



II-344 - DISPOSIÇÃO DE EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO INDUSTRIAL EM SOLO VEGETADO COM BAMBU

Eurivan Alves Mendonça⁽¹⁾

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Especialista em Recursos Hídricos pela Universidade Estadual de Goiás (UEG) e em Gestão Ambiental pela Faculdade Cambury. Mestrando do Programa de Engenharia do Meio Ambiente da Universidade Federal de Goiás. Responsável pela Gerência de Monitoramento Ambiental da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás – Semarh. Goiânia, GO.

Rogério de Araújo Almeida

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Especialista em Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólido e Líquido, Mestre e Doutor em Agronomia. Professor da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente, da Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO.

Roberto Magno de Castro e Silva

Engenheiro Agrônomo e Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Diretor Técnico da Embambu Ltda. Senador Canedo, GO.

Thiago Name Chaul

Engenheiro Ambiental pela Universidade Católica de Goiás (UCG). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Companhia de Distritos Industriais de Goiás – Goiasindustrial. Goiânia, GO.

Endereço⁽¹⁾: Rua 20, 251, Apto. 302. Residencial Primavera, Centro, Goiânia - GO - CEP: 74.020-170 - Brasil - Tel: (62) 3225-2084 - e-mail: eurivan@agenciaambiental.gov.br

RESUMO

A maioria das estações de tratamento encontra-se trabalhando acima de sua capacidade e requerendo uma qualidade da água conforme os padrões exigidos pela portaria 36/GM, de 1990.

PALAVRAS-CHAVE: Fitorremediação, Águas residuárias, Zona de raízes, Tratamento.

INTRODUÇÃO

A Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005) estabelece que os efluentes só poderão ser lançados nos corpos de água após o devido tratamento, suas concentrações de contaminantes não podem ultrapassar os limites impostos pela lei e, tampouco podem elevar os níveis nos corpos receptores acima dos limites estabelecidos para cada classe de enquadramento do corpo d'água.

Segundo Imhoff; Imhoff (2002), para os esgotos tipicamente domésticos, não é necessário mais que um tratamento primário seguido de um secundário, para atender às exigências legais. Todavia, os sistemas atuais de tratamento não têm conseguido o nível de eficiência necessário, principalmente para os efluentes industriais, estes mais concentrados. Assim, os corpos receptores têm recebido cargas poluidoras acima da sua capacidade de autodepuração.

Elevar o nível de tratamento das estações demanda vultosos investimentos na construção e operação de unidades complementares. Como alternativa, este trabalho propõe solucionar o problema dispondo efluentes de estações de tratamento de esgoto em solo vegetado com bambu.

As formas mais comuns para a disposição final de efluentes líquidos são os cursos d'água e o mar. No entanto, a disposição no solo é também um processo viável e aplicado em diversos locais do mundo, sendo a forma mais antiga de depuração controlada de esgotos (ANDRADE NETO, 1997). O procedimento é previsto pela Resolução nº 357 (CONAMA, 2005), condicionado ao fato de que “não poderá causar poluição ou contaminação das águas”.



Vários mecanismos, de ordem física (sedimentação, filtração, radiação, volatilização, desidratação), química (oxidação, redução, precipitação, adsorção, troca iônica e complexação) e biológica (biodegradação e predação) atuam na remoção dos poluentes no solo (Von SPERLING, 1996).

Dentre as formas mais comuns de aplicação no solo, segundo Von Sperling (1996), Andrade Neto (1997) e Telles (2003), tem-se a infiltração lenta ou fertirrigação. Nessa forma os esgotos são aplicados no solo para fornecer água e nutrientes, necessários ao desenvolvimento das plantas. Algum líquido pode ser evaporado ou percolado além do alcance das raízes das plantas, mas a maior parte é incorporada ao tecido vegetal ou transpirada para a atmosfera. Pode ser realizada por aspersão, por sulcos ou por inundação. A infiltração lenta é o sistema que requer maior área superficial por unidade de esgoto tratado. Todavia, é o sistema natural com maior eficiência.

Várias espécies vegetais têm se mostrado eficientes no tratamento de efluentes (ALMEIDA, 2005; ALMEIDA et al., 2007), dentre elas, o bambu (De Vos, 2004), planta milenarmente conhecida pela diversidade dos seus usos, que se estendem do artesanato à grande indústria. O bambu, por apresentar uma taxa de crescimento do colmo superior a 20 cm por dia (AZZINI; CIARAMELLO; SALGADO, 1981) e um sistema radicular bem distribuído, é altamente eficiente na remoção de elementos nocivos presentes nas águas residuárias. O corte constante desta planta, visando atender o mercado consumidor, estimula o crescimento de novos colmos que durante o seu rápido crescimento terá no efluente uma excelente fonte de nutrientes. Este grande incremento de biomassa redundará em uma fonte energética de alto valor, tendo em consideração que o bambu tem um poder calorífico semelhante às melhores espécies destinadas para este fim.

O emprego do bambu em sistemas de tratamento de efluentes por zona de raízes representa, além do benefício ambiental, um ganho extra, dado a possibilidade de seu uso, tanto artesanal como industrial. Desta forma, tem-se a conversão de um passivo ambiental em um ativo de valor econômico e social. Neste sentido, este projeto se justifica por buscar o desenvolvimento e a utilização de uma alternativa tecnicamente eficiente, ecologicamente correta e socialmente justa, para o tratamento final do esgoto, evitando que seja encaminhado a corpos d'água.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa está sendo conduzida em parceria entre a Universidade Federal de Goiás, a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Semarh, a Companhia de Distritos Industriais de Goiás - Goiasindustrial e a empresa Embambu, em área da Estação de Tratamento de Esgotos – ETE, do Distrito Industrial do Município de Senador Canedo, GO; com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Está sendo avaliada a eficiência do bambu no tratamento do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos do Distrito Agroindustrial de Senador Canedo, GO. O delineamento experimental é do tipo parcelas subdivididas, com quatro lâminas de aplicação de efluente (parcelas), com três espécies vegetais e uma testemunha sem planta (sub parcelas), com duas repetições; totalizando 32 unidades experimentais (Quadro 1, Figura 1). Cada unidade experimental (combinação de espécie vegetal com lâmina de aplicação) é constituída por um recipiente plástico (tambor), com capacidade volumétrica de 200 L, preenchido por solo da região e cultivado com um espécime de bambu (Figura 2). Foram escolhidas três espécies de bambu gigante *Guadua angustifolia* Kunth, *Guadua chacoensis* e *Dendrocalamus giganteus* Munro, submetidas a lâminas de aplicação de 120, 160, 200 e 240 mm dia⁻¹, aplicadas na superfície do solo dos tambores.

Quadro 1: Delineamento experimental do tratamento de efluente industrial em solo vegetado¹ com bambu.

Solo	Gc	Ga	Dg	Ga	Gc	Solo	Dg
Gc	Dg	Solo	Ga	Solo	Dg	Gc	Ga
Solo	Dg	Ga	Gc	Ga	Dg	Gc	Solo
Ga	Dg	Solo	Gc	Dg	Solo	Gc	Ga

¹Solo: testemunha; Ga: *Guadua angustifolia*; Dg: *Dendrocalamus giganteus*; Gc: *Guadua chacoensis*



Figura 1: Vista geral do experimento mostrando o solo gramado e os módulos experimentais devidamente distribuídos e plantados

No fundo dos recipientes há um tubo de drenagem (\varnothing 50mm, perfurado), coberto por uma camada de brita número um (100mm), que auxilia na drenagem e evita o entupimento do tubo de drenagem. Acima da brita há uma camada de areia lavada (100mm) e, finalmente, a camada de solo. Na parte externa do tubo de drenagem há um tubo na vertical, que serve de extravasor e, também, define o nível de líquidos dentro da unidade experimental. Nesse tubo vertical foi adaptado um registro de esfera, destinado à coleta de amostras do efluente tratado (Figura 3).

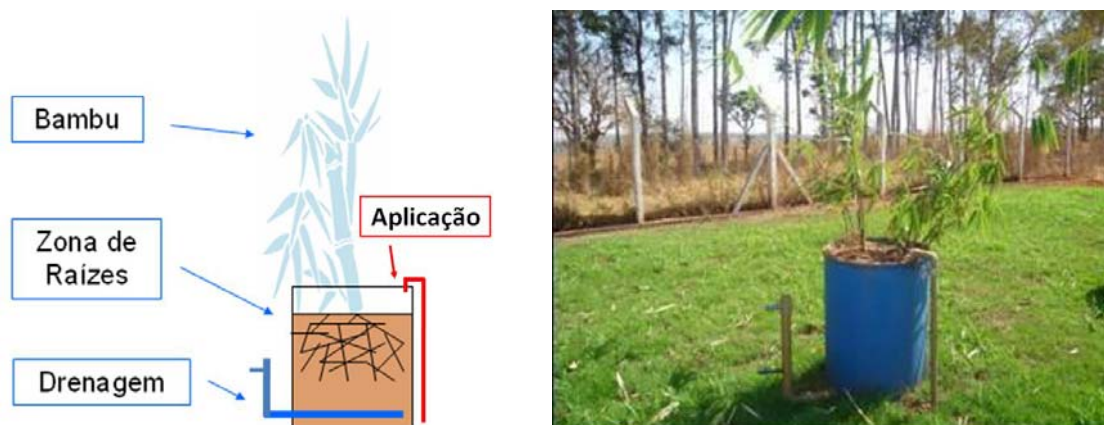


Figura 2: Esquema do módulo de tratamento para avaliação de eficiência do bambu na purificação de efluente de estação de tratamento de esgotos (esquerda) e figura de um dos módulos de tratamento, vegetado com a espécie *D. giganteus* (direita).

O efluente da ETE do Distrito Industrial é captado após o decantador secundário e bombeado para as unidades experimentais, de oito em oito, conforme a lâmina de aplicação específica. A regulação de vazão dá-se mediante o tempo de bombeamento em cada linha e é uniformizada mediante abertura ou fechamento de uma torneira, existente em cada uma das unidades.



Figura 3: Detalhe do registro de esfera na coleta de amostra de efluente

O efluente da ETE está sendo caracterizado e são coletadas amostras periódicas da água de drenagem (em cada um dos módulos de tratamento), para efeito de monitoramento da qualidade, do nível de contaminação e da eficiência do tratamento. As amostras são coletadas semanalmente, oito unidades por semana, totalizando as 32 unidades a cada mês. Em cada coleta é amostrado, também, o efluente da ETE, para efeito de comparação e avaliação da eficiência de tratamento do sistema estudado.

Os dados obtidos serão analisados estatisticamente para comparação entre tratamentos (análise de variância e teste de média). A água de drenagem terá seu volume medido, para fins de cálculo da taxa de evapotranspiração e determinação do tempo de detenção. As análises do efluente e da água de drenagem, estão sendo realizadas no laboratório da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, conforme o *Standard methods for the examination of water and wastewater*¹. São analisados: alcalinidade, aspecto, cloretos, condutividade elétrica, cor, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, fosfatos, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, odor, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico, resíduos sedimentáveis, resíduos fixos, resíduos voláteis, resíduos totais, sólidos totais dissolvidos, temperatura e coliformes termotolerantes.

A implantação do projeto iniciou-se no primeiro semestre de 2008, com a preparação da área, instalação do sistema hidráulico, instalação do sistema elétrico, montagem das unidades experimentais, plantio das mudas de bambu, plantio de grama e instalação da cerca de proteção da área. Em seguida iniciaram-se os testes de aplicação de efluentes e regulagens de vazão. Nos meses que se seguiram foram realizados ajustes e adequação no sistema de aplicação de esgoto, correção de vazamentos, treinamento de pessoal para operação da estação de pesquisas, coletas de amostras de efluente e análises laboratoriais.

Até o presente momento foram realizadas apenas análises preliminares da eficiência das plantas no tratamento do esgoto industrial. As amostragens definitivas se iniciarão em junho de 2009, doze meses do plantio do bambu, após um maior desenvolvimento das plantas e a conseqüente estabilização da atividade biológica do sistema.

RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados médios das análises preliminares dos principais parâmetros indicadores de poluição (Tabela 1) confirmam a potencialidade do uso do bambu no tratamento de efluentes de estações de tratamento de esgoto industrial, revelando elevadas eficiências em sua remoção. As amostras apresentaram-se límpidas (Figura 4) e sem odor.

¹ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th ed. American Public Health Association, American Water Works Association and the Water Environment Federation. 2005. 1.220 p.



Tabela 1: Valores médios e eficiência percentual da remoção de atributos¹ de esgoto industrial por espécies de bambu

Nitritos (mg/L)				
	<i>Solo</i>	<i>G. angustifolia</i>	<i>D. giganteus</i>	<i>G. chacoensis</i>
Entrada	1,46	1,46	1,46	1,46
Saída	0,20	0,09	0,08	0,09
Eficiência (%)	86,3	93,8	94,5	93,8
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)				
	<i>Solo</i>	<i>G. angustifolia</i>	<i>D. giganteus</i>	<i>G. chacoensis</i>
Entrada	477	477	477	477
Saída	60	25	34	42
Eficiência (%)	87,4	94,7	92,8	91,2
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)				
	<i>Solo</i>	<i>G. angustifolia</i>	<i>D. giganteus</i>	<i>G. chacoensis</i>
Entrada	1.799	1.799	1.799	1.799
Saída	169	131	291	107,0
Eficiência (%)	90,6	92,6	83,7	94,0
Coliformes Termotolerantes (VMP/100mL)				
	<i>Solo</i>	<i>G. angustifolia</i>	<i>D. giganteus</i>	<i>G. chacoensis</i>
Entrada	140.000	140.000	140.000	140.000
Saída	1.694	1.020	610	870
Eficiência (%)	98,7	99,2	99,5	99,3
Cor (mg/L/Pt)				
	<i>Solo</i>	<i>G. angustifolia</i>	<i>D. giganteus</i>	<i>G. chacoensis</i>
Entrada	2.220	2.220	2.220	2.220
Saída	111	305	284	308
Eficiência (%)	95,0	86,2	87,2	86,1



Figura 4: Detalhe da cor límpida da amostra do efluente

RESULTADOS ESPERADOS

Ao fim da pesquisa, espera-se:

Compreender os processos pelos quais passam o esgoto industrial tratado (efluente da ETE) submetido a tratamento num sistema do tipo infiltração lenta (fertilirrigação) em solo vegetado com bambu (zona raízes).



Saber se o solo vegetado com bambu é capaz de propiciar um tratamento final adequado ao efluente da Estação de Tratamento de Esgotos do Distrito Industrial de Senador Canedo.

Possuir dados e informações capazes de subsidiar o dimensionamento e a implantação de sistemas de tratamento de esgotos pelo sistema estudado, com vistas a oferecer aos meios científicos e empresarial os parâmetros para projetos e utilização, nas condições edafoclimáticas da região do estado de Goiás.

Obter e disponibilizar dados relativos à eficiência do sistema Zona de Raízes com bambu, no tratamento de efluentes de estações de tratamento de esgotos, para as condições edafoclimáticas de Goiás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, R.A. **Substratos e plantas no tratamento de esgoto por zona de raízes**. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005. 108 f.
2. ALMEIDA, R.A.; OLIVEIRA, L.F.C.; KLIEMANN, H.J. Eficiência de espécies vegetais na purificação de esgoto sanitário. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 1-9, 2007.
3. ANDRADE NETO, C.O. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários**: experiência brasileira / Cícero Onofre de Andrade Neto. – Rio de Janeiro: ABES, 1997. 301 p.
4. AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A.L.B. **Velocidade de crescimento dos colmos de algumas espécies de bambu**. Seção de Plantas Fibrosas, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 1981.
5. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA (Brasil). 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, DF, ano 142, n. 53, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.
6. De VOS, J. **Potential of bamboo in phytoremediation**: the portuguese technology - COBELGAL Company – Portugal. VII World Bamboo Congress - New Delhi – India - March 2004. Disponível em: <http://www.emissionizero.net/Joris_de_Vos_1.html>. Acesso em: 21 set. 2007.
7. IMHOFF, K.R.; IMHOFF, K.R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo, E. Blücher, 2002. 301 p.
8. TELLES, D.D. Aspectos da utilização de corpos d'água que recebem esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. In: NUVOLARI, A. (Coord.). **Esgoto sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: E. Blücher, 2003. p. 467-484.
9. VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** / Marcos von Von Sperling. – 2 ed. – Belo Horizonte: Departamento de engenharia sanitária e ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1)