

# **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO POR ZONA DE RAÍZES NA ZONA RURAL DE MANAUS, COMUNIDADE DO JULIÃO, BAIXO RIO NEGRO, AMAZONAS**

Sarah Sampaio PY-DANIEL<sup>1</sup>; Edinaldo Nelson dos SANTOS-SILVA<sup>2</sup>; Assad José DARWICH<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Bolsista PAIC/FAPEAM/INPA; <sup>2</sup>Orientador INPA/CPBA; <sup>3</sup>Colaborador INPA/CPBA

## **1. Introdução**

As comunidades rurais da Amazônia apresentam alto grau de isolamento, agravado no período de seca da região. Essas populações possuem baixa renda familiar, baixo nível de educação formal, problemas de desnutrição e, em geral, não tem acesso aos serviços públicos básicos de saúde e educação, e as condições de habitabilidade são precárias. Não tem acesso ao fornecimento de água potável e energia elétrica, não tem sistemas para coleta e tratamento de esgoto sanitário ou tratamento e disposição adequada dos seus resíduos sólidos (lixo). Nesse aspecto o problema consiste no custo de implantação e manutenção de sistemas coletivos ou centralizados de tratamento de esgoto devido às grandes distâncias. Nem mesmo as populações urbanas dispõem desse serviço. A situação de fragilidade dos sistemas públicos de saneamento se estende a continentes como América Latina, África e Ásia e é, em muitos casos, responsável pela alta prevalência de doenças de veiculação hídrica (DANIEL, 2001). No Brasil, não existem estatísticas particulares para a Amazônia, as doenças de veiculação hídrica se constituem em 65% do total das internações hospitalares (ABES, 1993). Esta situação juntamente com a condição de miséria, desnutrição, insalubridade doméstica e ambiental, propiciam a manutenção dos altos índices de mortalidade infantil, sendo o Brasil um dos mais elevados do continente (FIBGE, 2000). Devido à situação socioeconômica brasileira, que atinge níveis inaceitáveis nas comunidades rurais da Amazônia, são imprescindíveis os investimentos no desenvolvimento de tecnologias alternativas, de baixo custo e eficientes para o tratamento das águas residuárias (SCHIRMER *et al.*, 2009). Uma solução apropriada para localidades do meio rural é o sistema de Tratamento de Esgoto Sanitário por Zona de Raízes, que ocupa pequeno espaço, tem base em solos filtrantes e é uma tecnologia auto-sustentável, atendendo desde pequenas comunidades a escolas e residências unifamiliares, e pode ser não agressivo ao ambiente. Como as Estações de Tratamento de Efluentes por Zona de Raízes (ETEZR) estão sempre com o solo semi-inundado com a água do esgoto, faz-se necessário a utilização de plantas com uma rede de aerênquimas muito bem desenvolvidas para poder tratar a demanda de esgoto das estações (BAHLHO, 1996 *apud* VAN KAICK, 2002). Este estudo pretende avaliar a eficiência de uma estação de tratamento para efluentes domésticos por zonas de raízes implantada na Comunidade do Julião, zona rural do município de Manaus.

## **2. Material e Métodos**

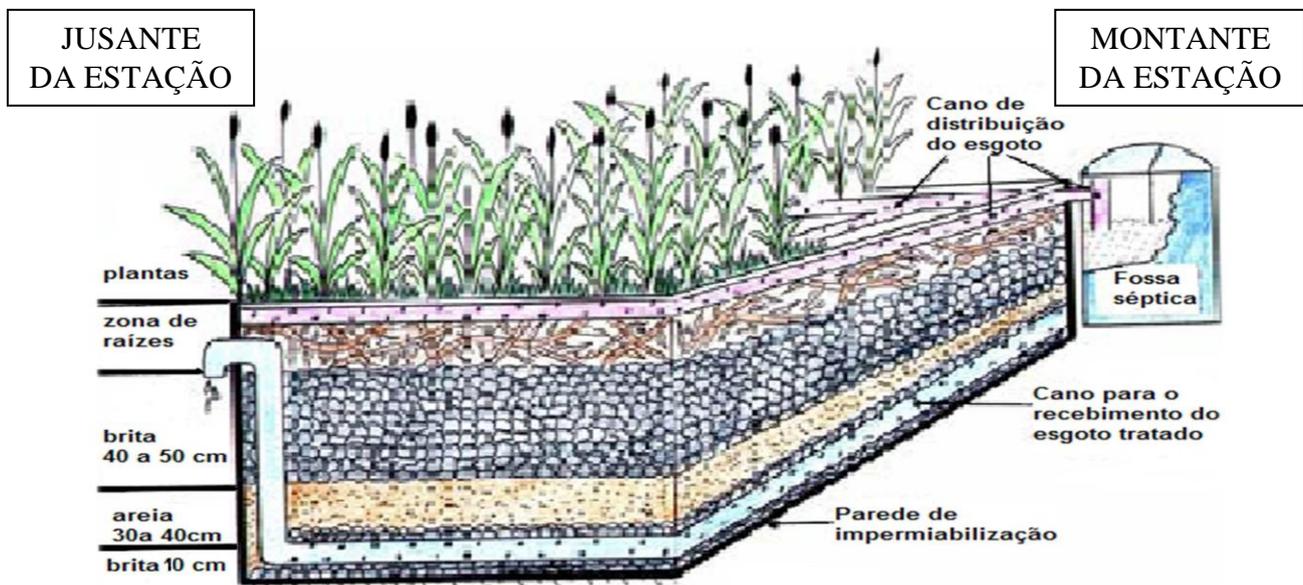
A Estação de Tratamento de Efluentes por zona de raízes (ETEZR) foi implantada para atender as necessidades de duas residências localizadas na Comunidade do Julião (Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé – RDS Tupé), sendo fixada logo abaixo superfície do solo dentro de uma caixa circular de PVC com volume de 1000 litros visando evitar a contaminação do solo, ou até mesmo do lençol freático e infiltrações indesejáveis no sistema.

O sistema é composto por dois tratamentos de efluentes, o primário realizado pela fossa séptica, e o secundário pela ETE por zona de raízes, interligados por canalizações que conduzirão o efluente. O Efluente bruto é proveniente dos sanitários das residências e segue para o tratamento primário das fossas sépticas, as quais são compostas por 3 tambores de PVC com capacidade de 200 litros conectados em série por canos de 100 mm de diâmetro, visando a redução de sólidos e resíduos sedimentáveis (Figura 1). Ao sair do terceiro tambor há uma redução no diâmetro do cano para 25mm a fim de aumentar a pressão da entrada do efluente na ETEZR.



**Figura 1** - Fossa Séptica de tambores em série. (Foto: Edinaldo Nelson dos Santos Silva)

A ETERZ segue a lógica do biofiltro, tendo um filtro auxiliar composto por plantas que constituem a zona de raízes sobre o filtro físico composto por uma camada de seixo que tem 50cm de espessura. Logo abaixo há uma camada de areia (granulometria de média para grossa) de 40 cm, seguida de nova camada seixo de 10cm de espessura (Figura 2). Nesta unidade o efluente líquido bruto é inicialmente lançado através de uma tubulação perfurada que é instalada logo abaixo da zona de raízes. A área plantada é dimensionada de acordo com a vazão de esgoto (VAN KAICK, 2002). A última camada de seixo contém tubulações de coleta do efluente tratado conduzindo-o para fora da estação pela diferença de nível de 10 cm entre os canos de entrada e saída. De acordo com Sipinski & Van Kaick (2000), a área para o tratamento de esgoto de uma estação experimental em Antonina (PR) foi de 1 m<sup>2</sup> para cada habitante, podendo ser adotada a profundidade de 1 metro segundo AMBROS *et al.* (1998, apud VAN KAICK, 2002).



**Figura 2** - Esquema da Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes. Adaptado de Van Kaick, 2002.

Para avaliar a eficiência do sistema foram coletadas amostras mensais dos efluentes à montante e à jusante da ETEZR. Nesse material foram quantificados os coliformes totais (CT), as *Escherichia coli*, a demanda química de oxigênio (DQO), o fósforo total (FT) e a turbidez no Laboratório de Limnologia da Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática do INPA, seguindo a metodologia descrita por Standard Methods (APHA, 1998).

### 3. Resultados e Discussão

Para selecionar as residências, usaram-se como critérios a presença de fossa séptica e vaso sanitário na residência. O primeiro critério devido o sistema necessitar do tratamento primário conforme exposto em tópicos anteriores, e o segundo devido a estação necessitar de fluxo de água corrente. Visto que nenhuma residência apresentava fossa séptica, optou-se por construir as fossas sépticas de baixo custo, construídas com tambores de PVC de 200 litros, que além de ser mais prático facilita seu transporte. Assim as residências selecionadas continham somente o vaso sanitário. Devido a necessidade de água para o sistema funcionar, em cada uma das residências foi instalado um sistema de coleta de água da chuva, para suprir esta necessidade. Este sistema é objeto de outro projeto de PIBIC.

Para selecionar as plantas a serem utilizadas na ETEZR, estabeleceu-se-se como critério possuírem sistema radicular adequado (fasciculado) a este propósito (VAN KAICK, 2002) além de serem plantas que pudessem ser encontradas na Comunidade do Julião. Foram selecionadas as plantas, "capim-santo" *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf e o "patchouli" *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash. A primeira é uma erva perene, frondosa e robusta, que cresce formando touceiras de um pouco mais de 1m de altura, com rizomas curtos e com sistema radicular fasciculado. A segunda, cresce formando touceiras de até 1,5m de altura, é de fácil adaptação a diferentes tipos de solo à variações extremas no ambiente (seca, geada, alagamento) e possui sistema radicular profundo e denso. Mesmo não sendo naturais da região, são abundantemente encontradas na Comunidade.

A implantação das ETEZR foi iniciada em dezembro, sendo uma estação com "patchouli" *Vetiveria zizanioides* e outra com "capim-santo" *Cymbopogon citratus*. Foram feitas 4 incursões no período de maio e junho, as amostras da primeira foram descartadas por problemas de armazenamento o que afetou na qualidade das mesmas.

A Demanda Química de Oxigênio(DQO) consegue contabilizar quase todas as ligações de elementos químicos ao carbono, sendo uma medida para degradações fáceis e para não degradáveis (VAN KAICK, 2002). Segundo Von Sperling (2005 *apud* SCHIRMER, 2009), o teste da DQO mede o consumo de oxigênio em função da oxidação química da matéria orgânica. Nesse caso os resultados para a estação com "patchouli" variaram em média de 853,2 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> à montante, a 302,6 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> à jusante, o que representou uma remoção de 64,5% para o DQO. Na estação com "capim-santo" os teores variaram em média 728,1 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> a 300,935 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> à montante e à jusante respectivamente, com remoção de 58,7% da DQO. Verifica-se que os sistemas estiveram relativamente pouco acima do estabelecido pela Resolução 001/07 da Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Paraná (SEMA) para efluentes domésticos (limite de 225 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>). Para este parâmetro a Resolução 357/05 do CONAMA não estabelece limites para o lançamento de efluentes.

A turbidez é causada pela presença de sólidos suspensos na água e é quantificada em unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Nos resultados para a estação com "patchouli" a média da turbidez a montante foi de 322,3 NTU e a jusante, 14,6 NTU, com redução de 95,5%. Para a estação com "capim-santo" a montante, 502 NTU, e a jusante, 4,1 NTU, com redução de 99,2%. Observa-se uma variação considerável entre o efluente bruto (antes da ETEZR) e o efluente tratado (após ETEZR), o que se deve, certamente na maioria, à ação do filtro físico de areia e seixo/brita e aos microrganismos do meio. Segundo Schirmer *et al.* (2009) essa capacidade de filtração está relacionada à porosidade do meio o que nesse sistema é proporcionado principalmente pela presença de areia, quanto menor for essa porosidade maior será a retenção de sólidos e, conseqüentemente, menor a turbidez do efluente. Os resultados enquadram-se no limite máximo de 100 NTU estabelecido pela Resolução do CONAMA 357/05.

Os resultados na redução dos coliformes totais (CT) não apresentaram qualquer eficiência, visto que não houve variação entre o efluente bruto e tratado. Em contraposição, os resultados de redução de *Escherichia coli* entre o efluente bruto e tratado foram consideráveis. Na estação com "patchouli" o número mais provável (MPN) de *E. coli* em 100 ml foi reduzido de 1011MPN à montante para 7 MPN à jusante, o que é correspondente a 99,3% de eficiência. Para estação com "capim-santo" a eficiência correspondeu à 99,8%, uma vez que o número mais provável de *E. coli* foi reduzido de 1011MPN à montante para 2MPN à jusante. Isto pode ser explicado pelo fato dos CT apresentarem uma interferência na eficiência causada pelas plantas da ETES por zona de raízes por serem

sistemas vivos com interação com o ambiente, e pelo próprio ambiente (VAN KAICK *et al.*, 2008). Além disso, de acordo com esses autores, a explicação é corroborada pela constatação de que as plantas já possuem bactérias mantendo constância nos coliformes totais. Porém estes ambientes são desfavoráveis a *E. coli* devido a competição e a presença do filtro de areia, o que resulta em uma constante redução na quantidade desses organismos à medida que o efluente passa no sistema (VAN KAICK *et al.*, 2008). De acordo com Bahlo e Ambros (1996; 1998; *apud* VAN KAICK, 2002) a redução de coliformes fecais (*E. coli*) nas ETEZR é considerada significativa quando possui variação entre 90 e 99%. Com base nisto os resultados são significativos.

O fósforo sob forma de  $PO_4^-$  é absorvido pelas plantas além de possuir alta afinidade com o solo. Porém, possui pouca mobilidade no mesmo, devido às suas ligações com compostos insolúveis e à absorção por argilas ou precipitados sob forma de fosfatos de ferro, alumínio, e cálcio (BONNET, 1997 *apud* VAN KAICK, 2002). Este elemento não é tóxico nem em altas concentrações, mas quando em excesso no meio aquático pode acarretar o estabelecimento excessivo de algas gerando a eutrofização (AISSE, 1997 *apud* VAN KAICK, 2002). Nos amostras da estação com "patchouli" o fósforo total médio à montante foi de 88,5 mg/L e à jusante, 1,47 mg/L, com redução de 98,3%. Na estação com "capim-santo" foi de 117,72 mg/L e 5,68 mg/L à montante e à jusante, respectivamente, tendo redução de 95,2%. A ETEZR apresentou uma grande remoção o que representa uma alta eficiência do sistema, uma vez que em resultados encontrados por Van Kaick (2002) foram valores variando entre 10,0 e 15,0 mg/L no efluente tratado, e por Shirmer *et al.* (2009) foram com remoção de 54% da concentração de fósforo. Isto pode ter ocorrido devido à adsorção do fósforo em forma disponível, nos leitos filtrantes onde houve a conversão deste elemento químico em material celular fundamental para o metabolismo das plantas da estação (TOMAZELA, 2006). Também pode estar relacionado ao seixo ser um material filtrante de diferente origem da brita a qual é sugerida para a construção da estação, porém não é encontrada na região. O seixo pode ter menos ferro, alumínio e cálcio para a formação dos seus respectivos fosfatos, o que evita a lixiviação, disponibilizando o fósforo para as plantas. Este fator pode explicar a grande redução do fósforo total no efluente tratado. A Resolução 357/05 do CONAMA não estabelece limites para o lançamento de efluentes para este parâmetro.

#### 4. Conclusão

As Estações de Tratamento de Efluentes por Zona de Raízes foram identificadas como uma tecnologia apropriada com base nos processos de implantação, não necessitando de gastos com mão-de-obra qualificada, operação e manutenção, além de demandar de uma pequena área do terreno doméstico. As ETEs atingiram valores altamente positivos quanto à eficiência na redução da turbidez, do fósforo total e da *E. coli*. Por outro lado, ainda que o DQO tenha sido consideravelmente reduzido, seus valores após o tratamento ainda mantiveram-se pouco acima das legislações ambientais de acordo com trabalhos anteriores, enquanto que não houve qualquer eficiência na redução de coliformes totais. Desta forma, torna-se necessário um pós-tratamento podendo ser, para a redução dos coliformes totais, a aplicação de cloro antes do lançamento do efluente no ambiente. E para a redução da DQO, a inserção de caixa de gordura no sistema antes da fossa séptica, visando retirar uma quantidade maior de matéria orgânica. Este sistema pode ser uma boa alternativa de tratamento secundário de esgoto doméstico, propondo uma melhoria na qualidade de vida para as comunidades rurais.

#### 5. Referências (de acordo com as normas da *Acta Amazonica*)

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1993. *ANAIS do XVII Congresso de Engenharia Sanitária*. Natal, RN.

APHA-AWWA-WPCF 1998. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association Washington, D.C, USA. 1193pp.

Daniel, L. A. *Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável* 2001. São Carlos, São Paulo. Rima Editora, 149pp.

FIBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Sinopse preliminar do censo demográfico 2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibge/estatistica/universo.php>>. Acesso: 03 fev. 2002.

Schirmer, W. N. *et al.* 2009. *Tratamento De Esgoto Por Zona De Raízes Em Comunidade Rural* – Parte 2: avaliação. Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient 7: 165-173, Curitiba.

Sipinski, M. A.; Van Kaick, T. S. 2000. *Estação de tratamento de esgoto (ETE) piloto na Reserva Morro da Mina/SPVS, Antonina Paraná.* Cad. Litoral, 3: 64p., Curitiba.

TOMAZELA, A. B. G. 2006. *A Avaliação de sistemas de tratamento e reuso de esgoto sanitário para fins de irrigação.* Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrômicas, Botucatu. 103 pp.

Van Kaick, T. S. 2002. *Estação de Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná.* Dissertação de Mestrado, CEFET-PR, Curitiba. 116 pp.

Van Kaick, T. S. *et al.* 2008. *Jardim Ecológico – Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes: Análise e Comparação da Eficiência de uma Tecnologia de Sanemamento Apropriada e Sustentável.* VI Semana de Estudos da Engenharia Ambiental, UNICENTRO, Campus Irati. 12 pp.