de efluentes da indústria de peles e couros*. SENAI-UNIDO. Estancia Velha. RS
- POL, L.H. LETTINGA, G. (1986) - New technologies for anaerobic digestion. in: *Seminário Internacional sobre Tratamento Anaeróbico em Países Tropicais*. IAWPRC-ABES. São Paulo.
- SCHULZE, D., FIEBIG, R., DELLWEG, H (1988) - Development of granular sludge in the UASB-treatment of model wastewaters containing gelatine. *Biotechnology Letters*, 10(5), 319-324.
- SOUZA, M.E. (1986) - Criteria for utilization design and operation of UASB reactors. in: *Seminário Internacional sobre Tratamento Anaeróbico em Países Tropicais*. IAWPRC-ABES. São Paulo.
- VULLIERMET, B., VULLIERMET, A., CARRÉ, M.C. (1977) - Tannerie et environnement. *Centre Technique du Cuir*. Lyon. França.