

TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE RAÍZES: EXPERIÊNCIA VIVENCIADA NUMA ESCOLA RURAL DO MUNICÍPIO DE CAMPOS NOVOS/SC¹

Eduardo Bello Rodrigues², Flávio Rubens Lapolli³, Monica Aparecida Aguiar dos Santos⁴

RESUMO – A falta de sistemas de tratamento para efluentes sanitários adequados às condições das comunidades rurais brasileiras ainda é uma realidade. Com vistas a atender esta demanda foi desenvolvido o presente trabalho, que descreve o processo de implantação e avalia os resultados de um sistema de tratamento para efluentes sanitários do tipo zona de raízes, em uma escola rural do município de Campos Novos/SC. O sistema foi implantado com a participação da comunidade local, segundo os princípios da pesquisa-ação. A eficiência do referido sistema em termos de remoção de DBO, DQO, NH₃, z, PO₄, {³, coliformes totais e coliformes termotolerantes foi, respectivamente: 72,1%, 77,4%, 80,7% e 80,7%, 99,93% e 97,54%. A partir dos resultados obtidos, constatou-se que o sistema responde de forma positiva às questões de sustentabilidade do saneamento rural além de oportunizar a participação da comunidade envolvida na solução de seus problemas ambientais.

Palavras chave: educação ambiental, tratamento de efluentes sanitários, zona de raízes.

SEWAGE TREATMENT BY ROOT ZONE: EXPERIENCE IN A RURAL SCHOOL ON THE CITY OF CAMPOS NOVOS/SC

ABSTRACT – *The lack of systems to tailored wastewater treatment in conditions of Brazilian rural communities is still a reality. The present work describes the implantation process and evaluates the results of a treatment system through the root zone in a rural school on the city of Campos Novos, SC. The system was implemented according to the principles of action research, involving school children and the local community since its construction to operation and maintenance. The efficiency of the implemented system in terms of removal of BOD, COD, NH₃, z, PO₄, {³, total coliforms and fecal coliforms were respectively 72.1%, 77.4%, 80.7% and 80.7%, 99.93% and 97.54%. From the results obtained it can be verified that the system responds positively on the issue of sustainability of rural sanitation and an excellent opportunity for participation of those involved in solving their environmental problems.*

Keywords: environmental education, root zone, treatment of wastewater.

1. INTRODUÇÃO

A inadequação dos sistemas de saneamento ambiental em áreas rurais traz diversos problemas para o meio ambiente, e por consequência à saúde das pessoas que residem no campo.

Em escolas situadas na área rural, a falta de saneamento é um fator bastante preocupante, pois expõe crianças aos riscos de contágio de doenças, implicando

também na qualidade do processo educacional, pois é a escola um espaço no qual se aprimoram os processo de socialização e deveria, portanto, constituir-se exemplo do que a sociedade deseja e aprova (LEME, 2006).

Nesse sentido, dados da FUNASA demonstram que, de acordo com os resultados do censo escolar 2005 (BRASIL/FUNASA, 2011) existem, no Brasil, 89.160 escolas públicas rurais. Destas, 11.157 não possuem

¹ Dissertação de mestrado do primeiro autor, edubello1@hotmail.com

² Professor da UDESC/CEAVI - Campus de Ibirama - Ibirama, Departamento de Engenharia Sanitária

³ Professor da UFSC - Campus Sede - Florianópolis, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

⁴ Professora da UFSC - Campus de Curitibanos - Curitibanos



seque sanitários, sendo a maior concentração dessas escolas observadas nas regiões Norte (17,98%) e Nordeste (14,5%) (BRASIL/FUNASA 2011).

Van Kaick *et al.* (2008) demonstram em seus trabalhos que os sistemas descentralizados através de zona de raízes se apresentam como uma solução para o tratamento do efluente sanitário em regiões menos populosas, como nas áreas rurais, e uma ferramenta preciosa de educação ambiental, no viés da tecnologia social.

As formas como as águas residuárias são depuradas, nos sistemas de zona de raízes, abrangem uma complexa variedade de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem e são promovidos pelos elementos constituintes do meio-solo, microrganismos e plantas. Poluentes como os sólidos suspensos, material orgânico solúvel, nitrogênio, fósforo, metais e patogênicos são depurados, respectivamente, através de mecanismos como a sedimentação e filtração, degradação microbiológica anaeróbia e aeróbia, amonificação seguido de nitrificação e desnitrificação microbiana, volatilização da amônia, adsorção, complexação, precipitação e retirada das plantas. (PHILIPPI & SEZERINO, 2004)

Diante do exposto estabeleceu-se como principal objetivo deste trabalho implantar e avaliar um sistema de tratamento de efluentes sanitários do tipo zona de raízes, com a participação da comunidade local, que se enquadrasse ao máximo em todas as dimensões da sustentabilidade, em uma escola rural no município de Campos Novos/SC.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Escola Municipal André Rebouças, localizada no distrito de Barra do Leão, na zona rural do município de Campos Novos/SC. Apesar de o município possuir uma rede de coleta e sistema de tratamento para o esgoto urbano, na área rural, conforme se observou, a maior parte do esgoto produzido é disposto nos rios que cortam a região.

A definição sobre a tecnologia de tratamento a ser implantada aconteceu na primeira reunião com a comunidade escolar local, que acolheu de forma unânime a proposta apresentada.

As etapas de implantação do projeto consistiram de atividades teóricas e práticas. As primeiras consistiram de participações nas aulas de ciências, em que foram

apresentados e debatidos diversos temas relacionados ao saneamento e à preservação ambiental, utilizando-se situações alusivas ao sistema de tratamento de esgoto projetado para a escola. As atividades práticas consistiram na participação dos alunos desde a etapa de escolha do sistema, sua implantação (inclusive no plantio das mudas de macrófitas) até a realização de análises químicas dos efluentes utilizando-se para tal um “kit” desenvolvido especialmente para este público.

Como pré-tratamento ao sistema de zona de raízes foram construídos três tanques sépticos seguidos de três filtros anaeróbios. Os tanques sépticos foram construídos com manilhas de concreto armado, de 80 cm de diâmetro por 1,5 metros de altura cada. Os filtros anaeróbios também foram construídos com manilhas de 80 cm de diâmetro, porém com apenas 1,0 metro de altura. Como material filtrante foi utilizado brita nº 3 em camada cuja espessura foi de 40 cm. O fundo falso apresentava 30 cm e era sustentado por uma prancha de madeira arredondada com furos equidistantes intercalados de 2 cm de diâmetro. A concepção do referido sistema teve como referência as NBRs 7229/93 e 13969/97.

Após passar pelos tanques e filtros, o resíduo foi reunido em uma caixa de passagem e encaminhado para o primeiro dos dois filtros plantados com macrófitas (zona de raízes), sendo o outro reservado para eventuais manutenções do filtro em carga. Como material suporte às tubulações de alimentação e coleta do efluente foi utilizado brita nº 3; areia grossa como material filtrante e leito de sustentação com macrófitas da espécie *Thiphasp.*, vulgarmente conhecida como taboa. Os filtros plantados foram impermeabilizados por manta de polietileno com espessura de 800 micra. Com relação ao tempo de detenção nos tanques sépticos foi estabelecido cerca de 60 horas totais. Já para os filtros anaeróbios foi definido um tempo de detenção de 5 horas em cada filtro (sistema em paralelo), considerando uma vazão média de 0,76 m³/dia para o efluente. A Figura 1 apresenta o esquema da distribuição dos tanques, filtros anaeróbios e zona de raízes.

Para o dimensionamento do sistema de zona de raízes de fluxo horizontal estimou-se como valor de entrada do sistema uma DBO média de 96 mg/L, considerando-se 40% de eficiência no pré-tratamento e 60% de eficiência no filtro anaeróbio. A partir de uma temperatura crítica de 10°C e assumindo K = 0,80



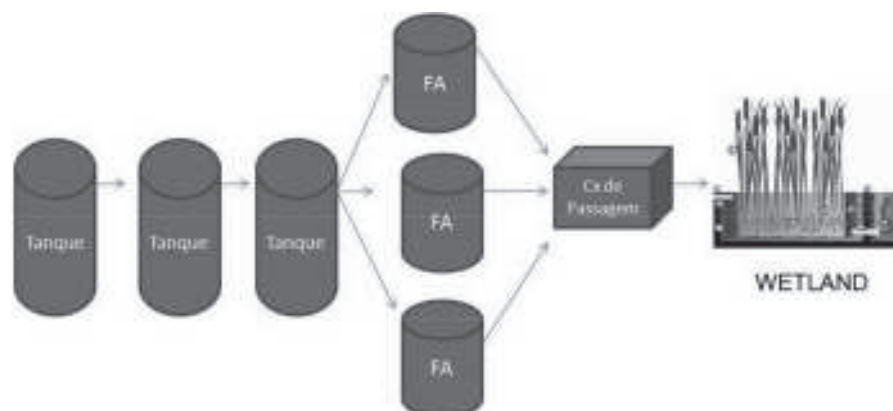


Figura 1 - Esquema da disposição dos tanques, filtros anaeróbios e zona de raízes.

d¹; uma porosidade de 0,35; uma profundidade média dos tanques de 0,60 m; uma vazão média de 4,75 m³/dia, estimada considerando-se uma média de 25 l/hab. x dia para os 190 alunos, divididos em dois turnos e a interligação do ginásio municipal, que será instalado em terreno adjacente a escola, e uma DBO final de 30 mg/L, definiu-se uma área de tanque de 154 m³, considerando-se um fator de segurança de 15% em relação a necessidade real de área.

O sistema foi dividido em dois sistemas de zona de raízes, medindo 7m x 11m, perfazendo uma área de 77 m² cada filtro plantado. O tempo de detenção hidráulico estimado para atender tanto a escola como o ginásio foi calculado em 9,72 dias.

Com relação às macrófitas, estas foram identificadas e coletadas em um ambiente natural próximo ao local onde foi implantado o sistema. Na escola, as melhores plantas coletadas foram selecionadas e plantadas, respeitando-se uma densidade de quatro plantas por metro quadrado de área de filtro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema zona de raízes foi operado experimentalmente de novembro de 2010 a julho de 2011 perfazendo um período de oito meses.

Com vistas a avaliar o sistema foram realizadas análises mensais dos materiais coletados nos pontos de entrada e saída do sistema de zona de raízes. Todas as análises foram feitas de acordo com os procedimentos constantes no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AWWA/APHA/WEF, 1998).

Os parâmetros avaliados foram: DBO, NH₄⁺, z -N, NO₃⁻, PO₄³⁻, Col. Totais e E. Coli.

A Figura 2 mostra o desempenho do tratamento por zona de raízes na remoção de matéria orgânica em termos de DBO.

Conforme mostra a Figura 2, o sistema apresentou um bom desempenho quanto à remoção da matéria orgânica, com média de 72,1% e uma média da concentração afluyente e efluente de 114,3 mg/L e 25,6 mg/L, respectivamente.

Li *et al.* (2008) estudaram o desempenho de três sistema de zona de raízes subsuperficial de fluxo horizontal na remoção de matéria orgânica dissolvida. Cada unidade diferia apenas no tipo de material filtrante (areia, escória e zeólita) e na espécie da macrófita, mantendo as mesmas dimensões e tempos de detenção hidráulica que foi de quatro dias. Atingiu-se uma eficiência média de 67% para DBO dissolvida, sendo a média de concentração do afluyente e efluente de 93mg/L e 30,73 mg/L, respectivamente. Os mesmos autores identificaram que o principal mecanismo de remoção da matéria orgânica dissolvida foi através das bactérias aeróbias e anaeróbias, sendo as raízes vegetadas o principal mecanismo de suporte e desenvolvimento dessas bactérias.

Desta forma, acredita-se que o melhor desempenho observado deva-se principalmente ao maior tempo de detenção hidráulico, uma vez que a média da concentração afluyente e efluente apresentou valores bem próximos dos observados na literatura consultada.

Relativo ao aspecto legal, todas as amostras apresentaram valores abaixo do limite exigido pela



Legislação Federal (Resolução CONAMA 430/2011) e Decreto Estadual 14.250/81, que estipulam o valor máximo em DBO de 60mg/L para lançamento.

As Figuras 3 e 4 mostram os resultados obtidos em relação ao nitrogênio amoniacal e nitrato durante o período avaliado.

Como o tempo de detenção no sistema foi bastante elevado (média de 13 dias) todos os mecanismos de remoção do nitrogênio contribuíram na redução deste nutriente. Para a $\text{NH}_4\text{-N}$, a eficiência média de remoção

foi de 80,7% com concentrações médias do afluente e efluente de 47,1 mg/L e 2,4 mg/L, respectivamente.

Olijnyk *et al.* (2007) apresentaram eficiências de 70% de remoção de $\text{NH}_4\text{-N}$ para tempo de detenção médio de 10 dias em sistema de fluxo subsuperficial.

Com relação às concentrações de $\text{NH}_4\text{-N}$ no afluente ao sistema de zona de raízes, verificou-se que todos os valores estão dentro dos limites preconizados pela Legislação Federal (Resolução CONAMA 430/2011), que estabelece como referência o valor de 20 mg/L.

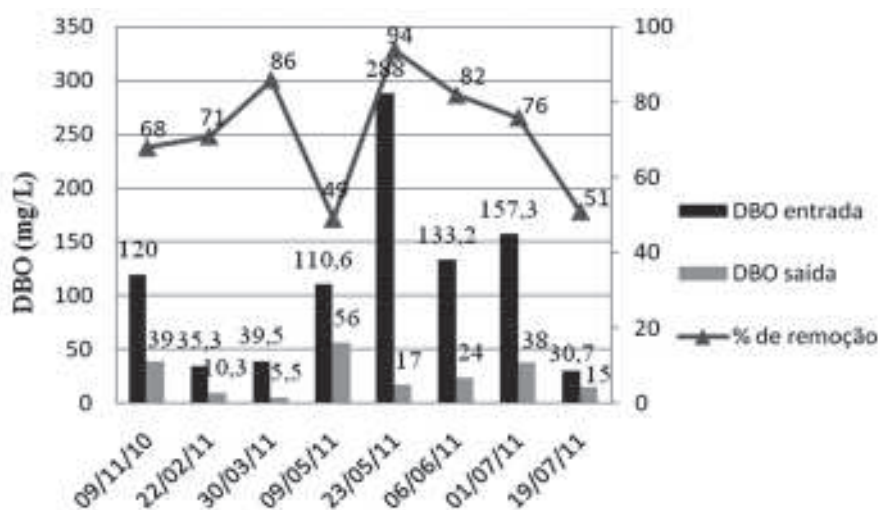


Figura 2 - Valores absolutos de entrada e saída e eficiência média de remoção da DBO.

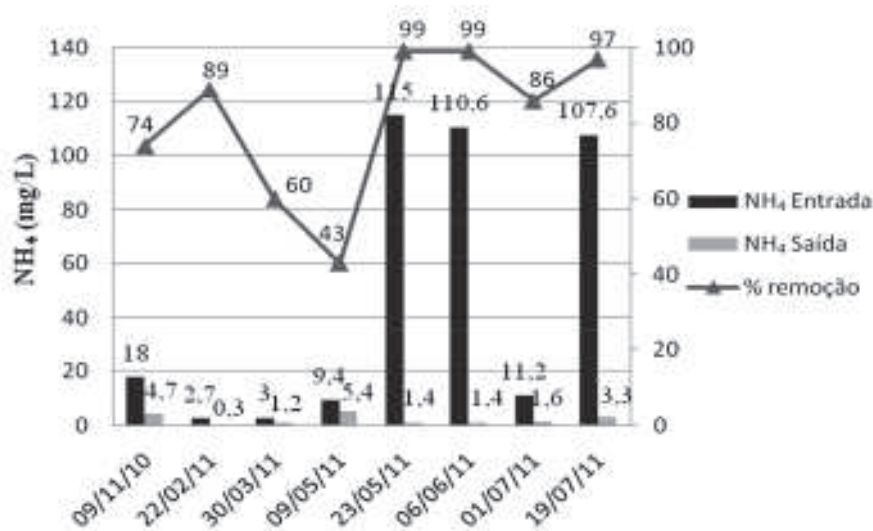


Figura 3 - Variação dos valores de Nitrogênio amoniacal, entrada e saída do sistema por zona de raízes durante o período de avaliação.

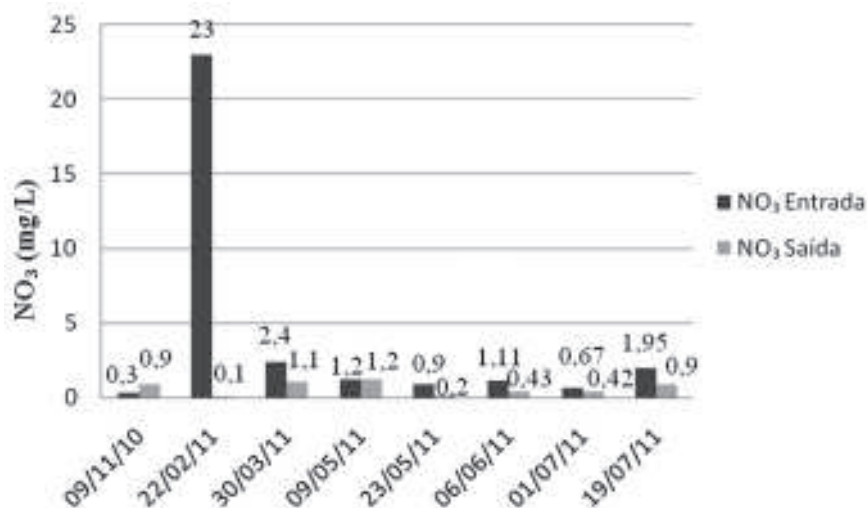


Figura 4 - Variação dos valores de entrada e saída do *wetland* durante o período avaliado.

Em boa parte das amostras verificou-se uma redução do nitrato e uma pequena variação entre as concentrações de entrada e saída, exceto para a coleta do dia 9/11/2010, em que a concentração do efluente teve um pequeno acréscimo e na coleta do dia 22/02/2011, em que a concentração afluyente foi muito elevada em relação às demais. O primeiro resultado pode ser explicado pelo sistema estar em sua fase inicial de operação, iniciando o processo de estabilização e formação das colônias bacterianas, mais especificamente as bactérias *nitrosomonas* responsáveis pela desnitrificação. O segundo resultado, referente à coleta do dia 22/02/2011, pode ser explicado por ter sido feita apenas a cinco dias do retorno as aulas, após recesso de cinquenta e dois dias. O elevado tempo de detenção dos esgotos nas unidades de pré-tratamento provocou a oxidação de praticamente todos os compostos nitrogenados. Logo, a redução destes compostos no afluyente causou a morte de algumas macrófitas e enfraquecimento de outras, o que ocasionou uma diminuição na remoção do nitrogênio no sistema zona de raízes até a revitalização e germinação de novas plantas, situação notada a partir do mês de maio.

Com relação à quantidade de fósforo que pode ser removida pela poda das plantas, incorporada na biomassa das macrófitas, constitui uma pequena fração relativa à quantidade de fósforo contida no esgoto, sendo que a forma mais expressiva é adsorção e sedimentação no material filtrante. Porém, este processo

é um tanto limitado, ou seja, uma vez que o material é saturado, será lavado e retornado para o meio (MANN, 1997; DRIZO *et al.*, 1999).

A remoção de fósforo relativo ao fósforo inorgânico (ortofosfato) foi bastante eficiente em praticamente todas as amostras, com exceção da coleta do dia 1/07/2011, quando houve uma eficiência de 41%.

A Figura 5 mostra os resultados obtidos em relação a remoção de fósforo durante o período avaliado.

A quantidade de fósforo que pode ser removida a partir de sua incorporação na biomassa das macrófitas representa uma pequena fração da quantidade de fósforo presente no esgoto, sendo que a forma mais expressiva é adsorção e sedimentação no material filtrante.

A eficiência média de remoção de fósforo no sistema zona de raízes foi de 80,7%, com concentração média afluyente e efluente de 14,7 mg/L e 1,5 mg/L, respectivamente.

Ghosh e Gopal (2010) estudaram quatro sistemas por zona de raízes de fluxo horizontal variando os tempos de detenção de 1 a 4 dias. As eficiências médias alcançadas foram de 11,6%, 21,1%, 31,9% e 46% para TDH de 1, 2, 3 e 4 dias e cargas aplicadas (PO_4^{3-} , $-P m\{^2 d\}^{-1}$) de 1,08; 0,42; 0,28 e 0,27, respectivamente.

Observando os resultados encontrados na literatura acredita-se que a eficiência obtida no sistema em estudo



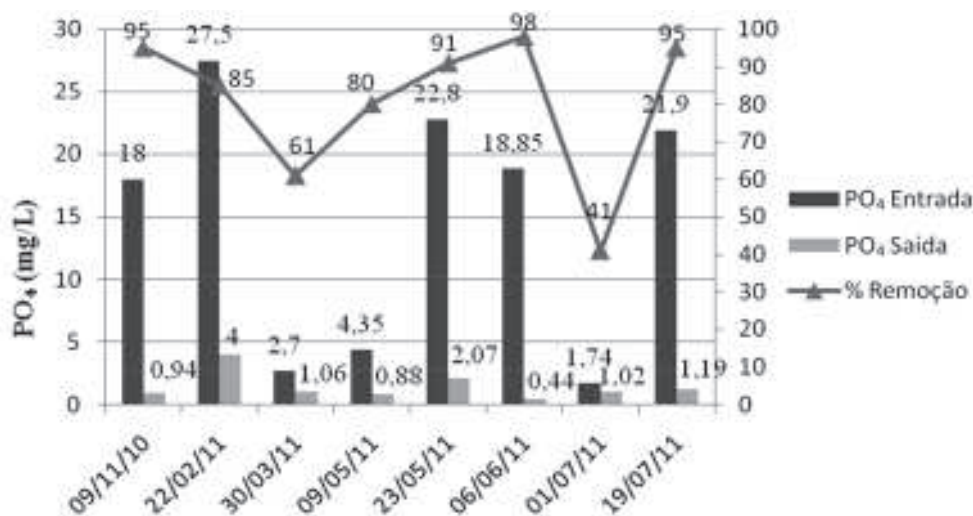


Figura 5 - Variação dos valores do fósforo, na entrada e saída do sistemas por zona de raízes no período avaliado.

se deveu em grande parte ao tempo de detenção que possibilitou a maior adsorção e sedimentação do fosforo no material filtrante e provavelmente sua incorporação pelas macrófitas.

As Figuras 6 e 7 mostram o desempenho do sistema de zona de raízes na remoção dos Coliformes totais e *Escherichia coli*.

Como pode ser visto nas Figuras 6 e 7, o sistema apresentou uma eficiência média de remoção de Coliformes totais e *Escherichia coli* de 99,93% e 97,54%, respectivamente.

Para os *Coliformes Totais*, todas as amostras apresentaram valores inferiores ao limite máximo preconizado pelo Decreto Estadual 14.250/1981, que estipula em 5.000 NMP/100ml para um rio de classe 2. A Resolução Federal do CONAMA não estabelece limites de Coliformes para efluentes.

Toet *et al.* (2005) avaliaram um sistema de tratamento do tipo zona de raízes de fluxo horizontal e obtiveram uma eficiência de remoção em termos de *Escherichia Coli* de 92%, com um tempo de detenção no sistema de 2,4 dias em média e taxa de aplicação hidráulica de 25cm dia⁻¹.

As eficiências observadas provavelmente se deveram ao elevado tempo de detenção médio dos esgotos no sistema (13 dias), o que propiciou um maior contato do esgoto com plantas e o material filtrante,

favorecendo os mecanismos de predação, sedimentação e maior ação dos biocidas excretados pelas raízes das macrófitas.

Apesar do número reduzido de amostras os últimos resultados indicam que o sistema é eficiente, porém limitado no sentido de atender os valores mínimos necessários para o seu lançamento no rio local enquadrado na classe 2. Logo, a complementação do sistema com uma unidade química a base de cloro, por exemplo, seria indicada, de modo a garantir os valores de saída do sistema dentro do preconizado pela legislação vigente.

Após a interligação do ginásio de esportes ao sistema zona de raízes, estima-se que haja um incremento na vazão de aproximadamente 2,37m³.dia, quando o tempo de detenção hidráulico diminuirá para aproximadamente 9,7 dias. Por mais que haja um incremento de vazão no sistema, ainda assim a taxa aplicada será bastante baixa, indicando um desempenho satisfatório para longo prazo.

Utilizando como base os fundamentos metodológicos da pesquisa-ação, o projeto conciliou a avaliação de um sistema do tipo zona de raízes em condições ambientais reais, a resolução de um problema e a capacitação e conscientização de todos os participantes.

Para avaliar a sustentabilidade de um sistema proposto é preciso compara-lo a um sistema existente, levando-se em conta os incrementos social, cultural, ambiental e econômico da nova situação.



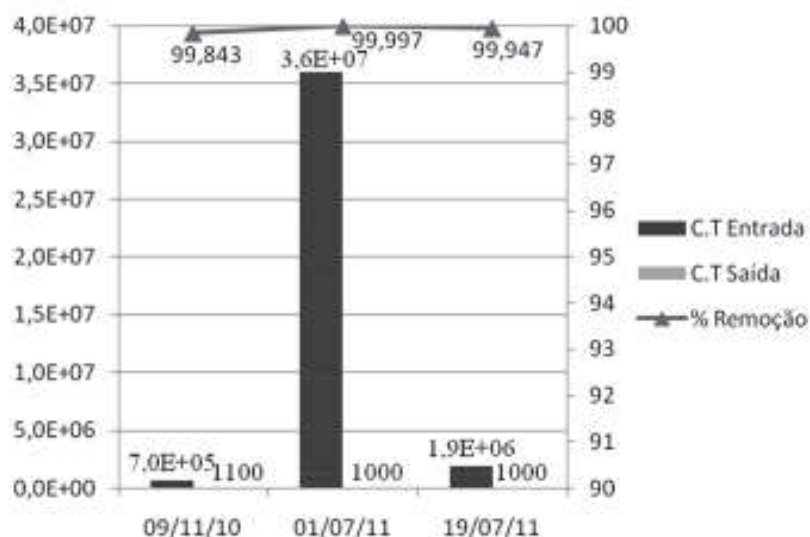


Figura 6 - Valores absolutos de entrada e saída e eficiências de remoção de C.T.

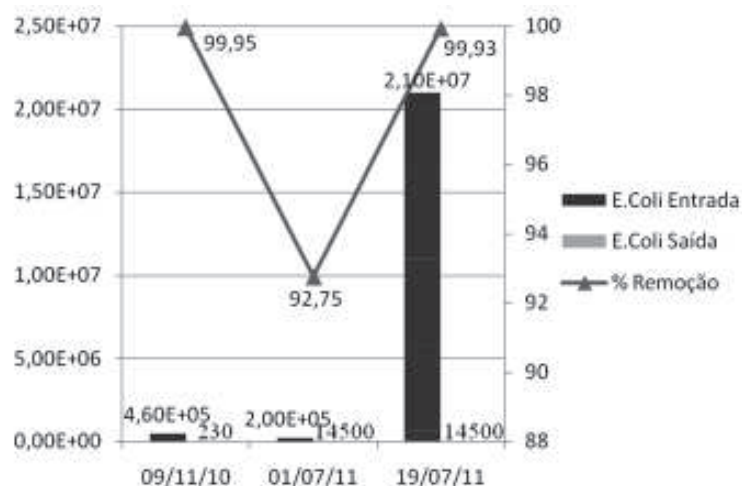


Figura 7 - Valores absolutos de entrada e saída e eficiência de remoção de *E. Coli*

Os processos participativos para implantação do sistema, considerando as discussões em cada etapa de execução possibilitaram uma maior credibilidade e confiabilidade ao projeto a ser executado perante toda a comunidade envolvida.

A dimensão econômica foi bastante evidente para todos os envolvidos no projeto devido à utilização de recursos locais de baixo custo e fácil aquisição. A própria participação dos alunos, de forma lúdica, no plantio das mudas, por exemplo, deixou

evidente que se tratava de uma tecnologia simples, acessível e barata, pois não havia nenhum tipo de estrutura ou equipamento que não fosse comum para todos.

A dimensão cultural interferiu no sentido de que com a implantação da nova tecnologia ocorreram algumas mudanças nos hábitos escolares, desde a geração do efluente e uso consciente da água até o fato de que a comunidade escolar fará continuamente a operação, uso e manutenção do sistema.



O novo sistema propiciou uma mudança no processo de ensino, principalmente das aulas de ciências. Os educadores conheceram na prática a diferença entre uma água poluída e uma água de boa qualidade e os diversos parâmetros de avaliação e controle.

A dimensão ambiental pode-se dizer que exerceu maior influência na episteme dos alunos. Antes da implantação do sistema de tratamento, havia uma fossa negra na escola que continuamente transbordava e o esgoto “corria” pelo pátio. Essa situação trazia diversos inconvenientes para os funcionários porque, além do mau cheiro, apresentava sérios riscos de contaminação por doenças de veiculação hídrica. Ao lado da antiga fossa existe um sistema de captação de água através de poço artesiano, que abastece 90% do distrito da Barra do Leão. Essa captação estava sujeita à contaminação iminente pela infiltração do esgoto. Após a implantação do sistema zona de raízes, o antigo sistema foi desativado e o esgoto direcionado para a nova unidade.

A implantação do sistema no ambiente escolar proporcionou a resolução de um problema ambiental grave atingindo satisfatoriamente os princípios da tecnologia social e sustentável pela sua fácil manutenção e operação, e também pela sua eficiência na remoção de poluentes, segundo os padrões legais.

4. CONCLUSÕES

Sobre os resultados obtidos, pode-se concluir que:

A eficiência de remoção de matéria orgânica, medida através da DBO e DQO, foi bastante elevada, com média de 72,1% e 77,4%, respectivamente.

A eficiência média de remoção de NH₄⁺-N e fósforo foi de 80,7%, com pequena variação no período de avaliação.

O sistema, na concepção em que foi apresentado, apresentou um bom desempenho na remoção de organismos patogênicos em termos de *Col. Totais* e *E. Coli*. atingindo valores de 99,93% e 97,54%, respectivamente.

Por ter sido construído numa escola, o sistema zona de raízes serviu como uma valiosa ferramenta de educação ambiental.

O sistema atingiu satisfatoriamente os princípios da tecnologia social e sustentável devido à fácil manutenção e operação, além da sua boa eficiência de remoção de poluentes, segundo os padrões legais.

5. LITERATURA CITADA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: APHA, 1998. 937p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-7229: projeto, construção operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1993. 15p.

BRAIL/FUNASA. 2011. In: [Http://www.funasa.gov.br/internet/ProAceCresIV.asp](http://www.funasa.gov.br/internet/ProAceCresIV.asp)>. (acessado em 23 de agosto de 2011).

BRASIL/MMA. **Resolução CONAMA 357**, de 17 de março de 2005. In: [Http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459)>. (acessado em 1 de setembro de 2011).

GHOSH, D.; GOPAL, B. Effect of hydraulic retention time on the treatment of secondary effluent in a subsurface flow constructed wetland. **Original Research Article Ecological Engineering**, v.36, p.1044-1051, 2010.

LEME, T. N. **Conhecimentos práticos dos professores: (re)abrindo caminhos para a educação ambiental na escola, v. 1**. São Paulo: Annablume, 2006. 146p.

LI, J.; WEN, Y.; ZHOU, Q.; XINGJIE, Z.; LI, X.; YANG, S.; LIN, T. Influence of vegetation and substrate on the removal and transformation of dissolved organic matter in horizontal subsurface-flow constructed wetlands. **Original Research Article Bioresource Technology**, v.99, p.4990-4996, 2008.

OLIJNYK, D.P.; SEZERINO, P.H.; FENELON, F.R.; PANCERI, B.; PHILIPPI, L.S. Sistemas de tratamento de esgoto por zona de raízes: análise comparativa de sistemas instalados no Estado de Santa Catarina. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007. **Anais...** Belo Horizonte: CD Rom do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.



PHILIPPI, L.S.; SEZERINO, P.H. **Aplicação de sistemas tipo Wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas.** Florianópolis: Ed. do Autor, 2004. 144p.

SANTA CATARINA. **Decreto Estadual n. 14.250**, de 5 de junho de 1981. Regulamenta dispositivos da Lei n. 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à proteção e à melhoria da qualidade ambiental. In: [Http://sistemas.sc.gov.br/fatma/pesquisa/PesquisaDocumentos.asp](http://sistemas.sc.gov.br/fatma/pesquisa/PesquisaDocumentos.asp)>. (acessado em 1 de setembro de 2011).

TOET, S.; RICHARD, S.P.; LOGTESTIJN, V. et al. The functioning of a wetland system used for polishing effluent from a sewage treatment plant. **Original Research Article Ecological Engineering**, v.25, p.101-124, 2005.

VAN KAICK, T.S.; MACEDO, C.X.; PRESZNHUK, R.A. **Jardim ecológico – Tratamento de esgoto por zona de raízes: Análises da eficiência de uma tecnologia de saneamento apropriada e sustentável.** 2008. In: [Http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_08/JARDIM%20ECOL%20D3GICO_TRATAMENTO%20DE%20ESGOTO%20POR%20ZONA%20DE%20RAIZES.pdf](http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_08/JARDIM%20ECOL%20D3GICO_TRATAMENTO%20DE%20ESGOTO%20POR%20ZONA%20DE%20RAIZES.pdf)> (acessado em 17 de fevereiro de 2016).

Recebido para publicação em 04/10/2015 e aprovado em 26/12/2015.

