

EATOR SEQUENCIAL EM BATELADA: REMOÇÃO DE C, N, P EM EFLUENTE DO PROCESSAMENTO DO CUPUAÇU

Libertalamar SARAIVA (1); Paula VIEIRA (2); Elainy RÊGO(3); Renato BARRETO (4)

(1) CEFET AM, Av. Sete de Setembro 1975, 92 36216735, e-mail: liberta.saraiva@cefetam.edu.br

(2) CEFET AM, Av. Sete de Setembro 1975, 92 36216735, e-mail: med_sa@hotmail.com

(3) CEFET AM, Av. Sete de Setembro 1975, 92 36216735, e-mail: elainyrego@hotmail

(4) CEFET AM, Av. Sete de Setembro 1975, 92 36216735 e-mail: mena@cefetam.edu.br

RESUMO

Os resíduos líquidos gerados no processamento de frutas regionais, principalmente do cupuaçu contêm quantidades significativas de C, N e P. Os processos de lodo ativado seqüencial em batelada permitem diferentes configurações e operações associadas ao sistema em um único tanque, em regime de ciclos, tornando possível a otimização das diversas etapas às condições específicas ao resíduo a ser tratado. O sistema em estudo teve como objetivo a determinação dos parâmetros na remoção de carbono e dos macronutrientes do resíduo do processamento da polpa do cupuaçu. O efluente utilizado no experimento foi gerado pelo processamento do Cupuaçu para fabricação de “Farinha de Cupuaçu” em pesquisa realizada no CEFET AM operando em ciclos de 12 horas. Para o controle das etapas foi construído um Controlador de Processo desenvolvido pelo professor Renato Mena Barreto. As amostras do afluente e do efluente do reator foram coletadas no início e final de cada ciclo e realizadas as análises de DQO, Nitrogênio, Fósforo, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1998. Os primeiros resultados obtidos inferem que o sistema proposto de tratamento dos resíduos de cupuaçu utilizando um RSB é operacionalmente viável. E, proporcionará às indústrias sazonais de pequeno porte a possibilidade de tratar o efluente líquido com baixos investimentos de instalação e operacionais, já que a remoção de DQO alcançou valor máximo de 85% o que indica que o sistema é adequado para a remoção de carbono.

Palavras-chave: Cupuaçu, reator batelada, lodo ativado, controlador de processo.

1. INTRODUÇÃO

Nos resíduos de alimentos a quantidade de carbono e nutrientes presentes é bastante elevada, chegando a valores de 14000 mg/L para carbono e 7,5 mg/L para fósforo, em resíduo do processamento do cupuaçu (SALVIONI e SARAIVA, 2007).

O processamento de alimentos utiliza uma grande quantidade de água em procedimentos de limpeza e desinfecção dos equipamentos e unidades de produção além da água incorporada ao produto, o que gera um volume expressivo de efluente líquido que necessita de tratamento antes de sua disposição nos corpos d'água. No entanto, estas indústrias com frequência operam em regimes de sazonalidade e na maioria das vezes são de pequeno porte, não comportando altos investimentos para o controle ambiental.

Os processos de remoção de carbono estão praticamente definidos com tratamentos biológicos com altas eficiências, enquanto a remoção biológica de nutrientes em sistemas de lodo ativado tem despertado o interesse da comunidade científica com benefícios no controle e minimização da eutrofização usando sistemas de fluxo contínuo ou seqüencial em batelada e configurações que podem estimular a remoção simultânea de carbono orgânico, nitrogênio e fósforo (EKAMA e WENTZEL, 1999 apud SARAIVA e KOETZ, 2002).

Os sistemas de lodo ativado em reatores de mistura completa, em um único tanque, com operações seqüenciais podem ser operados em ciclos horários e ter todos as operações controladas por um CP, baseado no tempo de cada operação. O bombeamento, aeração, agitação, sedimentação e descarga são estabelecidos de acordo com a necessidade operacional, com a vantagem de não ter bombeamento de reciclo, pois a biomassa decantada permanece no reator até que nova batelada seja carregada e o sistema de aeração ou agitação a coloque novamente em suspensão. O tempo de permanência da biomassa no reator ou idade do lodo pode ser controlado pela retirada do excesso de lodo pelo fundo do reator.

O trabalho apresentado estudou a remoção simultânea de carbono, fósforo e nitrogênio, em um reator em batelada operando em ciclos de 12 horas, controlados por controlador de processo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O cupuaçu é um fruto de uma árvore, conhecida como cupuaçuazeiro, da Amazônia Brasileira. Tem como nome científico *Theobroma grandiflorum*. (FIEAM/DAMPLI, 1996).

A composição do fruto é de 37,5% de casca, 15,0% de sementes e 45,5 % de polpa. A polpa é ácida, amarelada e de sabor agradável, e muito saborosa, contendo até 42% de carboidratos. Ela é muito utilizada para indústrias de refrescos, sorvetes, compotas e outras, devido ao seu alto teor de pectina (9703mg/100g) e baixo pH (3,87). Outros produtos vêm sendo desenvolvidos à base de cupuaçu, como as farinhas de Cupuaçu que apresentam alto valor nutritivo (BASTOS e SILVA, 2007).

A atividade de beneficiamento dos frutos de cupuaçu é sazonal e realizada em pequenas plantas, gerando resíduo líquido com alta carga de matéria orgânica e nutriente. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos na Resolução CONAMA nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 (CLAAS e MAIA, 1994; CONAMA, 2005).

Os tratamentos biológicos reproduzem, de certa maneira, os processos naturais que ocorrem em um corpo d'água, onde a matéria orgânica é convertida em produtos mineralizados inertes por mecanismos puramente naturais, caracterizando o assim chamado fenômeno da autodepuração (VON SPERLING, 1996).

Os métodos biológicos de tratamento de águas residuais se compõem de aeróbios e anaeróbios, dependendo da população microbiana utilizada e do material a ser removido. O papel desempenhado pelos microrganismos no tratamento de resíduos depende do processo; com ausência de oxigênio, as condições são favoráveis ao desenvolvimento de bactérias como as acidogênicas e as metanogênicas. O consórcio microbiano envolvido nos processos aeróbios é constituído predominantemente de bactérias e protozoários. (METCALF & EDDY, 1991; VON SPERLING, 1996).

O crescimento microbiano depende da capacidade da célula em utilizar o nutriente de seu meio ambiente e sintetizar os compostos macromoleculares das estruturas celulares, como também dos principais compostos de baixo peso molecular para a atividade celular. O metabolismo intermediário inclui as reações que

transformam os compostos de carbono, nitrogênio e fósforo que entram na célula, em novo material celular ou em produtos excretados (WARD, 1989; ARUN et al, 1989; SMOLDERS et al, 1994).

As bactérias heterotróficas são os principais agentes do mecanismo de quebra e remoção da matéria orgânica e conversão do nitrito a nitrogênio molecular (bactérias heterotróficas facultativas). Os requisitos ambientais das bactérias variam com a espécie. As bactérias autotróficas envolvidas no mecanismo de nitrificação são muito mais sensíveis às condições ambientais, fazendo com que a faixa ótima de pH e temperatura seja bastante limitada. A amônia é oxidada pela bactéria quimiosintetizante em um processo de dois passos. Primeiro, a amônia é oxidada para nitrito (nitritação), usualmente pelas bactérias *Nitrosomas europa* e *monocella* e por *Nitrosococcus*. E, depois, os nitritos são oxidados para nitratos pelas bactérias da espécie *Nitrobacter winogradsky*; *Nitrocystis*, e presumivelmente pelas *Nitrococcus*, *Nitrospina* e *Nitrobacter agilis* (TORRES et al, 1998).

As bactérias capazes de desnitrificar o nitrato podem ser autotróficas ou heterotróficas desnitrificantes como a *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas* entre outras. Muitas destas bactérias podem usar oxigênio assim como o nitrato e algumas podem realizar fermentações na ausência de nitrato ou oxigênio. Sob desnitrificação autotrófica, as bactérias usam o CO₂ ou bicarbonato como fonte instantânea de carbono orgânico (RANDALL et al, 1992; TORRES et al, 1998).

Fuhs e Chen em 1975 identificaram a *Acinetobacter* como o organismo associado com a remoção de fósforo. São conhecidas por preferirem substratos simples produzidos em reações fermentativas em zonas anaeróbias. Outras bactérias comumente encontradas em sistemas de remoção de fósforo são os gêneros *Pseudomonas* e *Aeromonas*. As *Pseudomonas* parecem ser responsáveis pela absorção biológica do fósforo, enquanto as *Aeromonas* são importantes na realização das fermentações e na produção de ácidos graxos voláteis (SEDLAK, 1991).

As bactérias do gênero *Acinetobacter spp* são aeróbias restritas e utilizam intermediários de baixo peso molecular (particularmente acetato e etanol) como fonte de energia e carbono, geralmente produzidas anaerobicamente por outras bactérias anaeróbias facultativas. O fósforo é liberado quando estas bactérias são sujeitas a uma condição de anaerobiose e disponibilidade de substâncias de baixo peso molecular. Mais tarde foi observado que se não ocorrer a liberação de fósforo na zona anaeróbia, a subsequente absorção de fósforo na zona aeróbia não irá ocorrer (RUSTRIAN et al, 1994).

O tratamento feito por lodos ativados é atualmente o mais utilizado para depuração de efluentes líquidos, representando alta taxa de eficiência na remoção do carbono. O processo sequencial em batelada, consiste na incorporação de todos os processos e operações associadas ao sistema em um único tanque, em regime de ciclos tornando possível com controle operacional variar e estabelecer as condições específicas ao resíduo a ser tratado e a com a vantagem de não ter bombeamento de reciclo, pois a biomassa decantada permanece no reator até ser novamente utilizada (CYBIS et al, 2004; PELEGRINI et al, 2003).

3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise e Controle Ambiental do Centro Federal de Educação Tecnológica do Amazonas. O laboratório pertence à Gerência Educacional das Áreas de Química e Meio Ambiente e realiza trabalhos de pesquisa e extensão em controle de poluição.

O sistema de remoção de carbono e nutrientes foi constituído de um reator sequencial em batelada (RSB), confeccionado em tubo de acrílico de 100 mm de diâmetro externo, 3 mm de espessura de parede e 500 mm de altura, com volume útil de 3,7 litros, fechado nas extremidades por CAP de 100 mm de diâmetro interno.

O reator e o sistema de controle foram instalados em uma mesa de ferro apoiado em suporte inox com argola conforme Figuras 01 e 02. Na operação do processo, foi utilizada uma bomba d'água para a carga do reator e eletro válvula para a descarga. A aeração foi feita por mini compressor de aquário que injeta o ar conduzido por mangueira de silicone até o fundo do reator, com saída em cerâmica porosa.

O reator RSB foi monitorado com ajuda de um controlador de processo (CP) desenvolvido pelo Prof. Renato Mena Barreto, no CEFET AM, que controla os tempos de carga, agitação, aeração, sedimentação e descarga. Foram monitorados os parâmetros de temperatura e oxigênio dissolvido dentro do reator, utilizando termômetro de mercúrio e oxímetro portátil, respectivamente.

O reator foi inoculado com biomassa aeróbia proveniente de indústria de cerveja e refrigerante, com teor de sólidos suspensos voláteis (SSV) de 3000 mg/L. A biomassa foi aerada e alimentada com efluente diluído

para que houvesse uma adaptação ao resíduo de cupuaçu, em um tempo de sete dias, mas a resposta do sistema fez com que tivesse que ser re-inoculado ao final de 21 dias. O reator foi operado durante 90 dias com uma vazão de 2 litros/ciclo, em ciclos de 12 horas. Nesta fase optou-se por estudar a remoção de carbono e fósforo em ambiente aeróbio, verificando a utilização deste elemento pelo consórcio de microrganismos presentes no processo.

O efluente utilizado no experimento foi gerado pelo processamento do Cupuaçu para fabricação de “Farinha de Cupuaçu” em pesquisa realizada no CEFET AM. O resíduo líquido foi peneirado para retirada de sólidos suspensos e armazenado em bombonas de 5 litros sob refrigeração a 4° C até sua utilização, por no máximo sete dias.

As amostras para análise inicial foram retiradas logo após a chegada do efluente, e analisados os seguintes parâmetros: DQO, fósforo como fosfato, nitrogênio como NTK, e pH. O material era então diluído até que se obtivesse uma DQO em torno de 1000 mg/L e o pH ajustado antes da entrada no reator para 6,5 com bicarbonato de sódio. A cada carga um volume estabelecido pelo número de ciclos era alimentado, totalizando quatro litros por dia.

Os reatores foram operados a uma temperatura de 30 ± 5 °C e 2 mg/L de oxigênio dissolvido. O tempo de detenção celular foi mantido em torno de 30 dias, pela remoção de lodo do reator RSB. O afluente e o efluente do reator foram analisados semanalmente os seguintes parâmetros: DQO, P-PO₄, N-NTK, N-NO₃, pH. As amostras para análises de pH foram tomadas na alimentação e descarga dos reatores e realizadas todos os dias.

A coleta, preservação e análise obedeceram à metodologia recomendada pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA,1998). Os resultados foram expressos em eficiência de remoção de DQO, relação DQO/P, DQO/NTK, NTK/NOX, DQO/NOX, remoção de nitrogênio e fósforo.



Figura 01 – Reator em aeração



Figura 02 – Biomassa sedimentada

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

O sistema foi operado em regime de dois ciclos diários com 12 horas/ ciclo, com temperatura média de 32°C. O oxigênio dissolvido foi mantido na faixa de 1-2 mg/L e o pH afluente ajustado para 7,0.

Na Tabela 01 são mostrados os valores médios e a faixa de variação (máximos e mínimos) dos parâmetros pH, DQO, P-PO₄, N-NTK, N-NO₃ analisados no afluente e efluente do reator RSB.

Na avaliação dos parâmetros analisados durante o monitoramento, pode-se observar que a concentração de matéria orgânica medida em DQO apresentou valores afluentes entre 773,62 a 2266,84 mg.L⁻¹ com valor médio de 1307,24, enquanto que o efluente variou entre 141,97 a 999,75 mg/L com um valor médio de 612,11mg/L.

**Tabela 01 – Valores médios e faixa de variação (máximos e mínimos)
dos parâmetros monitorados no período da pesquisa**

Parâmetros	Afluente	Efluente
pH	7,0	6,8
	6,8 – 7,2	6,6 – 7,2
DQO (mg/L)	1307,24	612,11
	773,62 – 2266,84	141,97 – 999,75
P – PO ₄ (mg/L)	9,94	8,29
	6,24 – 25,20	2,18 – 25,04
N-NTK (mg/L)	164,27	80,45
	141,50 – 212,73	64,00 – 128,80
N-NO ₃ (mg/L)	0,62	0,45
	0,53 – 0,72	0,37 – 0,50

A Figura 03 mostra a variação da DQO afluente e DQO efluente durante as 10 semanas de operação do reator. Observa-se que na quinta e sexta os valores de DQO afluente e efluente foram praticamente os mesmos, pois neste período houve a perda de parte da biomassa que teve de ser completada e aclimatada novamente, causando um colapso no sistema. A eficiência de remoção mostrou ser em média de 50,3 %, valor abaixo dos obtidos para sistemas de lodo ativado convencionais. Porém, pode-se atribuir este fato à instabilidade observada no sistema durante o experimento, evidenciada pela grande variação na remoção de DQO entre 3,71 a 85,92%, mostrada na Figura 04.

A concentração de fósforo medida como fosfato variou de 6,24 a 25,20 mg/L, com média de 9,94 mg/L. A eficiência média remoção foi de 22% com máximo de 65,05%, apresentado na Figura 05. Este resultado se deve provavelmente à quantidade de utilização do fósforo pela biomassa para desenvolvimento de suas funções respiratórias, já que a mesma era oriunda de indústria de refrigerante e já estava perfeitamente adaptada com quantidades de fósforo maiores que o resíduo de cupuaçu. Saraiva e Koetz (2002) obtiveram uma remoção média de 87% para DQO e de 14,2 % para fósforo em reator sequencial em batelada tratando resíduo da indústria de parboilização de arroz.

Em relação aos parâmetros de DQO e fósforo, a relação média encontrada foi de 100:0,5 estando próximo do valor recomendado por Barbosa (2004) já que segundo o autor as relações ótimas para a degradação do substrato e crescimento microbiano são: DQO_T/P = 100/0,15. As relações de DQO/P utilizadas em sistemas removedores de fósforo variam consideravelmente em função do tipo de despejo e da região em que o sistema está instalado.

Rustrian *et al* (1998), encontraram uma remoção de 66% de fósforo que teve um incremento para 86% quando a taxa de DQO:P foi aumentada. Finger e Cybis (1999), trabalhando com esgoto sintético em reator

seqüencial em batelada, dois ciclos diários e relações DQO/P de 24 a 96, obtiveram valores de remoção de fósforo da ordem de 81%, porém observaram que o processo é instável e a biomassa necessita de aclimatação.

No entanto, os resultados de remoção de fósforo, comparados as concentrações de DQO e nitrogênio levam à hipótese de que os nutrientes foram utilizados somente no metabolismo das bactérias heterotróficas aeróbias que oxidam a matéria orgânica e não por bactérias absorvedoras de fósforo como a *Acinetbacter*.

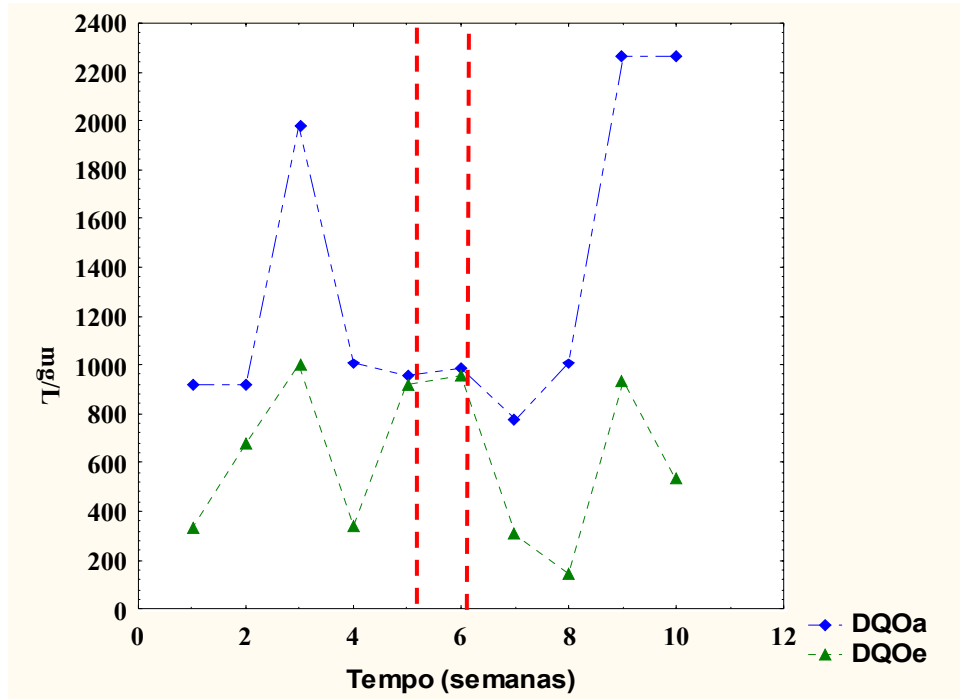


Figura 03 – Variação da DQO (afluente, efluente) ao longo do tempo

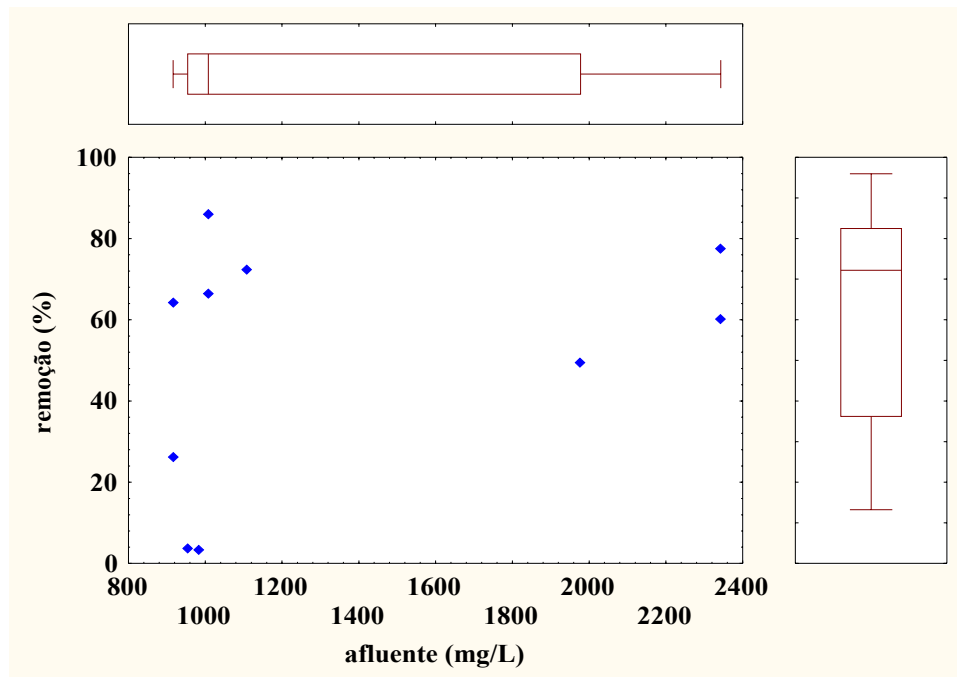


Figura 04 – Variação média, desvio padrão e faixa de variação da remoção de DQO em função da concentração afluente

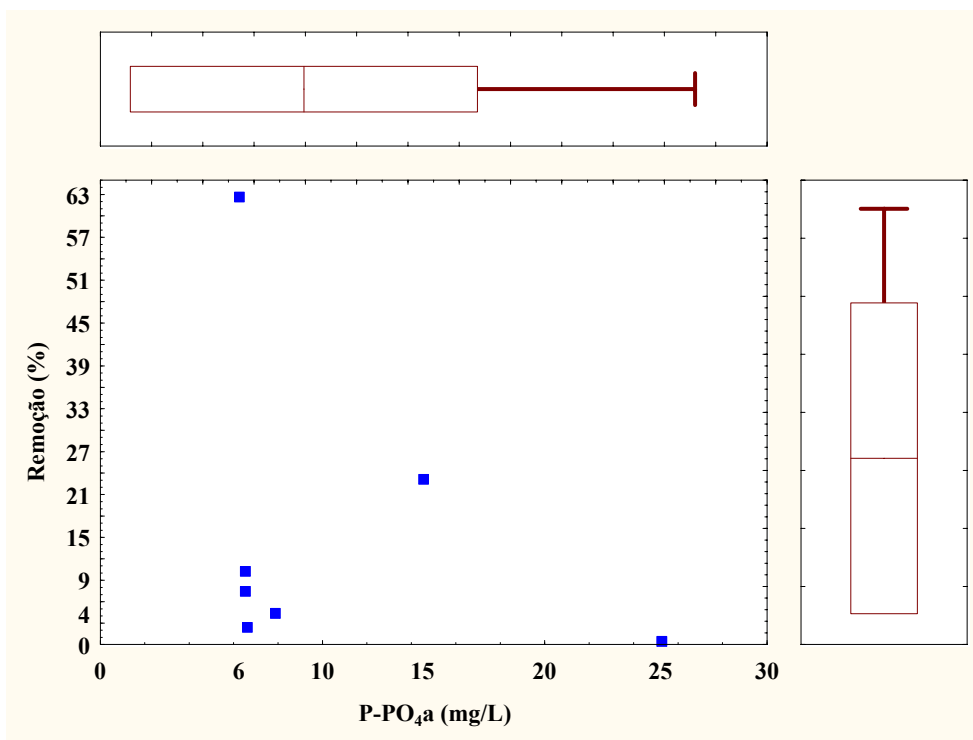


Figura 05 – Variação média, desvio padrão e faixa de variação da remoção de P-PO₄ em função da concentração afluyente

Os resultados para nitrogênio mostram que não houve nitrificação. Este fato pode ser atribuído à instabilidade do sistema e à ausência de bactérias nitrificantes como as nitrossomonas e nitrobacter já que as mesmas são autotróficas e utilizam o gás carbônico como fonte de carbono. Porém, pode-se observar uma remoção de nitrogênio medido em N-NTK de 49,75%, com uma remoção mínima de 20% e a máxima de 69,60 %. Isto pode ser explicado pela utilização do nitrogênio orgânico pelos microrganismos heterotróficos para o seu metabolismo.

A concentração de N-NTK afluyente variou entre 141,5 e 212,7 mg/L, com média de 164,3 mg/L, com uma taxa DQO/NTK média de 7,7. Saraiva e Koetz (2002) em seus experimentos encontraram a taxa DQO/NTK de 40,9 e uma eficiência de remoção de N-NTK de 66,6%, o que é bastante superior ao valor encontrado durante a pesquisa. Porém, os autores concluíram que não há relação direta entre a eficiência de remoção de nitrogênio e a relação de concentração de matéria orgânica.

A relação entre N/P média durante todo o monitoramento do sistema foi de 16,5 e variou entre 8,4 a 22,7. Yong *et al* (1996) apud Saraiva (2000) obtiveram 87% de remoção de P-PO₄ usando uma relação entre N/P de 4, combinando condições anaeróbias e aeróbias. Isto significa que o resíduo estudado possui concentração de nitrogênio maior do que a necessária para o metabolismo dos microrganismos presentes, não sendo necessário, portanto a adição deste nutriente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A remoção máxima de DQO de 85% indica que o sistema perfeitamente controlado, com biomassa aclimatada é adequado para a remoção de carbono. Do mesmo modo, a eficiência de remoção do nitrogênio demonstrou ser possível, com valor máximo de 69% para o NTK e do fósforo com valor máximo de 65%.

Os primeiros resultados obtidos inferem que o sistema proposto de tratamento dos resíduos de cupuaçu utilizando um RSB é operacionalmente viável. E, proporcionará às indústrias sazonais de pequeno porte a possibilidade de tratar o efluente líquido com baixos investimentos de instalação e operacionais.

No entanto, os resultados também indicam que é necessário um aprofundamento no conhecimento das variáveis de processo, principalmente dos microrganismos envolvidos, já que se trabalha com um consórcio de microrganismos adaptados ao resíduo que se deseja tratar. Além disto, o sistema permite estudar diversas variações no processo de aerobiose, anaerobiose e tempo de duração dos ciclos.

REFERÊNCIAS

- APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th edition. American Public Health Association. Washington, DC. USA. 1998.
- ARUN, V; MINO, T. and MATSUO, T. 1989. Metabolism of carboxylic acids located in around the glycolytic pathway and the TCA cycle in the biological phosphorus removal process. *Wat. Sci. Tech.* Vol. 21, Brighton, pp. 363-374
- BARBOSA, Suzete Rosa. **Tratamento de Efluentes de em Reator de Leito Fluidizado Sequencial em Batelada**. Tese de Mestrado em Engenharia Ambiental - Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
- BASTOS, Ana Mena Barreto; SILVA, Syber Viana. **Beneficiamento de frutos Amazônicos: Farinha de polpa de cupuaçu**. In: 2º Jornada nacional da produção científica na educação profissional e tecnológica, 2007, São Luiz-MA.
- CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE . Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 março 2005.
- CLAAS, Isabel Cristina; MAIA, Roberto A. M. **Manual básico de resíduos industriais de curtume**. Porto Alegre, SENAI/RS, 1994. 664 p. il.
- CYBIS, L. F; SANTOS, A. V. dos; GEHLING, G.R.: **Eficiência do reator sequencial em batelada (RSB) na remoção de nitrogênio no tratamento de esgoto doméstico com DQO baixa**; Engenharia Sanitária e Ambiental; 2004; ABES; 9; 3; ; 260; 264; Português; 1413-4152; Impresso; FIEAM/DAMPI. **Plantas medicinais e suas aplicações na indústria**. Manaus, AM, 1996.
- FINGER, J.L., CYBIS, L.F. 1999. Remoção biológica de fósforo em reatores sequenciais em batelada. I - 144 . 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES . Rio. 1999.
- METCALF & EDDY, INC. 1991. **Wastewater engineering. Treatment, disposal, and reuse**. Third Edition. McGraw-Hill, pp 337-662.
- PELEGRI, R.; MELCHIOR, Samuel Chaves; CAMARGO, Marcelo de Lima ; BRITO, Núbia Natália de; DRAGONI SOBRINHO, Geraldo ; CONEGLIAN, Cassiana M R. **Tratamento de Efluentes por Processo de Lodos Ativados**. In: III Fórum de Estudos Contábeis, 2003, Rio Claro.
- RUSTRIAN, E., DELGENES, J.P. and MOLETTA, R. 1998. **Acidogenic activity process of carbon source generation for biological nutrient removal**. V. Taller y Seminario Latinoamericano TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES. Fifth Latin-american. Workshop- Seminar. WASTEWATER ANAEROBIC TREATMENT. 27-30. October, Viña del mar, CHILE.
- SALVIONI, L.; SARAIVA, L.B. **Tratamento biológico de resíduos de alimentos em reator sequencial em batelada**. III Semana de Química e Meio Ambiente, CEFETAM. 2007.
- SARAIVA, L.B. **Pós-tratamento em efluente de indústria de arroz parboilizado com reator SBR**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento de Química. Fundação Universidade do Rio Grande. 2000..
- SARAIVA, L.B.; KOETZ, P.R. **Avaliação da remoção de nutrientes em efluente de parboilização de arroz**. R. Brasileira de Agrociências. v. 8, n.3, p. 259- 264. 2002.
- SMOLDERS, G.J., VAN LOOSDRECHT M.C.M and HEIJNEN, J.J. 1995. **A metabolic model for the biological phosphorus removal process**. *Wat. Sci. Tech.* Vol. 31, 2, pp.79-93
- TORRES, S., ASPÉ, E., MATÍ, M.C. and ROECKEL, M. 1998. **Analysis of kinetics of denitrification in the presence of different electron donors and its application to fisheries effluents**. V Taller y Seminario Latinoamericano TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES. Fifth Latin- american Workshop- seminar. WASTEWATER ANAEROBIC TREATMENT. 27-30 October, Viña del Mar, CHILE.
- VON SPERLING, M. 1997. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – lodos ativados**. DESA, UFMG, Belo Horizonte.

WARD, O.P. 1989. **Biotechnology de la fermentacion. Principios, procesos y productos.** Vol. 1, pp. 31-35. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España.).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPEAM pelo aporte de recursos e às empresas AMBEVE e RECOFARMA pela biomassa utilizada no experimento.