

II-584 - TRATAMENTO DE EFLUENTES UTILIZANDO LAGOAS DE ALTA TAXA COM PRODUÇÃO DE ALGAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL – ANÁLISE DE CENÁRIOS

Eduardo Ribeiro Lovatel ⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Caxias do Sul. Mestrando em Engenharia de Processos e Tecnologias na Universidade de Caxias do Sul.

Lademir Luiz Beal ⁽²⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - CEP 95070-560 - Caxias do Sul - Brasil - Tel: (54) 3221-3659 - e-mail: erlovate@ucs.br/ llbeal@ucs.br

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo investigar a viabilidade técnico-ambiental do uso de lagoas de alta taxa, com a produção de microalgas, para o tratamento de efluentes líquidos municipais, em três diferentes cenários, sendo esses as cidades de Alegrete, Pelotas e Rio Grande. Sabe-se que as microalgas podem ter seus óleos extraídos e convertidos em biodiesel. O presente projeto obteve limites de descarga de efluentes abaixo dos limites estabelecidos pela resolução Consema 128/2006 e as seguintes produtividades de biodiesel diárias 13.753,98 (L.Ha⁻¹.ano⁻¹), 10.954,56 (L.Ha⁻¹.ano⁻¹), 13.213,08 (L.Ha⁻¹.ano⁻¹).

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel, Lagoas de Alta Taxa Microalgas, Tratamento de Efluentes.

INTRODUÇÃO

A falta de tratamento de esgotos domésticos e a crescente demanda por uma matriz energética limpa são dois problemas da atualidade. Paralelo a isso, há uma crescente demanda por tecnologias que possam mitigar os impactos ambientais, bem como, operar com reduzida demanda energética ou com fontes de energias alternativas.

Dessa forma, o presente resumo tem por objetivo estabelecer uma conexão entre ambas as situações, pelo uso de um sistema de tratamento de efluentes utilizando lagoas de alta taxa para retirar os nutrientes, matéria orgânica e patógenos das águas residuárias, conjuntamente produzindo algas capazes de serem extraídas para a produção de biodiesel.

Assim, esta proposta permite avançar na questão do saneamento, principalmente nas pequenas e médias cidades brasileiras, pois essas são as que tem menor estrutura e investimentos nesta área. Recentemente, o aumento do preço do petróleo e a necessidade de reduzir as emissões de gases do aquecimento global, como o dióxido de carbono, reativaram o interesse no biodiesel, que possui menores taxas de emissão em comparação aos combustíveis fósseis.

Ao contrário de todas as matérias-primas usadas na produção de biocombustíveis, é entendido que as microalgas são uma opção atraente e parecem representar a melhor fonte renovável com o potencial de satisfazer a demanda global por combustíveis líquidos, sem comprometer a produção de bens alimentares. (LUNDQUIST et al., 2010).

Para a produção de microalgas a técnica com maior viabilidade econômica é a utilização de lagoas de alta taxa ou *raceway ponds*, as quais apresentam elevada atividade fotossintética com consequente remoção de nutrientes (Nitrogênio e Fósforo). Esta tecnologia existe há algumas décadas, porém não foi totalmente explorada para posterior aproveitamento das microalgas cultivadas nesse processo.

A dupla utilização de cultivo de microalgas para tratamento de efluentes juntamente com a geração de biocombustíveis é, opção viável como solução para os problemas de saneamento e energia citados. Através desta tecnologia, é possível obter bons resultados em termos de redução do custo: de energia, da emissão de gases de efeito estufa, e de emissões de particulados. Em comparação com as tecnologias usuais, também há uma redução significativa da quantidade de água doce, quando usada para a geração de biocombustível a partir de microalgas. (PANDLEY et al., 2010).

Como microalgas não são cultivadas diretamente no solo, teoricamente qualquer tipo de terras, incluindo muitas terras não cultiváveis, podem ser exploradas para o cultivo de biomassa proveniente de algas. Microalgas podem utilizar águas residuais, água do mar, e outras formas de água produzida, que não podem ser introduzidas no sistema agrícola.

A produção de microalgas deve ocorrer através da utilização de lagoas de alta taxa, as quais são uma modificação de lagoas aeróbias, que tem uma baixa profundidade, 0,2 m – 0,5 m, necessitando assim, de grandes áreas a um baixo custo para sua viabilidade (PANDLEY et al., 2010).

Baseado em tecnologias atuais, o cultivo de microalgas para produção de biocombustíveis requer uma produtividade elevada para ser economicamente viável ou fornecer algum retorno positivo quando feito o balanço de energia. Essa alta produtividade pode ser alcançada pelo cultivo de microalgas em águas residuais. Este método de cultivo oferece um potencial real como um meio viável para a produção de biocombustíveis e é provável que seja uma das muitas abordagens utilizadas para a produção de energia sustentável e renovável no futuro. Mesmo sendo operadas em locais abertos e sujeitas à interferências do clima, é relatado na literatura ser possível obter produtividade de biomassa de até 25gm^{-2} por dia (PARK et al., 2011).

Sabendo que certas espécies de microalgas são capazes de retirar nitrogênio e fósforo de águas residuais, e de acumular grandes quantidades de triglicerídeos através de cultivo autotrófico, é razoável concluir que o cultivo de algas em águas residuais é uma técnica promissora para a produção integrada de biocombustíveis.

Existem fatores importantes que devem ser levados em consideração na seleção de áreas viáveis para esta tecnologia. Alguns parâmetros que afetam o desempenho desta tecnologia são, por exemplo: temperatura (não pode haver uma alta amplitude, para um melhor desempenho), insolação (deve haver uma grande quantidade de insolação na área escolhida, pois as algas são fotossintéticas), custo da área, por se tratar de lagoas de alta taxa, para o tratamento de efluentes, grandes áreas de terra são necessárias, logo um alto custo por hectare pode inviabilizar o projeto, (LUNDQUIST et al., 2010).

No cenário do Rio Grande do Sul, as regiões com melhor potencial para receber esta tecnologia são as regiões sul, oeste e possivelmente algumas cidades do centro do estado. Outra vantagem da implantação do sistema de tratamento de efluentes utilizando microalgas no estado do Rio Grande do Sul é que algumas das áreas potenciais têm problemas de cunho social, visto que são regiões com taxas de desemprego elevadas e de baixa industrialização. Logo, o sistema proposto pode auxiliar no fomento de um novo segmento econômico para a região, assim reduzindo o desemprego e invertendo o êxodo que hoje ocorre.

É importante atentar que como a matéria prima do biocombustível, neste caso, vem de um rejeito, que é o efluente doméstico bruto, então a proposta além de tratar os efluentes em nível terciário tem um foco na produção de um combustível a partir de fonte renovável. Além disso, esse projeto incentiva o investimento na drenagem e coleta do esgoto doméstico, pois quanto maior o volume de efluente bruto coletado, maior o potencial de produção de biocombustíveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Neste artigo serão analisados três municípios do estado do Rio Grande do Sul. Os municípios de Alegrete, Pelotas e Uruguai foram escolhidos devido às seguintes características: intensa radiação solar, médio porte e custo de terrenos relativamente baixo. As três localidades serão consideradas cenários distintos para a implantação do sistema de tratamento de efluentes proposto.

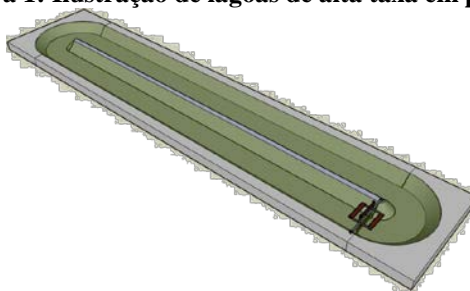
O sistema de tratamento para todas as cidades é composto de pré tratamento por gradeamento, caixa de areia, equalização de vazões, tratamento utilizando reatores UASB, com posterior tratamento pelas lagoas de alta taxa. O sistema de retirada das algas é composto por sedimentador de alta taxa, com posterior centrifugação. O sistema de produção de biodiesel é estimado por extração supercrítica e transesterificação alcalina.

Tabela 1: Comparativo de fatores de importância entre as cidades.

	Alegrete	Pelotas	Uruguaiana
Numero de habitantes	77.653	328.275	125.435
Área total do município (km ²)	7.804	1.610	5.716
Temperatura máxima média (°C)	31,5	29,0	31,7
Temperatura média (°C)	19,16	14,7	21,5
Temperatura mínima média (°C)	8,8	8,8	8,7
Radiação média (kJ.m ⁻²)	17.173,00	13.677	18.377,00
Vazão de tratamento L.s ⁻¹	18	125	50

As lagoas de alta taxa de produção de algas, desenvolvidas por Oswald (1960) na Califórnia, são atualmente utilizadas e estudadas em muitos países para o tratamento secundário dos esgotos. Consistem em reatores com forma de um canal de pequena profundidade, onde ocorre movimentação contínua em circuito fechado, similar aos valos de oxidação (TEIXEIRA PINTO e ONOYAMA, 1991), conforme figura 1.

Figura 1: Ilustração de lagoas de alta taxa em planta.



Fonte: Photobucket (2015)

Esse sistema é considerado um processo de tratamento de baixo custo que, maximizando a utilização da energia solar, propicia condições favoráveis para a estabilização da matéria orgânica, maior incorporação à biomassa de nutrientes dos esgotos e à inativação de patógenos, se comparado ao sistema de lagoa convencional

As principais diferenças entre as lagoas de alta taxa e as lagoas convencionais para o tratamento de esgotos, são o baixo tempo de detenção hidráulico (2 a 6 dias), a baixa profundidade (0,3 a 0,6m) e a constante movimentação da massa líquida através de um sistema de rotor com palhetas, que possibilitam a remoção cerca de 6 vezes mais DBO por metro quadrado que as lagoas convencionais.

Pinto e Onoyama (1991) recomendam um fluxo em carrossel da ordem de 10cm/s. Picot et al. (2004), obteve excelentes resultados com velocidade de 15cm/s. Em regiões tropicais verifica-se que a remoção de DBO ocorre rapidamente nas lagoas de alta taxa, sendo suficiente cerca de 4 dias de tempo de detenção. Por outro lado, maiores tempos de residência são requeridos para promover a desinfecção e outros benefícios.

Segundo Picot et al. (1992), em tempos de retenção hidráulicos superiores a 5 dias ocorre uma elevação no nível do pH estabilizando-se entre 9 e 10, condição propícia à volatilização da amônia e a precipitação do fósforo na forma de fosfato amônio de cálcio ou como compostos similares. A eficiência de remoção de fósforo em lagoas especialmente rasas com altas taxas fotossintéticas situa-se entre 60 e 80%. (VON SPERLING, 2002). A Tabela 2, resume os parâmetros projetados para cada lagoa, em cada cidade.

Tabela: 2 Aspectos construtivos das lagoas

	Alegrete	Pelotas	Uruguiana
Volume das Lagoas (m ³)	9.537,68	64.800	25.920
Altura de lamina d'agua (m)	0,3	0,3	0,3
Área das lagoas (m ²)	31.792,26	216.000	86.400
Numero de lagoas (n)	1	6	3
Área de Cada Lagoa (m ²)	31.792,26	36.000	28.800
Área de Cada Lagoa (Ha)	3,1	3,6	2,8

Na figura 2, pode-se ver as características das lagoas de alta taxa em Grahamstown na África do Sul.



Figura 2: Lagoas de Alta taxa em Grahamstown na África do Sul. (Wells, 2005)

RESULTADOS

O resultado dos principais parâmetros levados em consideração no dimensionamento das estações de tratamento de efluentes de Alegrete, Pelotas e Rio grande, estão resumidos na tabela 3. É interessante notar que segundo o dimensionamento das unidades de tratamento, todos os parâmetros estão todos dentro dos limites estabelecidos na resolução CONSEMA 128/06.

Tabela 3: Resumo dos Parâmetros de Qualidade de Água na Saída da ETE

	Alegrete	Pelotas	Uruguiana	CONSEMA 128
DQO (mg.L-1)	52	64	52	150
DBO (mg.L-1)	14	24	14	40
Nitrogênio Total (mgNTK.L-1)	1,15 (mgNTK.L-1)	2,16 (mgNTK.L-1)	0,818 (mgNTK.L-1)	10 (mgNTK.L-1) ou 75% de remoção
Fósforo Total (mg.L-1)	1,873 e 80% de remoção	1,870 e 80% de remoção	1,874 e 80% de remoção	1 (mg.L-1) ou 75% de remoção
Coliformes Termotolerantes (mg/L)	99,86 % de remoção	99, 82 % de remoção	99, 86 % de remoção	10 ³ ou 99% de remoção

A Tabela 4 mostra os resultados de produção de biodiesel projetada para cada cidade.

Tabela 4: Quantidade de biodiesel produzido

	Alegrete	Pelotas	Uruguaiana
Produção de biodiesel diária (L.d ⁻¹)	119,80	648,27	312,77
Produção de biodiesel diária (m ³ .Ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	13,75	10,95	13,21
Produção de biodiesel diária (L.Ha-1.ano-1)	13.753,98	10.954,56	13.213,08

Pode-se comparar os resultados obtidos da tabela 4 com as produtividades estabelecidas na tabela 5, adaptada por Franco et al 2013. É importante frisar que esta produtividade é alcançada em um terreno, o qual não é utilizado para a agricultura, logo não influencia na matriz alimentícia como nos casos da soja e da colza.

A Tabela 5 traz a produtividade na conversão de biodiesel de cinco tipos de matéria prima, sendo três delas produzido de óleos tradicionais e as duas ultimas são dois tipos de microalgas.

Tabela 5: Comparação entre matérias primas de biodiesel Adaptado de FRANCO (2013).

Matéria prima	Conteúdo de óleo por tonelada de biomassa	Produtividade de óleo (t.-1ha.ano-1)	Rendimento de Biodiesel (L.Ha-1.ano-1)
Óleo de Colza	44%	1,3	1.560
Óleo de Soja	20%	0,5	544
Jatropha	30%	2,4	2.700
Chlorella Vulgaris	Até 46%	7.2	8.200
Nannochloropsis	Até 50%	20-30	23.000-34.000

CONCLUSÕES

Tratando do aspecto ambiental, mesmo tendo como objetivo a produção de microalgas, o sistema de tratamento de efluentes é eficiente no seu propósito de mitigar o impacto causado pela ação antropica. E pode se dizer que este é um trabalho de grande importância, pois leva o tratamento de efluentes para as cidades em nível terciário.

Com o aumento da reutilização dos órgãos ambientais com o passar dos anos, deve-se esperar que tratamentos em nível terciário sejam comuns, e que já se esteja avaliando a genotoxicidade de efluentes, então a opção de melhorar o sistema de tratamento hoje, mostra um comprometimento com a causa ambiental, trazendo além dos benefícios referentes ao saneamento, uma melhora da imagem da cidade. Também é possível afirmar que a escolha do reator UASB seguido de lagoas de alta taxa, é positiva, pois reflete em um menor custo de operação anual.

Conclui-se também que a opção de extração do óleo das microalgas não é viável, principalmente pelo modelo de extração escolhido, pois o óleo da microalga para biodiesel tem um baixo valor agregado.

Outro ponto de interesse seria a venda da microalga in natura, para alimentação de rebanhos, ou para o uso como fertilizantes, porém esta alternativa também esbarra na falta de análises sobre os microrganismos produzidos.

É possível que este sistema se torne atrativo para investimento, uma vez que o custo agregado das microalgas se tornar maior, ou que o custo de mercado do biodiesel esteja superior ao atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no 128 de 24 de novembro de 2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/consema>>. Acesso em 25 abr. 2013.

2. LUNDQUIST, T. J. ; WOERTZ, I. C. QUINN, N. W. T. BENEMANN, J. R. A realistic Technology and Engineering Assessment of Algae Biofuel Production, 1ed, Berkley, 2010.
3. PANDLEY, A. LARROCHE, C. RICKE, S. C. DUSSAP, C. G. GNANSOUNOU, E. Biofuels : alternative feedstocks and conversion processes 21^a ed. Oxford, 2011.
4. PARK, J.B.K. Craggs , R.J. Shiltonb, A.N. Wastewater treatment high rate algal ponds for biofuel production- Bioresource Technology 102 (2011) 35–42.
5. PADDLE WHEEL. In: PHOTOBUCKET, 2013. Disponível em: Acesso em: www.photobucket.com/albums/zz177/Curbie_Pics/RacewayV2.jpg. 23 mar. 2015.
6. PICOT, B.; BAHLAOU, A.; MOERSIDIK, S.; BALEUX, B.; BONToux, J. Comparison of the purifying efficiency of high rate algal pond with stabilization pond. Water Science and Technology, v. 25, n. 12, p. 197-206, 1992.
7. PICOT, B.; ANDRIANARISON, T.; GOSSELIN, J. P.; BRISSAUD, F. Twenty years monitoring of Mèze stabilisation ponds. I-removal of organic matter and nutrients. In: 6th INTERNATIONAL CONFERENCE ON WASTE STABILISATION PONDS and 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLAND SYSTEMS. Avignon, France, p. 65-73, 2004.
8. TEIXEIRA PINTO, M. A. & ONOYAMA, M. T. 1991. Remoção de matéria orgânica, fósforo e nitrogênio de esgotos domésticos utilizando o processo de lagoas de alta taxa. Revista DAE-SABESP, n. 161, p. 6-13.
9. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 3. Lagoas de estabilização. 2^o edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2002. 196p
10. Wells, C. D. Tertiary Treatment in Integrated Algal Ponding Systems, 2005, 120p. Dissertação de Mestrado, Universidade de Rhodes, Africa do Sul, 2005.