



Sistema de Tratamento de Efluentes com Plantas Aquáticas Emergentes (PAE) para o Processo de Parboilização de Arroz

Guilherme Schülz¹, Liliana Amaral Féris², Nádia Teresinha Schröder³

¹ Diretor da Empresa Bioma Pampa Ecologia (guilherme@biomapampa.com.br)

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia: Energia, Ambiente e Materiais (PPGEAM) da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), (liliana.feris@terra.com.br)

³ Programa de Pós-Graduação em Engenharia: Energia, Ambiente e Materiais (PPGEAM) da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) (nadia.schroder@gmail.com)

Resumo

O processo industrial de parboilização de arroz produz grandes volumes de efluentes que contêm altas concentrações de fósforo, matéria-orgânica, nitrogênio e sólidos suspensos. Estes efluentes possuem altas temperaturas e forte odor, que acabam degradando a qualidade ambiental hídrica se não forem devidamente tratados. A fim de evitar a degradação ambiental, as plantas aquáticas emergentes (PAE) têm sido utilizadas em banhados construídos para o tratamento de efluentes contaminados. Estes sistemas apresentam baixo custo de operação, baixo consumo energético e simplicidade operacional. Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a eficiência da Taboa (*Typha dominguensis*), Espadana (*Zizaniopsis bonariensis*) e Junco (*Scirpus californicus*) em sistema de tratamento de efluentes da indústria de arroz parboilizado. Este sistema foi formado por três banhados construídos (PAE 01, 02 e 03), sendo necessária a montagem da camada suporte utilizando-se diferentes substratos. Os parâmetros analisados foram pH, Temperatura, DBO₅, DQO, Cálcio, Fósforo Total, Nitrogênio Ammoniacal, NTK e Sólidos Suspensos. Os parâmetros DBO₅, DQO, Sólidos Suspensos e Nitrogênio Ammoniacal, estavam dentro dos padrões de emissão, exceto em duas análises de Fósforo Total e de NTK que não atingiram os padrões de emissão estabelecidos pela legislação ambiental. O percentual médio de remoção de poluentes no sistema proposto neste estudo foi de 83%, sendo considerado satisfatório, em virtude das características do efluente.

Palavras-chave: Plantas aquáticas emergentes. Tratamento de efluentes. Banhados construídos.

Área Temática: 6 – Tecnologias Ambientais

Abstract

*The process of parboiling rice industry produces large volumes of wastewater containing high phosphorus, organic matter, nitrogen and other contaminants concentrations. These effluents present high temperatures and strong odor, which can degrade the environmental quality of surface and groundwater if not properly treated. In order to prevent environmental deterioration, emergent aquatic plants (EAP) have been used as filters, built in wetlands, for the treatment of contaminated effluents. The advantages of its use are the low cost of operation, low energy consumption and operational simplicity. In this context, this study aimed to evaluate the efficiency of Taboa (*Typha dominguensis*), Espadana (*Zizaniopsis bonariensis*) and Junco (*Scirpus californicus*) in systems for wastewater treatment of the parboiling rice industry. The effluent treatment system applying emergent aquatic plants proposed in this study indicated efficient removal of pollutants.*

Key words: *Emergent aquatic plants. Wastewater treatment. Wetlands.*

Theme Area: 6 - Environmental Technologies



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

1 Introdução

O estado do Rio Grande do Sul (RS) é um importante pólo de produção de alimentos, o que torna a agroindústria a principal atividade econômica da região. A indústria de arroz parboilizado com beneficiamento de 3.442.537 t/ano, representa mais de 1/3 da produção nacional (IBGE, 2006; IRGA, 2006). Esta atividade produz cerca de 4m³ de efluentes por tonelada de grão industrializado (LOPES et al., 1999).

Os efluentes da parboilização de arroz possuem grandes concentrações de Fósforo, matéria-orgânica e Nitrogênio acima dos limites permitidos pela legislação ambiental, além de altas temperaturas e odor. São, geralmente, tratados por reatores anaeróbios e por lodos ativados de forma satisfatória, mas exigem altos investimentos e corpo técnico qualificado, além de tratamento complementar (METCALF e EDDY, 1991; WEF, 1994).

Os sistemas com plantas aquáticas emergentes (PAE) apresentam grande potencial para tratamento de atividades industriais, domésticas e agrícolas como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios ou como etapa única de tratamento secundário. Estes sistemas visam à remoção de cor, sólidos suspensos, matéria orgânica, nutrientes, metais, patogênicos, entre outros (WEF, 1990).

O dimensionamento deste sistema é projetado para receber uma carga maior de efluente, em uma área menor, observada as condições específicas do local de implantação permitindo sua construção em, praticamente, qualquer tipo de terreno e de clima, além de ser facilmente controlado e monitorado. Na composição da camada suporte deste sistema, tipo e a granulometria dos substratos devem ser analisados, pois afetam física, química e biologicamente a regulação dos mecanismos de remoção (CALHEIROS et. al, 2007; WEF, 1994). A remoção de nutrientes, matéria orgânica e organismos patogênicos do efluente é diretamente influenciada pela densidade das plantas por unidade de área capacidade de adaptação, crescimento, capacidade de transferência de O₂ para a zona de raízes, composição do efluente, regime hídrico adotado e clima (WEF, 1993).

Considerando que o tratamento de efluentes é uma exigência legal (Resolução nº 128/2006 do Conselho Estadual de Meio Ambiente - CONSEMA), apresenta-se uma tecnologia de baixo custo de investimento e manutenção e consumo mínimo de energia, além do uso de recursos naturais regionais para o tratamento de efluente da indústria de parboilização de arroz. Para este estudo realizou-se do projeto técnico à construção, funcionamento e monitoramento através um sistema de contenção de sólidos e três banhados artificiais com plantas aquáticas emergentes visando a remoção de nutrientes.

2 Metodologia

A área da Estação de Tratamentos de Efluentes (ETE), em estudo, está localizada na RS 030, entre as coordenadas geográficas 29° 51' 30 "latitude S e 50° 31' 16" longitude W, do município de Santo Antônio da Patrulha, RS.

O antigo sistema de tratamento de efluentes do processo de parboilização de arroz era muito simples e não atendia aos padrões de emissão estabelecidos pela legislação ambiental. No local havia três lagoas facultativas, assoreadas apresentando forte odor.

Como diagnóstico inicial, verificou-se a necessidade de modificação desse sistema, com a adoção das seguintes medidas: modificação do sistema de filtragem do efluente; implantação de tanques a fim de uniformizar a vazão do efluente bruto e baixar sua temperatura; modificação e redimensionamento de um novo sistema. Assim sendo o sistema de tratamento com plantas aquáticas emergentes (PAE) foi projetado e dimensionado para funcionar como um sistema secundário de tratamento constituído por três banhados construídos (PAE 01, PAE 02 e PAE 03) de fluxo sub-superficial, dispostos em cascata para aproveitar a declividade do terreno e a gravidade, dispensando o uso de bombas para



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

alimentá-los. Foi necessária a seleção de substratos para a composição da camada suporte que visa diminuir a mortandade inicial dos propágulos e aumentar os índices de brotação dos mesmos, no sistema de tratamento. Os substratos foram selecionados por apresentarem permeabilidade, sustentação das plantas adultas, favorecimento ao desenvolvimento das raízes, neutralidade, capacidade de filtração e facilidade de aquisição e manejo. Foram distribuídos em camadas, sendo a final nivelada, devido a inexistência de desnível e formação de lâmina d'água. Previamente à colocação dos substratos, foi inserido um leito de calcário, no início e fim de cada banhado, com extensão de 50 cm de largura e 80 cm de altura, permanecendo um espaço livre de 50 cm para entrada e saída do efluente.

Plantas Aquáticas Emergentes

Das plantas aquáticas enraizadas, com registro no RS, foram selecionadas espécies com ocorrência na região do projeto facilitando a coleta e a reposição dos espécimes; com capacidade de absorção de nutrientes; com adaptação natural ao clima local e resistência às variações climáticas; com raízes mais profundas e tuberosas; com capacidade de transferência de oxigênio para as raízes; com adaptação à camada suporte e facilidade de propagação na mesma.

Das espécies selecionadas, somente uma espécie foi encontrada na região da área em estudo em quantidade suficiente para ser utilizada no sistema de tratamento. As outras duas espécies foram adquiridas junto ao Banhado São Gonçalo, em Pelotas/RS, distante 320 km do local do plantio.

A coleta dos propágulos das espécies selecionadas ocorreu de forma simples, sendo retirados com torrões para evitar danos às partes subterrâneas. No mesmo local, os rizomas e raízes foram lavados até ficarem limpos. O preparo das mudas para garantir o enraizamento e reduzir a mortalidade se deu pela secção da parte aérea a uma altura de 30-40 cm e dos rizomas a 10-15 cm de comprimento. As raízes das espécies foram deixadas com 5 cm de comprimento, no máximo. Os propágulos permaneceram cortados por um período inferior a 24h e protegidos do sol desde sua coleta até o transporte, em um caminhão com caçamba aberta, para a estação de tratamento, onde foram utilizados.

Sulcos de, aproximadamente, 15 cm de profundidade e de diâmetro foram escavados para efetuar o plantio das mudas. Esta profundidade se fez necessária para cobrir todas as dimensões dos rizomas. As mudas permaneceram em solo encharcado com uma lâmina d'água de 10cm pelo período de um mês.

Monitoramento

O monitoramento foi quinzenal, *in loco* e os critérios observados foram: coloração das folhas, crescimento da parte aérea, densidade das plantas a partir do plantio do propágulo, resistência das plantas às variações climáticas e ao estresse natural provocado pela mudança de habitat ou pelas características do sistema de tratamento, capacidade de adaptação das espécies à camada suporte, capacidade de absorção de nutrientes, aparecimento de plantas invasoras, vazão do efluente e altura da lâmina d'água.

As análises dos parâmetros DBO₅, DQO, pH, temperatura, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, NTK, Cálcio e sólidos suspensos foram realizadas no Laboratório Quimio-ambiental Ltda. de Porto Alegre, Licenciado pelo CRQ - 5ª Região e cadastrado na FEPAM sob nº 18/2008.



3 Resultados e Discussão

Dimensionamento do Sistema Proposto (PAE)

O sistema de tratamento PAE foi dimensionado para receber o efluente bruto filtrado após a passagem em sistema de grades a fim de adequá-lo e tratá-lo visando os padrões de emissão ambiental.

Os banhados artificiais foram construídos com dimensões idênticas (30m de largura, 22m de comprimento e profundidade útil de 0,8m) para facilitar a montagem e simplificar a operação.

Os sistemas, de alimentação e descarga de cada PAE, foram controlados por duas tubulações de 100 mm, eqüidistantes, distribuídas ao longo dos 30 m de largura de cada banhado, montadas com saídas de 0,75m de altura que possibilitaram a regulagem, junto às caixas de repartição, nos taludes. Esta medida facilitou a operação, para que em períodos pré-determinados se possa aumentar ou diminuir a lâmina do efluente possibilitando uma otimização na manutenção do sistema.

Antes da montagem da camada suporte para a construção dos banhados, a base foi impermeabilizada e limpa, permanecendo isenta de lodo, efluente ou outro material; na seqüência, os taludes laterais, foram também impermeabilizados e compactados.

Previvamente, o efluente passou por um tanque de filtração e por dois tanques de alvenaria impermeabilizados (equalização e resfriamento), todos com peneiras, sendo retido por um período mínimo de 4h e máximo de 6h. A construção de um sistema para retenção de sólidos do efluente, antes do tratamento com PAE, foi fundamental para que não ocorresse contaminação de casca e cinzas de arroz no sistema projetado, evitando entupimentos e a criação de caminhos preferências na camada suporte. A retirada destes sólidos possibilitou também a diminuição da matéria orgânica.

Camada Suporte

Os substratos selecionados para a composição da camada suporte foram areia grossa e brita (0 e 1) nos três banhados construídos, além do calcário utilizado na entrada e na saída de cada um deles.

No banhado 01 a camada suporte foi composta por um estrato inferior de 15cm de brita 1 (índice de vazios de 65-70%); um estrato intermediário de 55cm dividido em 50% de brita 0 (índices de vazios de 55-60%) e 50% de brita 1 e uma camada superior de 10 cm de brita 0 e areia grossa (índice de vazios de 40% e granulometria compatível com a retenção na malha de 8 mm), também na proporção de 50% para cada tipo de substrato. Nos banhados 02 e 03, a composição dos estratos inferior e superior, foi idêntica aos do banhado 01, porém a camada intermediária foi composta por 50% de areia grossa e 50% de brita 1. No banhado 01 não foi usado areia grossa, na camada intermediária, para evitar o preenchimento dos espaços vazios e a criação de caminhos preferenciais, principalmente pelos sólidos de entrada do efluente bruto. A utilização de areia grossa nos banhados 02 e 03 foi devido à capacidade de filtração e uma capacidade de criação de zona aeróbia para nitrificação maior do que a brita.

Os substratos utilizados para a composição da camada suporte apresentaram permeabilidade, fixação de nutrientes do efluente, capacidade de filtração, capacidade de sustentação das plantas adultas e favorecimento ao desenvolvimento de raízes de 20-30 cm.

As brita 0 e 1 utilizadas foram importantes na sustentação das plantas, na drenagem do efluente e na distribuição por toda a célula. A areia grossa apresentou resultados favoráveis tanto para o desenvolvimento das plantas como para a retenção e eliminação de nutrientes do efluente. O calcário demonstrou ter capacidade de distribuição do efluente em todos banhados, principalmente, pelas características morfológicas e pela média granulométrica. Seu uso, neste estudo, está relacionado à precipitação do fósforo em fosfato de cálcio devendo



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

ser, posteriormente, analisado quanto ao tempo de saturação da capacidade de precipitação deste nutriente.

A criação de caminhos preferenciais significativos no sistema, aumento de lâmina d'água, por motivos de entupimentos ou saturação das camadas suporte e acréscimo de nutrientes não foram observados.

Plantas Aquáticas Emergentes

A Taboa (*Typha dominguensis*) Pers., foi selecionada por ser resistente; a Espadana (*Zizaniopsis bonariensis*) (Balansa & Poitr.) Speg. e o Junco (*Scirpus californicus*) (C. A. Meyer) Steud. foram escolhidas pela remoção de nitrogênio. Estas espécies se mostraram resistentes às condições edafo-climáticas adversas, às variações de temperaturas e eficazes quanto à remoção de nutrientes e matéria orgânica do efluente e adaptação aos substratos artificiais, porém os resultados indicaram um estresse no estabelecimento inicial dos propágulos como principal causa de mortalidade.

A distribuição das mudas nos banhados obedeceu a um distanciamento de 0,50m nas linhas laterais (largura do banhado) e de 1,0m nas linhas longitudinais (comprimento do banhado, sentido do fluxo do efluente). O dimensionamento de cada banhado totalizou uma área útil de 660 m², sendo necessárias duas mudas/m² de banhado totalizando 1.320 mudas de cada espécie para o povoamento inicial. O total de mudas utilizadas, independente da espécie selecionada foi 3.960 mudas.

A Taboa povoou o primeiro banhado (PAE 1) e apresentou um sistema radicular vigoroso, resistência ao efluente bruto (grande carga orgânica e de nutrientes), sem rejeição aos substratos artificiais utilizados na composição das camadas suporte. Observou-se uma mortalidade inicial de espécimes de 30%, na entrada do banhado 01, sendo necessário um replantio de 150 mudas na área afetada, sem necessidade de poda posterior.

A Espadana foi utilizada no segundo banhado (PAE 2) e foi a que apresentou maior densidade, sistema radicular vigoroso e nenhuma rejeição aos substratos artificiais, sendo, também, bastante tolerante às mudanças de temperatura. A taxa de mortalidade inicial foi 10%, no estabelecimento dos propágulos, não ocorrendo posteriormente. Não foi necessária a retirada de biomassa seca e nem a poda.

O Junco foi plantado no terceiro banhado (PAE 3) e apresentou sistema radicular vigoroso e funcional para o sistema de tratamento proposto, nenhuma rejeição aos substratos utilizados, resistência ao efluente em estudo, menor taxa de densidade e consequentemente menor quantidade de biomassa. A taxa de mortalidade dos propágulos foi de 35% sendo satisfatório considerando a mudança nas condições naturais de desenvolvimento da espécie. A ausência de lâmina d'água foi um fator determinante para o seu lento crescimento, quando comparado com as outras espécies testadas. Em condições naturais, o juncos, encontra-se em locais com lâmina d'água acima de 10 cm.

Monitoramento do efluente

O plantio das mudas na ETE foi realizado em março/2008 com visitas técnicas quinzenais para avaliar o sistema implantado e realizar a sua manutenção. O sistema PAE teve sua operação colocada em funcionamento em outubro/2008, após sete meses do plantio dos propágulos.

O monitoramento visual das plantas aquáticas emergentes indicou que, durante os quatro primeiros meses, a brotação e o crescimento das mudas de Taboa e Espadana (PAE 1 e PAE 2) foram biologicamente satisfatórios, enquanto que as de Junco (PAE 3) foram abaixo do esperado devido às dificuldades de crescimento apresentadas, principalmente, pelas baixas temperaturas no outono e pelo seu plantio não ter sido efetivado na primavera. Após a adaptação e estresse inicial dos propágulos, o crescimento vegetativo das mudas de Taboa,



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

Espadana e Junco mostrou-se dentro do esperado, porém, houve necessidade de reposição de espécimes de Taboa no banhado 1, devido à mortalidade verificada em decorrência da alta temperatura de entrada do efluente (60° no efluente bruto de 2007 e 45°C no de 2009). Para evitar futuras intercorrências, foi construída nova caixa de retenção de efluente. O aparecimento de plantas invasoras junto aos taludes e na parte interna dos banhados, principalmente no PAE 3, foi registrado em todo o período de desenvolvimento do trabalho, sendo necessária a remoção e a colocação de brita.

A presença de espécies de pássaros como Pardal (*Passer domesticus*); Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*); Sabiá (*Turdus rufiventris*); João-de-barro (*Furnarius rufus*); Quero-quero (*Vanellus chilensis*); Galinhola (*Gallinula chloropus*); Pássaro-preto (*Gnorimopsar chopi*); Anu (*Crotophaga* sp.); Maçarico (*Tringa* sp.); Marreca-Pele-vermelha (*Dendrocygna* sp.); Pomba-rola (*Zenaida auriculata*); Cardeal (*Paroaria coronata*); Canário-da-terra (*Sicalis flaveola brasiliensis*); Coleirinho-do-brejo (*Sporophila collaris*) junto aos taludes dos banhados e junto às plantas aquáticas emergentes indicou que o sistema proposto tornou-se um ambiente que reproduz o habitat necessário para a manutenção de várias espécies de animais, mantendo uma cadeia alimentar adequada ao local.

Durante o monitoramento, verificou-se a necessidade de instalação de peneiras no tanque do efluente bruto e junto ao segundo tanque de recebimento do efluente da parboilização de arroz, para diminuir, ao máximo, a entrada de sólidos no sistema, principalmente casca e película de arroz, visando melhorar o sistema de filtragem. A canalização que liga os efluentes até os banhados do Sistema PAE, foi adequadamente instalada e corretamente nivelada. O efluente final, de saída do sistema, apresentou-se sem odor, límpido e sem alteração de cor no corpo receptor.

O resultados das análises químicas encontram-se identificados na Tabela 01, bem como os valores do efluente bruto de 2007 e de 2009, respectivamente, do efluente tratado de outubro/2008 a junho/2009 e o padrão de emissão da ETE estabelecidos na Resolução CONSEMA nº128/2006 e na Licença de Operação (LO) da empresa responsável pela atividade agroindustrial de parboilização de arroz.

Tabela 1: Valores dos parâmetros utilizados no monitoramento do efluente

Análises (mg/L)	Efluente Bruto		Efluente Tratado										Padrão LO CONSEMA 128/06	
			2008			2009								
	12/07	03/09	10	11	12	01	02	03	04	05	06			
Temperatura	60	45	24	22	25	23	26	25	21	17	19		40	
pH	4	4,8	7,0	7,2	7,0	7,5	7,4	7,3	7,5	7,4	7,0		6 a 9	
S.Suspensos	270	306	32	45	80	75	62	10	8	6	54		155	
DBO ₅	1.555	440	130	115	30	50	55	24	44	4,8	56		150	
DQO	1.892	576	330	280	226	246	272	110	151	70	250		360	
Fósforo Total	16	81	0,7	0,9	0,6	0,8	0,9	8,7	1,8	3,4	3,5		4	
N-NH ₃	0,7	74	2,3	6,5	2,8	4,9	8,7	13	14	12	15		20	
NTK	109	139	10	16	7,2	12	17,5	18	26	17	25		20	
Cálcio	-	47	-	-	-	-	-	22	25	13,5	21		-	

Os resultados indicam que os parâmetros DBO₅, DQO e Sólidos Suspensos, respectivamente, apresentaram-se dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº128/2006 em todas as amostras devido à diminuição de matéria orgânica no sistema PAE. Esta é justificada, de acordo Reddy apud WEF (1990) pela decomposição de microorganismos anaeróbios facultativos e aeróbios que utilizam o carbono orgânico como fonte de energia convertendo-o em biomassa bacteriana, dióxido de carbono e/ou metano. Na zona anaeróbia da camada suporte, corroborando com Giovannini (1997), a comunidade microbiana facultativa deve ter utilizado o nitrato como receptor de elétrons durante a oxidação da matéria orgânica. Além disso a matéria orgânica disponível foi utilizada no



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

crescimento e desenvolvimento vegetal encontrando-se diretamente relacionados com os índices de remoção destes nutrientes conforme citado por Gerber (2002).

A análise realizada em março/2009, coincidiu com o período de safra de arroz resultando num aumento na concentração de Fósforo Total (8 mg/L) que ultrapassou o padrão ambiental (4 mg/L). Este aumento foi devido à mudança de matéria-prima e/ou aumento da vazão do efluente bruto em 30% ocasionando uma queda na eficiência do sistema. No mês seguinte o padrão de emissão foi restabelecido.

O uso do calcário pode ter influenciado a eficiência na remoção e precipitação do fósforo do efluente, na forma de fosfato de cálcio - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. De acordo com WEF (1994), esta transformação é favorecida por valores de pH maiores que 7,0 como neste estudo. Este resultado pode possibilitar a redução e até a eliminação da dosagem de cal em sistemas de tratamento de efluentes, que é utilizado para a precipitação do fósforo. Em relação ao tempo de saturação da capacidade de precipitação do fósforo pelo calcário, sugere-se um estudo mais aprofundado.

Os valores de Nitrogênio Amoniacal ficaram dentro do padrão ambiental, enquanto que o NTK, nas análises realizadas em abril e em junho/2009, ultrapassou o padrão de 20 mg/L. Este resultado, também, pode estar relacionado ao período de safra de arroz, alteração na matéria-prima e/ou aumento da vazão do efluente bruto diminuindo a eficiência do sistema quanto à sua remoção.

4 Conclusões

O sistema de tratamento proposto neste estudo foi eficiente na remoção de nutrientes do efluente bruto, mesmo com variações nas condições de alimentação, podendo ser utilizado para o tratamento de efluente do arroz parboilizado.

A Taboa (*T. dominguensis*) e a Espadada (*Z. Bonariensis*) foram, das espécies selecionadas, as que melhor se adaptaram ao sistema de tratamento com plantas aquáticas emergentes tornando-o um habitat natural com coexistência de várias espécies de pássaros.

Todos os substratos tiveram o mesmo grau de importância na composição da camada suporte visando o desenvolvimento das plantas e remoção dos nutrientes do efluente.

Os índices de remoção, apesar de terem sido inferiores e apresentado variabilidade em relação aos publicados por WEF (1994), foram acima de 58%. O percentual médio de remoção foi de 83% sendo considerado satisfatório em virtude das características do efluente utilizado no estudo. A remoção de Fósforo poderá estar relacionada à utilização do calcário favorecendo a precipitação de fosfato de cálcio.

5 Referências

CALHEIROS C., RANGEL A.; CASTRO P. Constructed wetland systems vegetated with different plants applied to the treatment of tannery wastewater. **Water Research** v. 41, n 8, p. 1790-1798, 2007

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (CONSEMA) Resolução 128/2006. <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/pdf/Resolucao128Efluentes.pdf> acessado em 23 de abril de 2008.

GERBER, M. **Tratabilidade de efluentes em sistema com plantas aquáticas emergentes.** Dissertação (Mestrado). Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2002.

GIOVANNINI, S. G. **Estabelecimento e Desenvolvimento das Macrófitas Aquáticas**



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

(*Scirpus californicus*, *Typha subulata*, *Zizaniopsis bonariensis*) Sob Condições de Regimes Hídricos Diferenciados. Dissertação de Mestrado. IPH/UFRGS, Porto Alegre, Fevereiro de 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA - IBGE
www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao acessado em 11 de setembro de 2008.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DE ARROZ - IRGA www.irga.rs.gov.br/index.
acessado em 11 de setembro de 2008;

IRGANG, B., GASTAL, C. Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do RS. CPG-Botânica/UFRGS, Porto Alegre, 1996.

KASEVA M. F. Performance of a sub-surface flow constructed wetlands in polishing pre-treated wastewater- a tropical case study. **Water Research**, v.38, n.3, p. 681-687, 2004

LOPES, L. de F.; KOETZ, P. R.; SANTOS, M. S. dos Desnitrificação de Efluentes da Parboilização do Arroz no Topo de Reatores UASB. **Revista Brasileira de AGROCIÊNCIA**, v.5 n. 2, p. 157-160, 1999

METCALF E EDDY, INC. **Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse** – Third Edition. Revisado por George Tchobanoglous e Franklin Burton. New York: McGRAW - HILL BOOK COMPANY, 1991.

WEF-WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Biological and Chemical Systems for Nutrient Removal. **Public Water Environment Federation**. Alexandria, USA, 1994.

WEF-WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Natural Systems Digest. **Public Water Environment Federation**, Alexandria, USA, 1993.

WEF-WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Natural Systems for Wastewater Treatment. **Public Water Environment Federation**. Alexandria, USA. 1990.