

## **II-405 - CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LEITOS CULTIVADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS (LAVANDERIA)**

**Débora Cristina de Souza<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutor em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela Universidade Estadual de Maringá. Docente da Coordenação de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Karina Querne de Carvalho**

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (UTFPR).

**Sonia Barbosa de Lima**

Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre em química e Doutor no Programa de Pós-Graduação em Química ambos pela Universidade Estadual de Maringá. Docente da Coordenação de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

**Aline Yukie Minasse Watanabe**

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** BR 369 - km 0,5 CEP: 87301-006 - Caixa Postal: 271 - Campo Mourão – PR – tel +55 (44) 3518-1400- e-mail: dcsouzacm@gmail.com

### **RESUMO**

O objetivo principal deste trabalho foi construir um sistema de fitotratamento de águas cinzas em uma propriedade rural situada em Nova Bilac, distrito de Florai - PR. Para dimensionar o sistema foram utilizadas as normas técnicas da ABNT NBR 7229:1993 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos e a NBR 13969:1997 - Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos afluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Foi realizado levantamento, coleta e plantio das macrófitas aquáticas *Echinodorus sp.* e *Pontederia parviflora* Alexander, após isso foi construída a unidade de tratamento. O sistema foi monitorado através de análises físico-químicas, em um período de três meses em intervalo de 30 dias. Os parâmetros físico-químicos analisados foram pH, temperatura, ácidos voláteis, DQO bruta, DQO filtrada, fósforo e sólidos totais. O sistema de tratamento projetado foi composto de uma caixa de gordura, duas fossas sépticas e um leito cultivado. Com o dimensionamento foram obtidos os volumes e as dimensões das unidades componentes, sendo uma caixa de gordura de 20 L, duas fossas sépticas de 40 L e um leito cultivado de 3 m<sup>3</sup> (2,0 m x 1,5 m x 1,0 m). A vazão da água cinza mensurada da residência foi de 565 L/d. Foi possível verificar resultados de pH de 7,2 para afluente e 8,9 para efluente, temperatura de 22°C para afluente e 24°C para efluente, eficiências de remoção de matéria orgânica de 83,5% e de sólidos totais de 49%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de fitotratamento, Macrófitas aquáticas, Remoção, Eficiência.

### **INTRODUÇÃO**

Os resíduos líquidos popularmente chamados de esgoto, segundo Uehara e Vidal (1989), são os despejos provenientes do uso doméstico, comercial, industrial e agrícola. Os esgotos de residências, edificações públicas e comerciais, são a parcela mais significativa dos esgotos domésticos e provêm de aparelhos sanitários, lavanderias e cozinha.

Em zonas rurais as águas cinzas, geralmente são lançadas diretamente no ambiente sem forma de mitigação dos poluentes. Isso pode ocorrer, por serem locais de difícil acesso, ou por ser habitado por uma população mais carente. Então há a necessidade de desenvolver e validar um sistema de tratamento de esgotos simples, não mecanizados, fáceis de construir e operar, utilizando materiais alternativos, com mão-de-obra não especializada e que possam ser incorporados à paisagem local sem alterações bruscas, criando uma harmonia com o ambiente (MAIER, 2007). A fitoremediação utilizando os leitos cultivados é uma alternativa de sistema de tratamento de águas cinzas.

De acordo com Esteves (1998), a alternativa do uso de fitorremediação, que é o uso de sistemas vegetais para remover, degradar ou isolar substâncias tóxicas ao meio ambiente é bastante válido, principalmente para áreas rurais ou carentes de tratamento de esgoto. Para Naime e Garcia (2005), além de possuir baixo investimento, as macrófitas têm capacidade de fitorremediar mais de um elemento químico no mesmo local, são de fácil manejo e necessitam de altas concentrações de nutrientes que o esgoto possui em abundância para se desenvolverem.

Dentro deste contexto, este trabalho propôs a construção, instalação e operação de um sistema de leito cultivado em área rural, onde os esgotos provenientes da pia de cozinha e banheiro, chuveiro e lavanderia eram lançados a céu aberto. A propriedade rural está localizada a 36 km do município de Nova Esperança – PR, local que possui rede coletora e estação de tratamento de esgoto mais próximo, o que inviabiliza sua ligação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de fitotratamento foi dimensionado utilizando como base a norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 7229:1993 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos e a NBR 13969:1997 – que possui o mesmo título da anterior e a complementa. Com necessidades específicas para a área de estudo, as normas foram adaptadas para serem utilizadas.

O sistema de tratamento possui três compartimentos enterrados compostos por bombonas de plástico, que foram utilizadas para direcionar o efluente até o tanque séptico e servir como local de armazenamento para ocorrer à separação da gordura e a digestão da matéria orgânica.

O tanque foi impermeabilizado com lonas e o fundo foi recoberto por cerca de 5 cm de areia e sobre esta uma tubulação perfurada cobrindo toda a área da estação. Estes tubos foram revestidos por tela tipo sombrite para evitar a colmatção da rede. Em seguida uma camada de areia foi depositada para servir como filtro e envelopando a tubulação. Como meio suporte para o desenvolvimento das plantas foi utilizado brita número 4.

Um sifão para permitir a saída do líquido após o tratamento foi instalado em um dos cantos da estação, ligando os canos do fundo com um sumidouro. No canto contrário da estação foi instalado um tubo que ajudará na manutenção do nível. Após estar submerso foi plantado macrófitas aquáticas.

Foi realizado um levantamento de macrófitas aquáticas na região, e foi escolhido primeiramente *Echinodorus* sp., mas após correções de nível do sistema esta espécie não sobreviveu e foi substituída por *Pontederia parviflora*. Esta macrófita aquática antes de ser introduzida no sistema, foi submetida a um teste de sobrevivência. O teste consistia em monitorar a macrófita aquática, simulando as mesmas condições da unidade de tratamento. Em um período de uma semana, a planta foi monitorada, além de sobreviver ela diminuiu o pH do esgoto, que estava básico. Com isso a *Pontederia parviflora* foi a planta mais indicada para o uso no sistema.

Para que se avaliasse a eficiência e funcionamento do sistema foi realizado o monitoramento através de análises físico-químicas. As análises realizadas foram: pH; Temperatura; Alcalinidade; Ácidos; DQO bruta; DQO filtrada; Nitrogênio total Kjeldahl; Nitrogênio amoniacal; Nitrito; Nitrato; Fósforo. A metodologia utilizada nas análises foi a Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (EATON et al., 2005).

As análises foram realizadas nos meses de março, abril e maio de 2012, uma vez a cada mês e denominadas de perfil 1, perfil 2 e perfil 3.

## RESULTADOS

A estação atendeu quatro pessoas, e a vazão calculada segundo o dimensionamento foi de 565 L.D<sup>-1</sup>, já que não foi computada a contribuição das bacias sanitárias.

A vazão mensurada do efluente era proveniente da pia de cozinha, chuveiro, lavanderia, ou seja, água cinza.

Para atender a essa vazão foi dimensionado então um leito de 3 m<sup>3</sup>, ou seja, 2 m de comprimento, 1,5 m de largura e 1 m de profundidade.

Os resultados obtidos do monitoramento (tabela 1) foram comparados com a Resolução CONAMA 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluente. Esta resolução complementa e altera a Resolução CONAMA 357/2005.

**Tabela 1 – Resultados das análises físico-químicas do sistema de leito cultivado implantado em pequena propriedade rural**

Parâmetros	Perfil 1			Perfil 2			Perfil 3		
	A	E	E <sub>f</sub>	A	E	E <sub>f</sub>	A	E	E <sub>f</sub>
Temperatura °C	30	30	-	21	18	-	21	20	-
pH	13	9	-	8,4	6,7	-	5,4	6,1	-
Alc total (mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )	193	214	-	887	1372	-	44	143	-
Alcal a bicarb (mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )	175	195	-	881	1367	-	6	136	-
Ácidos voláteis (mgHAC.L <sup>-1</sup> )	27	27	-	8	7	-	54	10	-
DQO bruta (mg.L <sup>-1</sup> )	612	103	83%	464	84	82%	434	80	82%
DQO filtrada (mg.L <sup>-1</sup> )	373	67	82%	437	57	87%	407	47	88%
Nitrogênio total (mg.L <sup>-1</sup> )	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal (mg.L <sup>-1</sup> )	49	-	-	-	-	-	3,2	1,6	-
Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> )	10	7	31%	-	-	-	-	-	-
Nitrito (mg.L <sup>-1</sup> )	0,082	0,032	60%	-	-	-	-	-	-
Fósforo (mg.L <sup>-1</sup> )	1,12	0,72	59%	-	-	-	4,7	1,7	64%
ST (mg.L <sup>-1</sup> )	996	504	-	140	122	-	130	112	-
STV (mg.L <sup>-1</sup> )	160	10	-	72	92	-	62	82	-
STF (mg.L <sup>-1</sup> )	836	494	-	68	30	-	68	30	-
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	0,0750	0,0967	-	128	105	-	178	155	-
SSV (mg.L <sup>-1</sup> )	0,0733	0,0683	-	10	3	-	52	26	-
SSF (mg.L <sup>-1</sup> )	0,0017	0,0284	-	118	102	-	126	129	-

Para lançamento de efluentes em corpos hídricos a legislação ambiental do Brasil preconiza alguns parâmetros físico-químicos, sendo eles, pH; temperatura; materiais sedimentáveis; óleos e graxas; óleos minerais; óleos vegetais e gorduras; DBO.

Os parâmetros em conformidade com a legislação nos três perfis foram pH e temperatura, o primeiro na faixa de 5 a 9 e o outro inferior a 40° C. Os parâmetros físico-químicos podem indicar a eficiência da unidade de tratamento, que dependem das condições abióticas e bióticas do meio. Os parâmetros que foram analisados estão presentes da tabela 2.

Autores como GANSKE e ZATONELLI (2003); VICZNEVSKI e SILVA (2003); MONTEIRO (2009) utilizaram coliformes fecais e totais; DBO; DQO; nutrientes (N,P) e sólidos sedimentáveis, como os principais parâmetros físico-químicos para demonstrar se houve eficiência em seu tratamento.

Através dos parâmetros foi observado que a unidade de tratamento resultou em diferentes comportamentos. O perfil 1 reporta a maior temperatura, esse parâmetro pode ser fator limitante para a eficiência do tratamento. Porém, alguns resultados não foram satisfatórios. Dentre todos os resultados obtidos, a remoção de matéria orgânica medida pela DQO apresentou ótima eficiência, aproximadamente 83%, resultado similar aos perfis 2 e 3 (82% para ambos).

Os resultados foram similares, embora as condições impostas a unidade de tratamento foram diferentes. No perfil 1 foi utilizada a macrófita aquática *Echinodorus*, enquanto o perfil 2 e 3 a planta foi a *Pontederia parviflora*. As plantas possuem diferentes temperaturas ideais para seu desenvolvimento (CAMARGO et al; 2003), mas neste caso em temperaturas diferente apresentaram o mesmo comportamento em relação a remoção de matéria orgânica.

Os valores obtidos na DQO bruta em relação ao perfil 1 não apresentaram diferenças significativas em relação ao perfil 2 e 3, mas a DQO filtrada houve um aumento de 5% em sua eficiência de tratamento.

Os pHs nos três perfis foram diferentes, devido a composição do afluente. No perfil 1 o afluente possuía caráter básico, devido a presença de sabão, proveniente do setor de lavanderia, já que na coleta esse setor foi utilizado e contribuiu para o sistema.

O perfil 2 apresentou o efluente próximo a neutralidade, já o perfil 3 possuía caráter ácido, pois o sistema no dia de coleta não recebeu contribuição do setor da lavanderia.

Os perfis demonstraram valores elevados de pH, mas isso não foi fator determinante para o desenvolvimento das macrófitas aquáticas, já que as plantas são capazes de suportar grandes variações de 4,4 a 9,9 (SCHOENHALS, OLIVEIRA e FOLLADOR, 2009)

Os valores dos efluentes obtidos em relação a alcalinidade nos três perfis foram superiores aos afluentes, isso indica capacidade de tamponamento do sistema. Os pHs obtidos apresentaram variações bruscas, porém o comportamento do sistema não foi alterado possivelmente pela capacidade de tamponamento do sistema.

A concentração de ácidos voláteis manteve-se abaixo de 30 mgHAC.L<sup>-1</sup>, o que indica possível equilíbrio entre bactérias acetogênicas e arqueias metanogênicas existentes no sistema (CARVALHO, 2006).

A remoção de fósforo foi satisfatória, comparado a trabalhos de LOCASTRO et al (2012); GANSKE e ZATONELLI (2003), que apresentaram uma média de 60% de remoção.

Os três perfis não apresentaram resultados satisfatórios em relação a remoção de sólidos, o perfil que se sobressaiu entre os três, foi o perfil 1, que reportou 49% de eficiência de remoção, enquanto o perfil 2 obteve 13% e o perfil 3, 14%. Esses valores baixos de eficiência de remoção podem estar relacionados ao arraste de areia para o sistema. A relação de SSV/SST no perfil 1 resultou em 0,977 mg.L<sup>-1</sup> para o afluente e 0,706 mg.L<sup>-1</sup> para efluente. No perfil 2 foi obtido 0,078125 mg.L<sup>-1</sup> para afluente e 0,028 mg.L<sup>-1</sup> para o efluente. O perfil 3 o afluente foi de 0,292 mg.L<sup>-1</sup> e o efluente 0,167 mg.L<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÕES

A unidade de tratamento implantada na pequena propriedade rural atendeu a demanda que a população local necessitava. As espécies nativas plantadas na estação de tratamento resultaram em um desenvolvimento satisfatório.

A eficiência de tratamento da estação foi obtida em alguns parâmetros, principalmente na remoção de matéria orgânica, mas em outra como remoção de sólidos não apresentou resultados satisfatórios.

Pode-se recomendar que para futuros trabalhos, busquem materiais alternativos para construção do sistema zona de raízes, para que diminua o arraste de sólidos, como a areia, e também tratamentos complementares para que melhore a eficiência de tratamento na remoção de nutrientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. . **NBR 13969**: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1997
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. . **NBR 7229**: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1992.
3. CAMARGO, A. F. G.; PEZZATO, M. M.; HENRYSILVA, G. G. Fatores limitantes á produção de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: Eduem, 2003. p. 67.
4. CARVALHO, Karina. Q. **Resposta Dinâmica de Reator UASB em Escala Piloto Submetido a Cargas Orgânicas e Hidráulicas Cíclicas: Modelos Matemáticos e Resultados Experimentais**. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006
5. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 357**: Classificação dos corpos de água. Ministra Marina Silva. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 23 p.
6. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 430**: Complementa e altera resolução 357. Ministra Izabella Mônica Vieira Teixeira, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2011. 8 p.

7. EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENBERG, A. E. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21<sup>th</sup> ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation, 2005.
8. ESTEVES, Francisco. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998
9. GANSKE, Catia C.F.; ZANOTELLI, Cladir T. Estudo de filtro de zonas de raízes como tratamento complementar de esgoto doméstico para comunidades rurais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 24. 2007, Belo Horizonte. Saneamento Ambiental: Compromisso ou Discurso? Disponível em: < <http://www.abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyPortal/Site/XP-PortalPaginaShow.php?id=376>> Acesso em: mar. 2012.
10. MAIER, Clamarion. **Qualidade de Águas Superficiais e Tratamento de Águas Residuárias por Meio de Zonas de Raízes em Propriedades de Agricultores Familiares**. 2007.96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)- Área de Concentração em Processos Químicos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
11. MONTEIRO, R.C.M. **Viabilidade Técnica do Emprego de Sistemas Tipo “Wetlands” para Tratamento da Água Cinza Visando o Reúso Não Potável**. Dissertação (mestrado); Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 84f. 2009.
12. NAIME, Roberto; GARCIA, Ana C. Utilização de Enraizadas no Tratamento de Efluentes Agroindustriais. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, São Leopoldo, v. 1, p. 2-20, jul-dez. 2005.
13. SCHOENHALS, Marlise; OLIVEIRA, Vanderlei Abele de; FOLLADOR, Franciele AníCaovilla. Remoção de chumbo de efluente de indústria recicladora de baterias automotivas pela macrófita aquática *Eichhornia crassipes*, Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, 2009. Disponível em: <<http://189.20.243.4/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=207>>. Acesso em 22 Mai. 2012.
14. UEHARA, Michele e VIDAL, Waldo. **Operação e manutenção de lagoas aneróbias e facultativas**. São Paulo: Cetesb. 1989.
15. VICZNEVSKI, Í. S.; SILVA, C. G. Tratamento Biológico de Esgoto com Zonas de Raízes- Experiência da Prefeitura Municipal de Joinville. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 22. 2003, Santa Catarina. Saneamento Ambiental- Ética e Responsabilidade Ambiental.