

Sistema de filtros de águas cinzas como ferramenta de Educação Ambiental na comunidade de São Miguel – Paranaguá- PR, no âmbito do monitoramento ambiental da Dragagem de Manutenção dos Portos de Paranaguá e Antonina.

Lígia Módolo Pinto^{1*}; Gabriela Machado Magalhães; Leonardo Tomida Spalletti;

¹ Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos – ECOMAR - Universidade Santa Cecília - Rua Cesário Mota, 08, Boqueirão - Santos, SP, Brasil.

*E-mail: ligiamodolopinto@gmail.com

Resumo:

A dragagem de manutenção dos Portos de Paranaguá e Antonina tem como condicionante o programa de Educação Ambiental, que abrange a comunidade tradicional de pesca Vila São Miguel, localizada no município de Paranaguá-PR. Esta comunidade não possui sistema de saneamento básico e uma das propostas do programa foi a elaboração de filtro de águas cinzas na escola de São Miguel, através de um processo participativo conhecido como abordagem baseada em projetos (ABP), a fim de demonstrar alternativa sustentáveis de baixo custo para o tratamento desse tipo de efluente. Para o controle da eficiência foi realizado o monitoramento mensal da água e do solo após passagem pelo sistema, cujo os resultados demonstraram considerável eficiência para a maioria dos parâmetros analisados.

Palavras Chave: Educação Ambiental; Filtro de água Cinza; Monitoramento Ambiental; Empoderamento

Gray water filter system as an Environmental Education tool in the community of São Miguel - Paranaguá-PR, in the ambit of the environmental monitoring of the Maintenance Dredging of Paranaguá and Antonina Ports.

Abstract

The maintenance dredging of the Ports of Paranaguá and Antonina is conditioned by the Environmental Education program, which covers the traditional fishing community of Vila São Miguel, located in the municipality of Paranaguá-PR. This community does not have a basic sanitation system and one of the proposals of the program was the preparation of a gray water filter in the school of São Miguel, through a participatory process known as a project-based approach (PBA), in order to demonstrate sustainable alternative of low cost for the treatment of this type of effluent. In order to control the efficiency, monthly monitoring of the water and soil was carried out after passing through the system, whose results showed considerable efficiency for most of the analyzed parameters.

Keywords: Environmental Education; Gray Water filter; Environmental monitoring; Empowerment

Introdução

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada em 2008, teve como objetivo investigar as condições de saneamento básico de todos os municípios brasileiros, através das atuações dos órgãos públicos e empresas privadas, permitindo uma avaliação sobre a oferta e a qualidade dos serviços prestados, além de possibilitar análises das condições ambientais e suas implicações diretas com a saúde e qualidade de vida da população (IBGE 2008).

Na cidade de Paranaguá, a rede coletora e o tratamento de esgoto possuem uma situação pouco melhor do que a média estadual, com o esgoto sendo coletado e tratado entre 65 e 90% dos domicílios (IBGE, 2008). No entanto, nas comunidades mais afastadas e nas comunidades insulares, a rede de esgoto não existe ou está em fase de implementação.

De acordo com o Diagnóstico Socioambiental Participativo- DSAP realizado como condicionante ambiental para a realização da dragagem de manutenção (APPA, 2013), as comunidades “insulares” de Paranaguá e Antonina não possuem rede coletora e sistema de tratamento de esgoto, como a

comunidade da Vila São Miguel, localizada no município de Paranaguá,

Alternativas tecnológicas não convencionais e de baixo custo podem alcançar locais onde as companhias de saneamento não chegam e o poder público negligencia. Biodigestores, *Wetlands* e sistema de filtração por raízes são exemplos de estruturas capazes de tratar os efluentes domésticos, principalmente as águas negras provindas dos vasos sanitários. As águas cinzas, oriundas de pias, tanques e chuveiro, requerem um outro tipo de tratamento, uma vez que são carregadas de compostos químicos existentes nos produtos de limpeza e higiene pessoal. Para este tipo de efluente existe o sistema de filtração de águas cinzas, desenvolvido pelo Instituto de Permacultura Caiçara, o qual promove a remoção dos compostos químicos.

A avaliação de tecnologias não convencionais é de suma importância e deve cumprir com os requisitos legais para o lançamento de efluentes, como a resolução CONAMA 430 de 2011 (BRASIL, 2011), pois, desta forma, é possível garantir o bem-estar do ambiente, além de assegurar a qualidade de tecnologias de baixo custo que podem ser difundidas.

Problemas do cotidiano de pessoas que vivem em comunidades não assistidas pelo poder público podem servir como motivação para os trabalhos de educação ambiental. É desta forma que Fiscarelli e Akamatsu (2008) abordam a condução de trabalhos de educação ambiental, colocando como ponto focal um problema do cotidiano que deverá ser solucionado pelos envolvidos através do desenvolvimento de um projeto.

A comunidade da Vila São Miguel carece de saneamento básico, entre outros serviços, e, portanto, lidar com este problema pela abordagem da Aprendizagem Baseada em Projetos

(ABP) foi o propósito deste trabalho, que teve como objetivo promover educação ambiental através da implementação do sistema de filtros de águas cinzas na comunidade da Vila São Miguel e avaliar ao longo do tempo a qualidade do efluente após passagem pelo sistema de tratamento.

Materiais e Métodos

Os trabalhos foram realizados na comunidade da Vila São Miguel (Figura 1), na escola municipal local, no período de março de 2014 a junho de 2015, sendo conduzidos pela equipe de educação ambiental do Monitoramento Ambiental da Dragagem de Manutenção dos Portos de Paranaguá e Antonina.



Figura 1: Localização da Comunidade da Vila São Miguel e o Porto de Paranaguá-PR.

A implementação do Sistema de Filtros de Águas Cinzas (SFAC) ocorreu conforme as premissas da ABP, colocando o problema em evidência, o

saneamento, e trabalhando todos os aspectos da execução de um projeto, desde a escolha da tecnologia, o planejamento das atividades, até

conclusão do sistema. As fases de execução foram as seguintes: 1. Aproximação e envolvimento com a comunidade, 2. Problematização sobre o tema saneamento e discussão sobre alternativas, 3. Definição sobre o projeto a ser executado, 4. Construção do sistema de filtros de águas cinzas e 5. Monitoramento dos parâmetros de qualidade do efluente e solo.

O SFAC consiste em quatro caixas conectadas por cano de PVC, cada uma com sua função de filtração, somadas, ao final, por um círculo de bananeiras. As caixas promovem a remoção da gordura, a retenção do material particulado e a remoção de compostos químicos. O círculo de bananeiras promove a remoção do restante dos compostos químicos que não ficaram retidos nas caixas, através do processo de biorremediação. Tal processo é realizado por fungos e bactérias presentes na cava das bananeiras, além das folhas e pedaços de madeira depositados no buraco de fixação do círculo. Esses fungos e bactérias, que vivem e se alimentam da madeira, promovem a degradação dos compostos químicos através de ações enzimáticas (Soares *et al*, 2011). As bananeiras têm a função de evapotranspirar a água contida na caixa, sendo que cada

indivíduo (bananeira) tem a capacidade de evapotranspirar cerca de 40 L de água no verão

Para a construção do filtro foi realizada oficina, que ocorreu em 6 etapas: construção das placas de plastocimento; construção das caixas; terraplanagem do terreno e cava (círculo de bananeiras); montagem dos filtros; fechamento das caixas; e o plantio das bananeiras.

Para o monitoramento do efluente foram adotados os seguintes critérios: comparação entre a água que chega aos filtros (afluente) e a água que sai dos filtros (efluente); e a comparação entre as amostragens realizadas ao longo do tempo. Todas as análises tiveram como parâmetro orientador para os limites de qualidade a resolução CONAMA 430 de 2011, que “*dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes*”. As coletas ocorreram 30 dias após instalação do SFAC, tempo necessário para estabilização do sistema. Foram analisados os seguintes parâmetros dos efluentes: pH, Turbidez, Cor Real, OD, COT, DQO, DBO5, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Sedimentáveis, Alcalinidade, Fósforo, Nitrogênio, Enxofre, Óleos e Graxas.

Para monitoramento do solo do círculo de bananeiras adotou-se a comparação do solo anterior ao círculo e o solo 1

ano após a instalação do SFAC. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, Temperatura, ORP, Carbono Orgânico Total, Alcalinidade, Fósforo, Nitrogênio, Enxofre, Óleos e Graxas.

Resultados e Discussão

Todo o processo participativo requer aproximação e envolvimento com a comunidade. Para isso foram realizadas, inicialmente, reuniões com a direção da escola e liderança comunitária. Após esse processo foram realizadas reuniões com os moradores e escola, separadamente com professores e funcionários e outra somente com os alunos. Nessas reuniões foi apresentado, através de palestra expositiva dialogada, o tema saneamento e esgoto e alternativas tecnológicas para resolução, sendo posteriormente debatido com todos. Num segundo momento, foram realizadas reuniões para definição do projeto a ser executado, tanto com a escola quanto com os moradores, o qual ficou definido que seria implementado um sistema de tratamento das águas cinzas e o local escolhido foi a escola, pois poderia resolver o problema das águas cinzas, que até então eram liberadas *in natura*, e por ter grande potencial para sensibilização e difusão da tecnologia.

Posteriormente ao processo de envolvimento, sensibilização e tomada de decisão, ocorreu a oficina para construção do SFAC, que teve duração de 4 dias. A construção contou com a parceria do Instituto de Permacultura Caiçara – IPECA, representado pelo diretor e líder comunitário da comunidade do Pouso da Cajaíba, Paraty-RJ. Participaram também ativamente da oficina 3 moradores da comunidade, 1 professor e do diretor da escola. Na oficina, que foi dividida em 6 etapas, foram construídas as placas de plastocimento, as caixas com as placas, seguida da terraplanagem do local que recebeu as caixas, a cava do círculo de bananeiras e, por fim, a montagem dos filtros, o fechamento das caixas e o plantio das bananeiras. Assim que finalizada a construção foi realizada uma explicação aos alunos do sexto, oitavo e nono ano, que puderam ver todas as etapas do funcionamento do sistema e entender a importância e funcionalidade de cada caixa (filtro). Os alunos mostraram grande interesse e participação, fazendo diversos questionamentos com relação ao funcionamento do filtro.

Como fase final do processo, foi realizado o controle do efluente lançado após passagem pelo sistema. Os

resultados da comparação entre afluente e efluente são apresentados na Tabela 1.

Tabela 01: Comparação entre o afluente e efluente das amostras coletadas após 30 dias.

PARÂMETRO	Padrões CONAMA 430/11	Pré-SFAC (mg/L)	Pós-SFAC (mg/L)	Redução (mg/L)	Eficiência (%)
pH		7,35	4,44	2,91	40%
Alcalinidade		133	nd	-	-
Salinidade		0,6	0,3	0,3	50%
Turbidez	-	0	738	-738	-
Temperatura	< 40 °C	20,68	20,72	-0,04	0%
Condutividade	-	1,19	0,629	0,561	47%
Oxigênio Dissolvido	-	6,38	1,41	4,97	78%
Cor verdadeira	-	82	55	27	33%
Resíduos Sedimentáveis	Vistualmente ausentes	3	0,1	2,9	97%
Sólidos Suspensos Totais	-	1950	138	1812	93%
Fósforo Total	-	8,399	1,437	6,962	83%
Nitrogênio Kjeldahl Total	-	17,969	1,577	16,392	91%
Enxofre	-	9,2	5	4,2	46%
DBO 5 Solúvel	120 mg/L ou Remoção mínima de 60%	3200	533	2667	83%
DQO	-	5000	1000	4000	80%
Óleos e Graxas	100 mg/L	nd	nd	-	-
Carbono Orgânico Total		671	80,7	590,3	88%

Houve redução considerável dos valores de pH (40%) e oxigênio dissolvido (78%), e o surgimento de uma turbidez elevada, inexistente no afluente. Esta redução indica que a matéria orgânica, contida nas águas que chegam no filtro, passou por processos de decomposição anaeróbica que resultaram na produção de ácidos orgânicos voláteis e gases. Bactérias saprófitas hidrolisam e convertem o material complexo em compostos de menor peso molecular, dentre eles os principais são os ácidos graxos tais como o acético, o propiônico e o butílico. Valores inferiores a 6,5,

assim como os valores registrados nas amostras de efluente, prejudicam o crescimento das bactérias metanogênicas, responsáveis pela degradação dos ácidos orgânicos voláteis, resultando em acumulação desses compostos. Os valores de pH próximos de 5 indicam que houve acumulação dos ácidos, provavelmente pela ausência ou concentração reduzida das bactérias metanogênicas. Deve-se destacar que o valor registrado na amostragem de 30 dias foi 4,44, abaixo do limite inferior (pH > 5) da resolução CONAMA 430/11.

O oxigênio dissolvido em baixas concentrações reforça a presença de bactérias anaeróbicas dentro do sistema.

A turbidez elevada registrada nas amostras de efluentes em contraponto dos valores reduzidos de resíduos sedimentáveis e sólidos suspensos, indica que provavelmente a fração que gerou turbidez foi de partículas muito finas, abaixo de 0,45 micrômetros.

A redução expressiva dos resíduos sedimentáveis e sólidos suspensos indica que as caixas de brita e areia do sistema foram eficientes na remoção. A eficiência foi semelhante ou superior aos valores apresentados por Bazzarella (2005), que registrou 95% de eficiência de sólidos suspensos em uma edificação estudantil na UFES (Universidade Federal do Espírito Santo) e por Mergulhão e Emery (2011), que registraram 76% de remoção de sólidos suspensos em uma edificação residencial multifamiliar. Em contrapartida, a eficiência para a cor verdadeira foi baixa, 27%, quando comparado aos valores registrados por Bazzarella (2005), 83%, e por Mergulhão e Emery (2011), 82%.

Os parâmetros não metálicos apresentaram o resultado de reduções nos 3 parâmetros, sendo 83% para o

fósforo, 91% para o nitrogênio e 46% para o enxofre.

Os resultados das análises pré e após 1 ano do solo mostraram que os valores de Fósforo total na pré-campanha foram de 114 mg P/L, enquanto que na pós na saída do cano foi de 160 mg P/L e no centro do círculo 321 mg P/L. Comparando os dados da pré com a pós e os locais de coleta, é possível observar um aumento de quase 3 vezes a concentração desse parâmetro dentro do círculo de bananeiras.

O Nitrogênio não foi detectado na campanha pré, apresentando valores na pós de 418 mg P/L na saída do cano e 891 mg P/L no centro do círculo, apresentando um aumento expressivo entre as duas áreas de coleta. O Enxofre apresentou valores baixos em todas as campanhas.

A eficiência na remoção da DBO e DQO foi elevada nas duas amostragens, e atingiu o percentual de 80% e 83%, respectivamente, na amostragem de 30 dias, valores próximos aos registrados por Bazzarella (2005), 90% e 74%, e por Mergulhão e Emery (2011), 85% e 87%. Contudo, a eficiência encontrada não foi refletida em eficácia no sistema, pois mesmo havendo remoção de 80%, como determina a resolução CONAMA

430/11, as concentrações de DBO (\cong 500 mg/L) foram superiores aos valores tipicamente encontrados em esgotos domésticos brutos (100 – 400 mg/L), assim como as concentrações de DQO (\cong 1000 mg/L), o qual os valores típicos em esgotos domésticos brutos são entre 250 e 1000 mg/L (Metcalf & Eddy, 1991). As altas concentrações de DBO e de que DQO, provavelmente, resultaram na depleção do oxigênio dissolvido devido à atuação das bactérias anaeróbicas, que gerou um efluente anaeróbio com compostos de enxofre, sulfetos e sulfatos, assim como observado por Bazzarela (2005) em seu estudo.

Os resultados das análises dos agregados orgânicos mostram que desde o início das amostragens houve redução das concentrações, sendo um pouco mais expressivas na amostragem de 30 dias, com a redução de 83% da DBO, 80% da DQO e 88% do COT.

É importante salientar que o efluente gerado foi destinado à outra fase do tratamento, o círculo de bananeiras, este executado pelos microrganismos presentes no substrato das bananeiras. Através dos resultados obtidos, foi observado um aumento, tanto no fósforo quanto no nitrogênio, da área do cano para o centro do círculo de bananeiras.

Tal aumento pode estar relacionado ao tamanho do círculo, que demonstrou ser pequeno com relação a quantidade de efluente gerado, que possivelmente resultou em acúmulo, devido a não depuração do fósforo e nitrogênio neste local. Cabe ressaltar também que, o círculo passou por algumas mudanças ao longo do processo, como a retirada das bananeiras e o seu posterior rebrotamento, o que também pode explicar a não total eficiência do mesmo. Desta forma, sugere-se um ajuste neste local, sendo uma proposta para a escola para sua melhor eficiência do mesmo.

Considerações finais

A explicação prática e a vivência de todo o projeto com os alunos da escola proporcionou o conhecimento e a visualização de todas as etapas de filtração. A metodologia baseada em projetos incentiva o auto direcionamento, a pesquisa, as descobertas, a criatividade, a tomada de decisões, a integração, a síntese de ideias e trocas de experiências entre diversas áreas de saberes (FISCARELLI & AKAMATSU, 2008).

Entende-se que a escola é um local que serve de exemplo e propagação de conhecimento. No âmbito do projeto de

dragagem não seria possível realizar um projeto maior, que atendesse várias residências da comunidade. No entanto, a informação e a técnica foram passadas, o que possibilita que cada um faça em sua própria casa. Foram deixadas com o Diretor da escola cartilhas que ilustram todas as etapas e objetivos do sistema de filtros e elas estão disponíveis a qualquer comunitário que tenha o interesse em replicá-lo. A replicação pode ser efetuada na comunidade tanto pelos participantes da atividade, os quais demonstraram intenção de fazê-la num futuro próximo, quanto por meio de atividades pedagógicas praticadas pelos professores, utilizando o sistema de filtros como ferramenta didática e de educação ambiental.

O monitoramento da água e do solo no sistema de filtros de águas cinza da escola de São Miguel demonstrou considerável eficiência para a maioria dos parâmetros analisados. A baixa eficácia para alguns parâmetros mostra que o filtro, nas dimensões adotadas, necessita de complementação para ser eficaz (círculo de bananeiras), principalmente na remoção do conteúdo orgânico. Desta forma, foi observado que mesmo utilizando o cálculo-base (cálculo adotado para saber as

dimensões do filtro para atender o número de pessoas que utilizam a escola), o volume das caixas, principalmente da caixa de gordura, poderia ser um pouco maior, o que provavelmente resultaria em mais eficiência e menos manutenções. Cabe ressaltar que, durante todo o projeto de monitoramento da dragagem, a equipe fez acompanhamentos periódicos e manutenções necessárias no filtro, juntamente com a escola, a fim de garantir uma maior eficiência do mesmo.

Agradecimentos: Ao IPECA que prontamente auxiliou o projeto de EA, à Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina – APPA pela autorização para publicação do artigo e à DTA Engenharia pelo apoio na elaboração dos programas ambientais.

Referências Bibliográficas

- APPA – Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina. 2013. Monitoramento Ambiental dos Potenciais Impactos da Dragagem de Manutenção do Canal de Acesso ao Porto de Antonina. Relatório Técnico Final. Volume I. Paranaguá-PR.
- BAZZARELLA, B.B. 2005. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em

edificações. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo.

BRASIL, 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. CONAMA 430 de 2011.

FISCARELLI, S. H., AKAMATSU, J. I. 2008. Metodologia de Projetos na Educação Ambiental. São Paulo: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, 153 p.

IBGE. Pesquisa Nacional do Saneamento Básico. 2008. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. 219 p.

MERGULHÃO, J.C.Z.; EMERY, R.D.B. 2011. Avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de águas cinzas visando o reuso não-potável. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo.

METCALF, B. e EDDY, I. N. C. 1991. Wastewater Engineering: treatment, disposal and Reuse. 3. ed. New York : McGraw-Hill.

SOARES, I.A., FLORES, A.C., MENDONÇA, M.M., BARCELOS, R.P., BARONI, S. 2011. Fungos na biorremediação de áreas degradadas. *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, v.78, n.2, p.341-350