

**Tratamento anaeróbio - aeróbio do efluente do cozimento da obtenção de celulose de palha de arroz pelo processo cal. Parte I: partida e operação do reator de fluxo ascendente com manta de lodo**

MFN -3039

N CHAMADA:

TITULO: Tratamento anaeróbio - aeróbio do efluente do cozimento da obtenção de celulose de palha de arroz pelo processo cal. Parte I: partida e operação do reator de fluxo ascendente com manta de lodo

AUTOR(ES): Gerber, W.Gerber, M.Faria, O.L.V.Freire, E.Carvalho, D.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 08. Meio Ambiente

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual de Celulose e Papel, 31

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 19-23.10.1998

IMPRESSÃO: 1998, ABTCP

PAG/VOLUME: p.521-531,

FONTE: Congresso Anual de Celulose e Papel, 31, 1998, São Paulo, p.521-531

AUTOR ENTIDADE:ETFPELEcocell Consultoria LtdaSanitec Tecnologia em Controle de PoluiçãoFapergs

DESCRITOR: efluentes, palha de arroz, tratamento de efluentes, processo anaeróbio, processo aeróbio

RESUMO:

## Tratamento Anaeróbio - Aeróbio do Efluente do Cozimento da Obtenção de Celulose de Palha de Arroz pelo Processo Cal

### Parte I – Partida e Operação do Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente com manta de Lodo

Wagner Gerber

Professor pesquisador da Escola Técnica Federal de Pelotas – ETFPEL - Pelotas/RS - Brasil

Michel Gerber

Eng.º Agrônomo - Ecocell Consultoria Ltda. - Pelotas/RS - Brasil

Oswaldo Luís Vieira Faria

Eng.º Químico Msc - Sanitec Tecnologia em Controle de Poluição - Pelotas/RS - Brasil

Daniele Carvalho e Eliane Freire

Bolsistas de Iniciação Técnica da FAPERGS - Porto Alegre/RS - Brasil

#### Resumo

A recuperação química do licor residual do processo cal para obtenção de pasta semi-química de palha de arroz, tem se demonstrado técnica e economicamente inviável. Em substituição a esse processo, foi desenvolvido o estudo da tratabilidade desse licor como um efluente, além de um estudo sobre o potencial agrícola do uso do lodo gerado no tratamento.

O emprego de reatores anaeróbios de alta taxa, antes dos reatores aeróbios, pode ser uma alternativa à tendência que as indústrias celulósicas tem de utilizar processos aeróbios como sistema de tratamento secundário. Esses sistemas de reatores apresentam vantagens, como o menor consumo energético, menor geração de lodo biológico de descarte, possibilidade de aproveitamento de gás combustível e menor impacto ambiental.

O teste foi realizado em um reator anaeróbio de fluxo ascendente(UASB) piloto, construído em fibra de vidro e PVC, com capacidade de 130 L e alimentado por uma bomba de deslocamento positivo, com regulagem de vazão. A primeira fase do teste foi a inoculação do reator com lodo ativado aeróbio proveniente de estação tratando efluentes de celulose. Após um período em que o lodo foi deixado sob condições anaeróbias para aclimação, o reator foi alimentado com o licor residual, em concentrações crescentes que variaram de 5 a 100%. O licor passou previamente por um processo de decantação e foram corrigidos os nutrientes e o pH. A alimentação e a descarga do reator foram monitoradas durante todo o período do teste, para a avaliação da eficiência da remoção, principalmente de material orgânico e sólidos em suspensão.

Os resultados mostram que a eficiência de remoção dos parâmetros monitorados foi satisfatória e que a posta em marcha foi conduzida de forma adequada, possibilitando a operação do reator com o licor residual do cozimento da palha de arroz pelo processo Cal.

#### Palavras-chaves

Efluente, celulose, palha de arroz, tratamento anaeróbio, reator UASB, tratamento aeróbio

---

Trabalho apresentado no 31.º Congresso Anual de Celulose e Papel, realizado em São Paulo-SP, de 19 a 23 de outubro de 1998

## 1. Introdução

A tendência mundial, atualmente, é a busca de novos processos de obtenção de celulose, com menor consumo de energia, mais compatíveis com o meio ambiente e com um maior aproveitamento da matéria-prima, muitos dos quais, abandonados ao longo do tempo, são novamente reestudados.

O aproveitamento da palha de arroz é uma prática comum em muitos países da Ásia e da Europa. Os usos variam desde a ração animal até portas corta-chama, passando pela obtenção de celulose. Muitas indústrias de celulose já desenvolveram tecnologia apropriada, utilizando, normalmente, o processo semi-químico de obtenção de celulose, com hidróxido de sódio.

A utilização da palha de arroz para obtenção de celulose, através do processo semi-químico e utilizando hidróxido de cálcio  $[Ca(OH)_2]$ , apresenta vantagens em relação ao processo tradicional. Mesmo que a recuperação do licor seja inviabilizada economicamente, o tratamento de efluentes é viável e o resíduo sólido gerado no tratamento pode ser aplicado no solo, como corretivo ou fertilizante.

A utilização de reatores anaeróbios performantes para o tratamento secundário de efluentes é, hoje, uma realidade nos mais diversos setores industriais, sendo o Brasil um dos países onde mais se utiliza, com sucesso, este tipo de tecnologia. Entretanto, devido às crescentes exigências ambientais, os parâmetros admissíveis passaram a ser cada vez mais restritos, fazendo com que um polimento final ao efluente destes reatores tivesse que ser acrescentado. A tendência atual é a utilização de sistema misto anaeróbio-aeróbio, onde, as vantagens do sistema anaeróbio como: baixíssimo consumo de energia, pouca geração de lodo biológico excedente, produção de biogás, etc.; são associadas às vantagens dos sistemas tradicionais de lodo ativado afim de se obter um efluente final de melhor qualidade com um consumo global de energia bastante baixo, tornando o sistema misto bastante atraente do ponto de vista econômico e ambiental.

A idéia deste trabalho foi estudar a aplicabilidade deste sistema para o tratamento do efluente gerado pelo processo cal de cozimento da palha de arroz.

O trabalho foi dividido em duas partes, onde na primeira estudou-se o processo de posta em marcha do reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) e na segunda parte foi estudado a aplicação do sistema misto anaeróbio-aeróbio, utilizando como polimento um sistema de lodos ativados.

## 2. Revisão Bibliográfica

O licor residual, oriundo do cozimento de palha de arroz com hidróxido de cálcio, constitui-se o principal resíduo líquido da indústria. Comparativamente aos processos convencionais, o efluente industrial em questão representa um mínimo de impacto ao meio ambiente.

Segundo *Papa & Orosco* (1993) no tratamento de efluentes de uma indústria de celulose processando 60% de aparas e 40% de bagaço de cana foram obtidas eficiências de remoção de DQO de até 81% em reator UASB. De acordo com os mesmos autores a taxa volumétrica aplicada

variou entre 0,7 e 10,4, situando-se, em média, ao redor de 5,5 Kg DQO/m<sup>3</sup>.dia. Os nutrientes nitrogênio e fósforo sempre foram dosados de forma a serem mantidas as relações DQO/P < 350 e DQO/N < 70.

Segundo *Vieira* (1990) devido aos altos custos operacionais dos processo aeróbios, um crescente interesse pelo tratamento anaeróbio de efluentes via anaeróbia tem sido observado. De acordo com o autor, citando Benjamin et alii , utilizou uma relação DQO:N:P igual a 100:0,72:0,09.

Segundo o mesmo autor, para um tempo de detenção hidráulico de 100 horas, o reator UASB tratando efluente de indústria celulósica atingem eficiência de remoção de 40 a 55%.

De acordo com *Sadawarte* (1995) as fábricas de papel a partir de vegetais anuais tem sérios problemas na recuperação química do licor preto, muitas vezes inviabilizadas por teores altos de sílica e viscosidade elevada. O mesmo autor aponta como alternativa o tratamento do licor como um efluente, o qual é caracterizado por alto teor orgânico.

Segundo *Delgado* (1987) o volume gerado na indústria SAICA, em Zaragoza-Espanha, que produz papel de embalagem a partir de palha de trigo, é de aproximadamente 10 m<sup>3</sup>/t polpa.

De acordo com *Cantera* (1993) a água residual, antes da sua entrada no sistema secundário, atravessa um desarenador e passa por um decantador primário, a fim de eliminar os sólidos suspensos do efluente. Segundo mesmo autor, o reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo trabalhou com tempo de detenção de 5-6 horas e obteve rendimento na redução da DQO de 70-75 %. Segundo *Pol* (1986) o interesse no tratamento anaeróbio de efluentes industriais para proteção ambiental e recuperação de recursos renováveis está crescendo mundialmente. O tratamento anaeróbio particularmente oferece muitos atrativos principalmente para países em desenvolvimento. Simples , de baixo custo e efetivo para tratamento de efluentes e recuperação de energia, pode contribuir significativamente para a melhoria das condições de vida em países em desenvolvimento. O processo de digestão anaeróbia detém uma tecnologia razoavelmente simples, juntando um número de vantagens sobre os sistemas convencionais aeróbios de tratamento com pequenos, porém superáveis inconvenientes.

De acordo com o mesmo autor, como a capacidade de carga de um reator anaeróbio não é limitada pelo suprimento de algum reagente requerido, como oxigênio nos sistemas aeróbios, em princípio os potenciais de carga dos sistemas de tratamento anaeróbios são ditados por:

- A quantidade de biomassa viável que pode ser retido sob condições de alta carga;
- contato entre a biomassa viável e o efluente.

De acordo com *Calzada* (1990), a mineralização da matéria orgânica por um sistema microbiológico misto em condições de ausência de ar (ou fortemente redutoras) denomina-se geralmente digestão anaeróbia. Como todo o processo microbiológico, sofre influências do meio em que se desenvolve ( temperatura, umidade, pH, presença de compostos nutrientes ou tóxicos, relação entre os nutrientes, alcalinidade, etc.).

Segundo *Campos* (1990), os novos reatores foram concebidos fundamentalmente com base no melhor conhecimento dos processos anaeróbios e, principalmente, na verificação da viabilidade de



se dispor de diferentes maneiras para se conseguir tempos de detenção celular sensivelmente superiores aos tempos de detenção hidráulicos nas unidades de tratamento anaeróbio.

Para o autor, o aumento do tempo de detenção celular em relação ao tempo de detenção hidráulico nos reatores anaeróbios não convencionais tem sido conseguido através da construção de reatores cuja concepção e operação apoiam-se nos conceitos que serão descritos sucintamente a seguir.

- Retenção de microrganismos nos interstícios existentes em leito de pedra ou de outro material suporte adequado que constitui parte de um reator anaeróbio, com fluxo ascendente ou descendente;
- Imobilização de microrganismos através de sua aderência a superfícies de material particulado móvel;
- Produção de uma região no reator com elevada concentração de microrganismos ativos que, obrigatoriamente é atravessada (e misturada) pelo fluxo ascendente dos despejos a serem tratados. Esse princípio é explorado nos reatores com manta de lodo ("Upflow Anaerobic Sludge Blanket" - UASB) e nos reatores anaeróbios com chicanas, que, em essência, tratam-se de uma modificação do reator UASB.

Segundo *Pol* (1986) todos os sistemas modernos de tratamento anaeróbio de alta taxa são baseados em algum tipo de princípio de imobilização do lodo afim de reter a maior quantidade de biomassa viável possível.

Segundo *Pol* (1986), a grande descoberta do tratamento anaeróbio de efluentes, sem dúvida, pode ser atribuído ao desenvolvimento dos processos de tratamento de alta taxa. Além das vantagens comuns aos sistemas de baixa e média taxa a importância adicional destes sistemas é:

- tratamento anaeróbio torna-se exequível a baixas temperaturas ambientes;
- Os Efluentes de muito baixa carga podem ser tratados eficientemente;
- Instalações compactas podem ser utilizadas;
- Os reatores são geralmente simples (e de baixo custo) de construção;
- Os custos operacionais e de operação são geralmente baixos;
- processo é aplicável em pequena e grande escala;
- Apresentam grande resistência a choques de carga, bem como a variações das condições físico-químicas do sistema.

### **3. Materiais e Métodos**

#### **3.1. Materiais**

##### **3.1.1. Reator**

O reator UASB foi construído em fibra de vidro com um volume total de 135 L constituindo-se de uma base cilíndrica de 200 mm de diâmetro e altura de 1000 mm e um cone com uma altura de 500 mm e um diâmetro de 780 mm, sua parte superior. Dentro do reator, na região do cone, está situado o sistema de captação e armazenamento de gás, o qual é constituído por um outro cone invertido.

O reator dispõe de um sistema de coleta de amostras situado na metade da altura da parte cilíndrica. A alimentação controlada por gravidade, através de um tanque de alimentação de 100 L situado a uma cota superior à descarga do reator.

##### **3.1.2. Decantador Primário**

O decantador foi construído em aço inox com um formato cônico com uma altura de 1000 mm e diâmetro superior de 500 mm totalizando um volume de 70 L, graduado internamente. Na parte inferior está localizada a válvula de descarte de lodo.

##### **3.1.3. Lodo Inoculante**

O lodo utilizado para inocular o reator era proveniente de um reator aeróbio, tipo Lodo Ativado, de estação de tratamento de efluentes de uma indústria de Celulose, localizada a cerca de 250 Km do laboratório.

##### **3.1.4. Efluente**

O efluente estudado era composto pelo licor residual do processo e pelas água de lavagem da pasta.

##### **3.1.5. Local da Pesquisa**

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Celulose e Efluentes – LACE, da Escola Técnica Federal de Pelotas – ETFPEL.

#### **3.2. Metodologia**

##### **3.2.1. Inoculação**

O lodo foi retirado do reator aeróbio em operação industrial, transportado para o laboratório em bombona plástica com um volume de 50 L e transferido para o reator anaeróbio piloto. A transferência do lodo para o reator foi feita após um período de 10 dias estocado na bombona de transporte, em total ausência de oxigênio, afim de viabilizar as bactérias anaeróbias estritas. O lodo, após transferido para o reator, foi completado com água ao volume total do mesmo e

deixado em repouso por um período de 21 dias, após o que começou a surgir o biogás, o qual foi detectado e queimado, o que comprovava a existência de metano.

### **3.2.2. Preparação do Afluente ao Reator**

O cozimento foi feito em uma autoclave elétrica, utilizando o hidróxido de cálcio como agente deslignificante, à temperatura constante de 96°C, durante 120 minutos. O licor residual foi separado da pasta celulósica obtida e conduzido à planta piloto de tratamento para o estudo da tratabilidade.

A pasta passou por três lavagens consecutivas e o volume utilizado foi recolhido e misturado ao licor residual. Esse efluente resultante foi o utilizado no teste de tratabilidade.

O efluente resultante foi colocado no decantador primário, onde o pH foi corrigido com dióxido de carbono até  $7,0 \pm 0,5$  e deixado em repouso por uma hora. Após o que, o lodo decantado foi removido e o sobrenadante teve os seus teores de nitrogênio e fósforo corrigidos, utilizando uréia e ácido fosfórico, com a finalidade de manter no reator as seguintes relações: DQO/N = 70 e DQO/P = 300.

Também foi adicionado o cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), a fim de manter uma concentração de 50 mg/L de  $\text{Fe}^{+3}$  como micronutriente ao lodo anaeróbio e auxiliar na formação do floco de lodo.

### **3.2.3. Alimentação do Sistema**

Na fase inicial de aclimação, o efluente foi diluído em água antes de alimentar o reator. A concentração do efluente foi corrigida semanalmente e variou de 5 a 100%. Esse sistema permitiu a adaptação das bactérias existentes no lodo. O reator foi alimentado 12h por dia com 150L de afluente, correspondente a três turnos de trabalho do laboratório. O controle do tempo de detenção hidráulico foi feito pela medida de vazão de descarga, realizada de hora em hora.

Não houve a necessidade de descarte de lodo durante o período de posta em marcha do reator.

### **3.2.4. Monitoramento do Sistema**

As amostras para análises de rotina foram coletadas diariamente na alimentação e descarga do reator e uma vez por semana foi feita uma análise completa onde foram analisados todos os parâmetros. As amostras operacionais para análises de pH, temperatura, acidez volátil, alcalinidade total e sólidos suspensos, foram tomadas na altura média da manta de lodo do reator e analisadas diariamente com o objetivo de controlar o processo.

As análises físico-químicas foram feitas segundo metodologia descrita no Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. As análises realizadas foram: Demanda Química de Oxigênio (DQO), pH, Alcalinidade, Acidez volátil total (por destilação e titulação), Nitrogênio total (Kjeldahl) e amoniacal, Fósforo total, Sólidos sedimentáveis, Sólidos totais, Sólidos Suspensos e Sólidos dissolvidos (Fixos e Voláteis).

Foram considerados dois valores para a determinação da Demanda Química de Oxigênio (DQO): A DQO total, obtida pela análise de uma alíquota integral da amostra coletada; A DQO solúvel, obtida pela análise de uma alíquota da amostra coletada, após filtração.

Abaixo apresentamos uma comparação entre o sistema tradicional de cozimento e o modificado pela introdução do cal e da ETE. A ETE proposta foi aplicada para a substituição da recuperação química do processo.

Figura 1. Diagrama de Blocos do Processo Soda Convencional

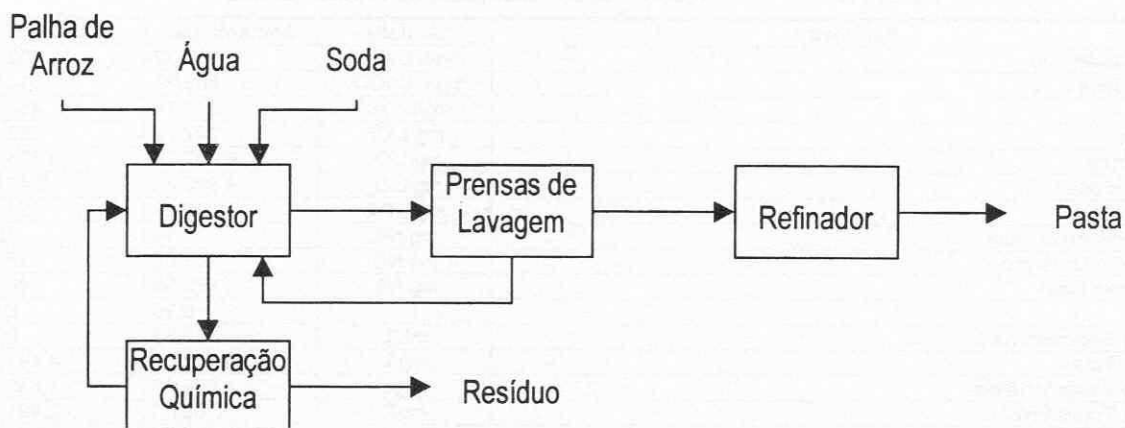
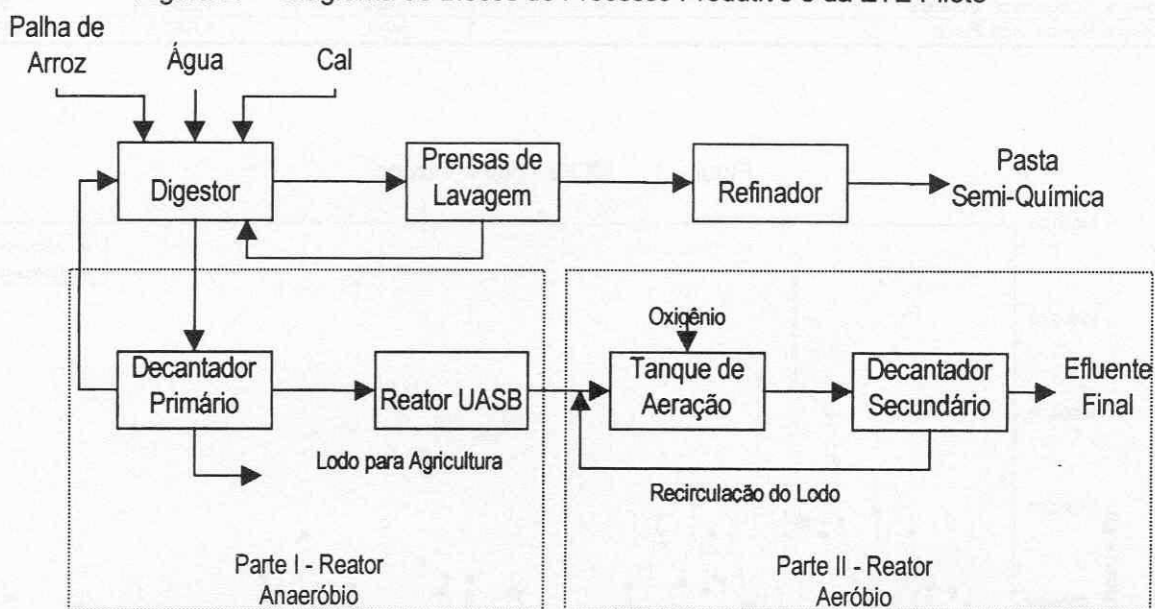


Figura 2. Diagrama de Blocos do Processo Produtivo e da ETE Piloto



## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Resultados

Tabela I. Simulações do sistema de lavagem

Dados	Unidade	Licor Bruto	1ª Lavagem	2ª Lavagem	3ª Lavagem
Alcalinidade 4,30	mg/L CaCO <sub>3</sub>	6.203,71	2.733,33	889,89	422,73
Alcalinidade 5,75	mg/L CaCO <sub>3</sub>	5.462,34	2.250,88	670,67	300,97
Cálcio	mg/L Ca <sup>+2</sup>	1.269,55	327,72	175,61	134,72
Cloretos	mg/L Cl <sup>-</sup>	460,15	106,01	76,61	60,72
DQO Bruta	mg/L O <sub>2</sub>	11.287,87	2.963,32	1.474,51	940,56
DQO Filtrada	mg/L O <sub>2</sub>	9.787,58	3.949,98	1.030,00	614,41
Fósforo Total	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	21,32	10,66	7,31	5,48
Nitrogênio Amoniacal	mg/L N/L	12,34	3,32	3,27	4,66



(Continuação Tabela I.)

Nitrogênio Total	mg N/L	104,31	27,44	12,72	9,36
pH		12,09	11,33	10,77	10,46
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	21,03	5,80	9,89	12,00
Sólidos Totais	mg/L	16.018,85	5.845,22	2.674,00	1.873,43
Sólidos Totais Fixos	mg/L	8.371,93	3.474,56	1.355,14	789,00
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	7.196,81	2.370,67	1.337,78	1.084,43
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	11.929,29	2.638,25	1.496,75	905,43
Sólidos Dissolvidos Fixos	mg/L	5.490,96	1.400,38	674,13	400,14
Sólidos Dissolvidos Voláteis	mg/L	5.697,36	1.252,25	810,75	505,29
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	4.358,23	3.289,13	1.188,75	968,00
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	3.078,00	2.113,50	639,00	388,86
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	1.653,96	1.310,63	521,63	617,71

Tabela II. Resumo dos Resultados do Reator UASB

Parâmetro	Unidade	Alimentação	Descarga
Alcalinidade 4,30	mg/L CaCO <sub>3</sub>	2.168,32	1.362,56
Alcalinidade 5,75	mg/L CaCO <sub>3</sub>	889,38	614,86
Cálcio	mg/L Ca <sup>+2</sup>	576,71	454,39
Cloretos	mg/L Cl <sup>-</sup>	322,72	288,29
DQO Bruta	mg/L O <sub>2</sub>	6.087,79	3.623,77
DQO Filtrada	mg/L O <sub>2</sub>	4.940,48	3.473,1
Fósforo Total	mg/L P/L	25,89	21,98
Nitrogênio Amoniacal	mg N/L	7,14	18,2
Nitrogênio Orgânico	mg N/L	61,82	28,25
Nitrogênio Total	mg N/L	68,96	46,45
pH		6,96	6,91
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	115,83	0,15
Sólidos Totais	mg/L	8.142,36	4.441,57
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	4.075,56	1.833,83
Sólidos Totais Fixos	mg/L	3.881,5	2.491,72
Sólidos Dissolvidos	mg/L	5.167,69	3.947,2
Sólidos Dissolvidos Voláteis	mg/L	2.789,53	1.524,6
Sólidos Dissolvidos Fixos	mg/L	2.374,4	2.189,07
Sólidos Suspensos	mg/L	3.146,03	610,2
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	1.221,94	381,13
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	1.642,63	253,63

Figura 3. DQO Total x Tempo

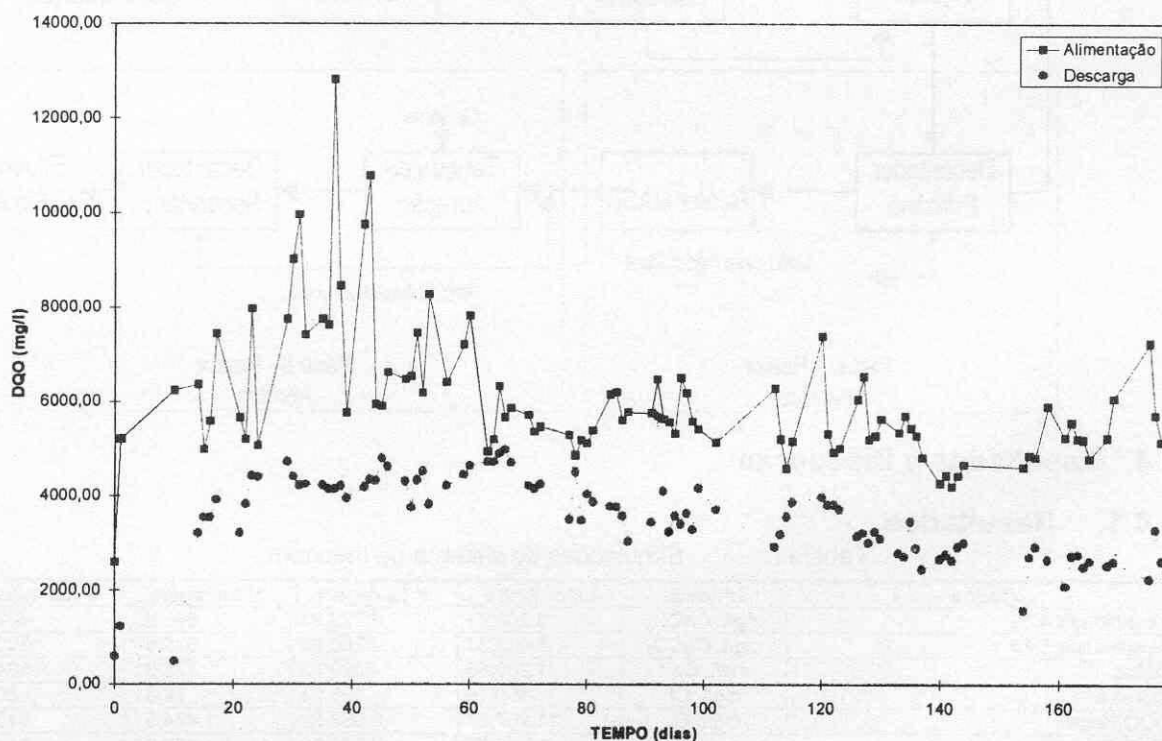


Figura 4. DQO Solúvel x Tempo

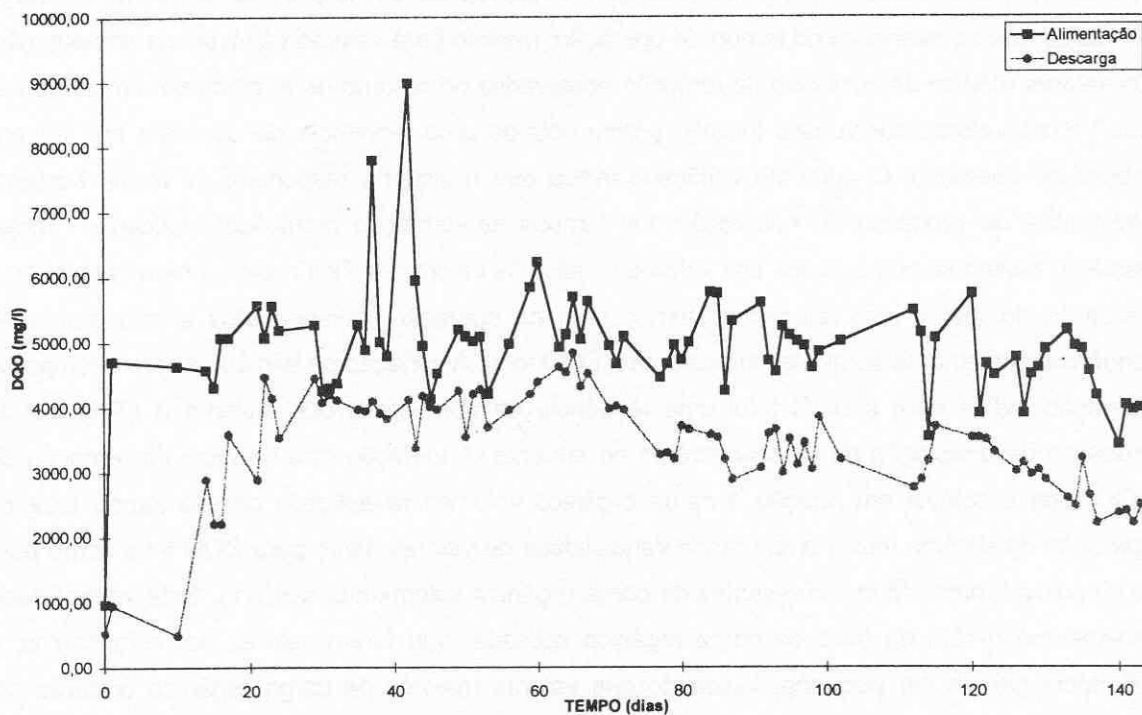
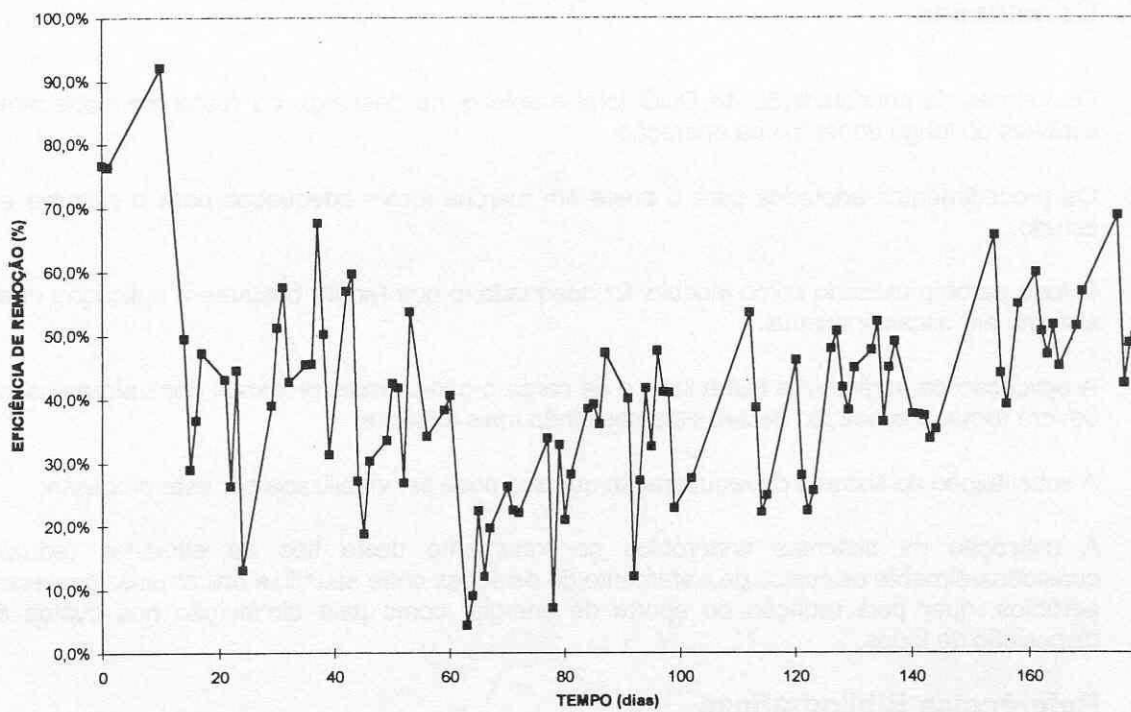


Figura 5. Eficiência x Tempo



## 4.2. Discussão

Os valores de DQO total na alimentação e descarga do reator com relação ao tempo total de operação, apresentados nos gráficos mostram a tendência de diminuição dos valores de descarga a medida que se avançava no tempo de operação, mesmo para valores variáveis na alimentação. Os valores médios de eficiência de remoção observados no resumo geral ainda sofrem influência dos baixos valores dos meses iniciais, porém nota-se uma tendência de aumento nos últimos meses de operação. O aumento verificado indica que o sistema respondeu de forma bastante satisfatória ao processo de adaptação. Os tempos de detenção hidráulicos aplicados foram bastante baixos se comparados aos valores usuais. Os valores de DQO solúvel na alimentação e descarga do reator com relação ao tempo total de operação, apresentados apresentam uma tendência semelhante ao que acontece com a DQO total. A variação da eficiência com o tempo de operação indica para a DQO total uma tendência de aumento o que salienta a eficiência do processo de adaptação do lodo anaeróbio ao efluente. A variação da eficiência de remoção de DQO total e solúvel em relação à carga orgânica volumétrica aplicada para o tempo total de operação do sistema indica uma grande variabilidade de valores, tanto para DQO total como para DQO solúvel, para valores crescentes de carga orgânica volumétrica aplicada. Esta variabilidade mostra que dentro da faixa de carga orgânica aplicada, que foram valores bastante baixos, a influência parece ser pequena, indicando que valores maiores de carga orgânica poderão ser aplicados sem perda ou até mesmo com ganho de eficiência de remoção.

As eficiências de remoção indicam a adequabilidade do processo de posta em marcha para o tratamento de efluentes da produção de celulose a partir da palha de arroz.

## 5. Conclusões

- Os valores da concentração de DQO total e solúvel na descarga do reator permaneceram estáveis ao longo do tempo de operação.
- Os procedimentos adotados para a posta em marcha foram adequados para o sistema em estudo.
- O lodo aeróbio utilizado como inoculo, foi adequado, o que facilita bastante a aplicação deste sistema em escala industrial.
- A aplicação de parâmetros hidráulicos e de carga orgânica mais próximos dos valores usuais deverá tornar a aplicação destes sistemas ainda mais atraente;
- A substituição do sistema de recuperação química pode ser viabilizada por este processo;
- A utilização de sistemas anaeróbios no tratamento deste tipo de efluentes reduzirá consideravelmente os custos de tratamento de estações onde se utilize unicamente processos aeróbios, quer pela redução do aporte de energia, como pela diminuição nos custos de disposição de lodos.

## 6. Referências Bibliográficas

1. 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.

2. CALZADA, J. F. Digestion anaerobica en America Latina - aspectos generales In: TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES EN AMERICA LATINA, 1990, Cidade do México. *Anais...* Cidade do Mexico: UAM - I, Universidad Autónoma Metropolitana, 1990. 367 p. p. 67-71.
3. CAMPOS, J.R. Projeto e operação de filtros anaeróbios para tratamento de efluentes líquidos industriais. In: TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES EN AMERICA LATINA, 1990, Cidade do México. *Anais...* Cidade do Mexico: UAM - I, Universidad Autónoma Metropolitana, 1990. 367 p. p.133-77.
4. CANTERA, E.; GARRALÓN, G.; SANTAMARÍA, J. Diseño y construccion de una planta de tratamiento de aguas residuales experiencia en saica. *El Papel*, [ s.l. ] p. 39-44, Fev/Mar. 1993.
5. FORESTI, E. Fundamentos do processo de digestão anaeróbia. In: TALLER Y SEMINARIO LATINOAMERICANO "TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES", III. 1994, Montevideo, *Anais...* Montevideo: Universidad de La Republica, 1994. 476 p. p. 97-110.
6. GERBER, W. e SACON, V.; Alternativa Tecnológica, Papel e Papelão de Palha e Casca de Arroz. 24º Congresso de Celulose e Papel da ABTCP. 25-29 novembro 1991. São Paulo, Brasil.
7. LOPES, D. D. & CAMPOS, J. R. Efeito do N-amoniaco na atividade metanogênica durante a degradação da peptona. In: TALLER Y SEMINARIO LATINOAMERICANO "TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES", III. 1994, Montevideo, *Anais...* Montevideo: Universidad de La Republica, 1994. 476 p. p.391-95.
8. POL, L. H. & LETTINGA, G. New Technologies for Anaerobic Wastewater Treatment. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE TRATAMENTO ANAERÓBIO EM PAÍSES TROPICAIS, 1986, São Paulo. *Anais...* São Paulo: CETESB, 1986. "não paginado".
9. RIN, B. P. & ALMEIDA, S. Simbologia recomendada para os processos de tratamento de efluentes. *Engenharia Sanitária*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 119-21, abr./jun. 1988.
10. VERAS, H. F. Processo de Tratamento de Efluentes de Curtume. Dissertação de mestrado. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1989. 118 p.
11. VIEIRA, S. M. M., Tratamento Anaeróbio de Esgotos domésticos. In: 5º INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANAEROBIC DIGESTION, 1988, Bologna Itália, "não paginado".