

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

POR ZONA DE RAÍZES (ETEZR) INSTALADA NO HORTO FLORESTAL DE

CAÇADOR-SC

Leandro Nava¹
Claudemir de Lima²

RESUMO

A Estação de Tratamento de Esgotos por Zona de Raízes (ETEZR) é definida como um sistema construído para utilizar plantas aquáticas fixadas em areia e brita, de forma natural, estimulando a formação de microorganismos com a finalidade de tratar efluentes por meios biológicos, físicos e químicos. O sistema promove a degradação da matéria orgânica (mineralização, desnitrificação e nitrificação), a remoção de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio e elimina patógenos como os coliformes, além de apresentar baixo custo de implantação, fácil operação e manutenção reduzida. O presente estudo objetivou avaliar a eficiência da ETEZR instalada no Horto Florestal de Caçador-SC, precedida por caixa de gordura e pelo sistema fossa filtro. Verificou-se uma redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) na ordem de 92% e com relação à turbidez uma redução de 94%. Desse modo, comprovou-se a eficiência do sistema no tratamento do esgoto doméstico rural, evitando que o mesmo seja lançado in natura no solo e contamine as águas superficiais e subterrâneas, trazendo agravos à saúde da população próxima.

Palavras-Chave: Estação de Tratamento de Esgotos por Zona de raízes - Eficiência do sistema - Horto florestal de Caçador

ABSTRACT

The Treatment of Drains For Zone of Roots Station (TDZRS) is defined as a system build to use aquatic plants fixed in sand and gravel, in a natural way, stimulating the formation of microorganisms with the aim of treat effluents for biological ways, physical and chemical. The system provides the degradation of organic material (mineralization, denitrification and nitrification), the removal of nutrients like

¹ Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). Rua José Mendes dos Santos, 98 Videira (SC) Brasil. E-mail: leandro_nava@yahoo.com.br.

² Possui graduação em Administração de Empresas e Engenharia Ambiental. Pós-Graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho e Tecnologia de Celulose e Papel. É docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). E-mail: claudemir@uniarp.edu.br.

Phosphorus and Nitrogen and eliminates pathogens like coliforms, as well as show the low cost of implantation, easy operation and small maintenance. The present study aimed to consider the efficiency from TDZRS installed on the Florestal Garden from Caçador – SC, preceding by grease box and by the septic tank filter system. Was verified a reduction from the Biochemical Oxygen Demand (BOD) in order of 92% and with the relation to turbidity a reduction of 94%. This way, it was proved the efficiency of the system in treatment of domestic rural drains, preventing that the same be released in natura on the soil and contaminate the superficial and subterranean waters, bringing grievances to the health of the population around.

Key-Words: The Treatment of Drains For Zone of Roots Station - System efficiency – Florestal Garden from Caçador.

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas ambientais enfrentados pelos habitantes brasileiros é a falta de tratamento dos esgotos sanitários, que lançados in natura nos solos acarretam contaminação das águas e conseqüentemente sérios problemas de saúde pública, como cólera, hepatites, verminoses e diarreias. A população pobre e a rural são as que mais sofrem com esse problema, devido à falta de conscientização e de investimentos governamentais. Segundo o IBGE (2007), no Brasil, 47,2% da população não possui rede coletora de esgoto nem ao menos fossa séptica. Isso significa que quase 100 milhões de habitantes não dispõem desses serviços; o problema é ainda mais grave nas comunidades rurais e de baixa renda.

A ausência total ou parcial, de serviços públicos de esgotos sanitários nas áreas urbanas, suburbanas e rurais exige a implantação de algum meio de disposição dos esgotos locais com o objetivo principal de evitar a contaminação do solo e da água, e evitar proliferação de insetos, e outros vetores de doenças (JORDÃO e PESSOA, 1995, p. 259).

Nas comunidades rurais, devido à distância e alto custo para implantação e manutenção de redes coletoras de esgoto, a busca por alternativas viáveis intensificou-se e uma solução encontrada foi o tratamento através de fossas sépticas, que é definida por Jordão e Pessoa (1995, p. 54) como:

São unidades de tratamento primário de esgoto doméstico nas quais são feitas a separação e a transformação físico-química da matéria sólida contida no esgoto. É uma maneira simples e barata de disposição dos esgotos indicada, sobretudo, para a zona rural ou residências isoladas. Todavia, o tratamento não é completo como numa Estação de Tratamento de Esgotos.

No entanto, como o tratamento de esgoto nas zonas rurais pelo método da

fossa séptica não é completo, uma forma de aumentar sua eficiência é por meio das zonas de raízes ou leitos cultivados, que apresenta um custo baixo de implantação, fácil operação e manutenção reduzida, não apresenta odor e atendem a legislação ambiental CONAMA 357 de 2005 e CONAMA Nº 430 de 2011. Esse sistema deve vir à jusante das fossas sépticas e é composto por filtros físico-biológicos plantados com macrófitas (junco), onde ocorrem processos aeróbicos e anaeróbicos.

A Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005, que além de classificar os corpos de água em doces, salobras e salinas, e elaborar o seu enquadramento, também estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, trabalhando com limites individuais para cada substância e o seu devido monitoramento pelo poder público. Esta resolução vem reforçar a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e fomenta da importância do controle de lançamento de poluentes no meio ambiente. Mais recentemente, entrou em vigor a Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357/05. Desta forma, para cumprir as exigências legais, é necessário que os efluentes sejam tratados antes de serem lançados no meio ambiente e seja verificada a sua eficiência, através da coleta e análise de certos parâmetros como a DBO e a turbidez.

As coletas das amostras e as análises de DBO e turbidez serão cruciais, pois determinarão a eficiência do sistema proposto e sua viabilidade para a comunidade caçadoreense. Comprovando-se a eficiência, muitos serão os benefícios para o meio ambiente e para a saúde pública, contribuindo com o desenvolvimento sustentável da região.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEFINIÇÕES DE ESGOTO DOMÉSTICO OU SANITÁRIO

Para Dacach (2000, p.85), “o esgoto é constituído de fezes e urina em mistura com águas servidas, oriundas das abluções corporais e da lavagem de pisos, roupas, utensílios de cozinha etc, sem incluir as águas pluviais.”

Os esgotos domésticos ou sanitários compreendem os resíduos líquidos provenientes de instalações sanitárias, lavagem de utensílios domésticos e roupas, ou outras atividades desenvolvidas nas habitações, prédios comerciais e públicos. São caracterizados pela grande quantidade de matéria orgânica que contém o que causa redução do oxigênio dissolvido na água que os recebe, como resultado de sua estabilização pelas bactérias (MOTA, 1999, p.66).

Segundo Bonnet (1997 apud KAICK; MACEDO; PRESZNHUK, 2002, p. 37), o esgoto doméstico brasileiro é caracterizado desta forma: 55% é composto por matéria orgânica decomponível – formada em média por 50% de carboidratos, 40% de proteínas e 10% de gorduras – 20% é formado por matéria inorgânica e 25% de misturas de materiais orgânicos e inorgânicos – como nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo – distribuídos como sólidos suspensos ou dissolvidos, voláteis (orgânicos) ou fixos (inorgânicos ou minerais), com pH variando entre 6,5 e 8,0, contendo 99,9% de água e apenas 0,1% de sólidos.

O esgoto doméstico se diferencia do industrial, animal e hospitalar. No esgoto doméstico há uma menor exigência de oxigênio para degradar a matéria orgânica do que no industrial, hospitalar e animal, porém, todos os tipos de esgoto necessitam de tratamento adequado, evitando assim a poluição e a contaminação do ambiente (PANCERI, 2001).

A contaminação das águas pelos esgotos gera implicações ambientais e implicações na saúde pública, pois, a saúde de uma população está interligada a qualidade da água consumida. A contaminação por substâncias orgânicas e degradáveis entre elas o nitrogênio, o fósforo, acarretam uma grande proliferação de organismos autótrofos que passam a consumir grande parte do oxigênio dissolvido na água, causando a morte da fauna local. (BONACELLA; MAGOSSI, 1990 apud VEIGA, 2007, p. 17).

2.2 TRATAMENTO PRIMÁRIO DO ESGOTO SANITÁRIO POR FOSSAS SÉPTICAS

Seguem algumas definições para fossas sépticas:

Fossas sépticas são câmaras convenientemente construídas para ter os despejos domésticos, ou industriais, por um período de tempo especificamente estabelecido, de modo a permitir sedimentação dos sólidos e retenção do material graxo contido nos esgotos, transformando-os, bioquimicamente, em substâncias e compostos mais simples e estáveis (JORDÃO e PESSOA, 1995, p. 260).

O Decreto nº 533 de 16 de janeiro de 1976, caracteriza as fossas sépticas

da seguinte forma:

Entende-se por fossas sépticas as unidades de sedimentação e digestão de fluxo horizontal e funcionamento contínuo, destinado ao tratamento primário dos esgotos.

É um tanque de sedimentação e digestão, onde se realiza o tratamento primário das águas servidas em geral. O líquido se escoia continuamente, no sentido horizontal, de modo a permitir que os materiais em suspensão se depositem no fundo, onde se decompõem anaerobicamente e se transformam em líquidos e gases. A entrada do esgoto no tanque deverá ser feita através de uma curva, cuja extremidade estará mergulhada cerca de 30 cm no líquido séptico. Este dispositivo terá por finalidade impedir o retorno de gases e reduzir o turbilhamento do meio líquido, o qual prejudicaria o processo de decantação, evitando o arrastamento de sólidos flutuantes (PHILIPPI, 1988).

Para Jordão e Pessoa (1995, p. 260), esse tipo de fossa é um dispositivo de tratamento de esgotos destinados a receber a contribuição de um ou mais domicílios e com capacidade de dar aos esgotos um grau de tratamento compatível com a sua simplicidade e custo. Assim, deverá dar condições aos seus efluentes de: impedir perigo de poluição de mananciais destinados ao abastecimento domiciliário; impedir alteração das condições de vida aquática nas águas receptoras; não prejudicar as condições de balneabilidade de praias e outros locais de recreio e esporte; e impedir a contaminação de águas subterrâneas, de águas localizadas (lagos e lagoas), de cursos d'água que atravessam núcleos de população, ou de águas utilizadas na dessedentação de rebanhos e na horticultura, além dos limites permissíveis, a critério do órgão local responsável pela saúde pública.

A instalação de uma fossa séptica consiste em uma caixa de gordura, uma caixa de inspeção, uma fossa séptica e um sumidouro (CARVALHO e OLIVEIRA, 2002).

De acordo com os conceitos de Jordão e Pessoa (1995, p. 261 e 262), o funcionamento das fossas sépticas pode ser explicado nas seguintes fases do desenvolvimento do processo: retenção do esgoto – o esgoto é retido na fossa num período de 24 a 12 horas; decantação do esgoto – processa-se uma sedimentação de 60 a 70% dos sólidos em suspensão contida nos esgotos, formando-se o lodo, e parte dos sólidos não sedimentados, formados por óleos, graxas, gorduras e outros materiais misturados com gases, emerge e é retida na superfície livre do líquido,

denominados de espuma.

O intervalo entre duas limpezas do tanque varia de 6 meses a 2 anos. Após a limpeza deve-se deixar cerca de 20 litros de lodo, a fim de facilitar o reinício da digestão. É importante lembrar que a fossa séptica não purifica os esgotos, apenas reduz a sua carga orgânica a um grau de tratamento aceitável em determinadas condições (JORDÃO e PESSOA, 1995, p. 273).

2.3 TRATAMENTO SECUNDÁRIO DO ESGOTO SANITÁRIO POR ZONA DE RAÍZES

Devido à situação sócio-econômica brasileira, são inevitáveis os investimentos no desenvolvimento de tecnologias alternativas, de baixo custo e de alta eficiência para o tratamento das águas residuárias. O tratamento de esgoto utilizando plantas está se revelando uma alternativa eficiente e de baixo custo quando comparadas aos sistemas convencionais (LEMES et al. 2008, p. 170).

Segundo Brix (1994, apud LEMES et al. 2008, p. 170), esses sistemas podem ser implementados no mesmo local onde o efluente é produzido, podem ser operados por mão de obra não especializada, possuem baixo custo energético e são menos susceptíveis às variações nas taxas de aplicação de esgoto.

Chernicharo (2001, apud NAIME; GARCIA, 2005, p. 10) respalda as vantagens de baixo custo, fácil operação e alta eficiência das enraizadas na remoção de nitrogênio, fósforo e sólidos suspensos, e destaca como desvantagens a necessidade de áreas para implantação de lagoas e a necessidade de substratos não suscetíveis a entupimentos.

As enraizadas podem ser definidas como sistemas construídos para utilizar plantas aquáticas fixadas em substratos (areia, solo ou cascalho), de forma natural e sob condições ambientais adequadas, estimulando a formação de microorganismos com a finalidade de tratar efluentes por meios biológicos, químicos e físicos (Chernicharo, 2001 apud NAIME; GARCIA, 2005, p. 10).

O método de utilizar plantas macrófitas foi introduzido na Alemanha, na década de 60, quando os cientistas descobriram que em áreas alagadas, onde há junco, a água se torna de boa qualidade, pois liberam oxigênio pelas raízes, facilitando o desenvolvimento de bactérias, que digerem os dejetos, fornecendo

nutrientes às plantas e purificando a água. (STEGEMANN, 1995 apud VEIGA, 2007, p. 30).

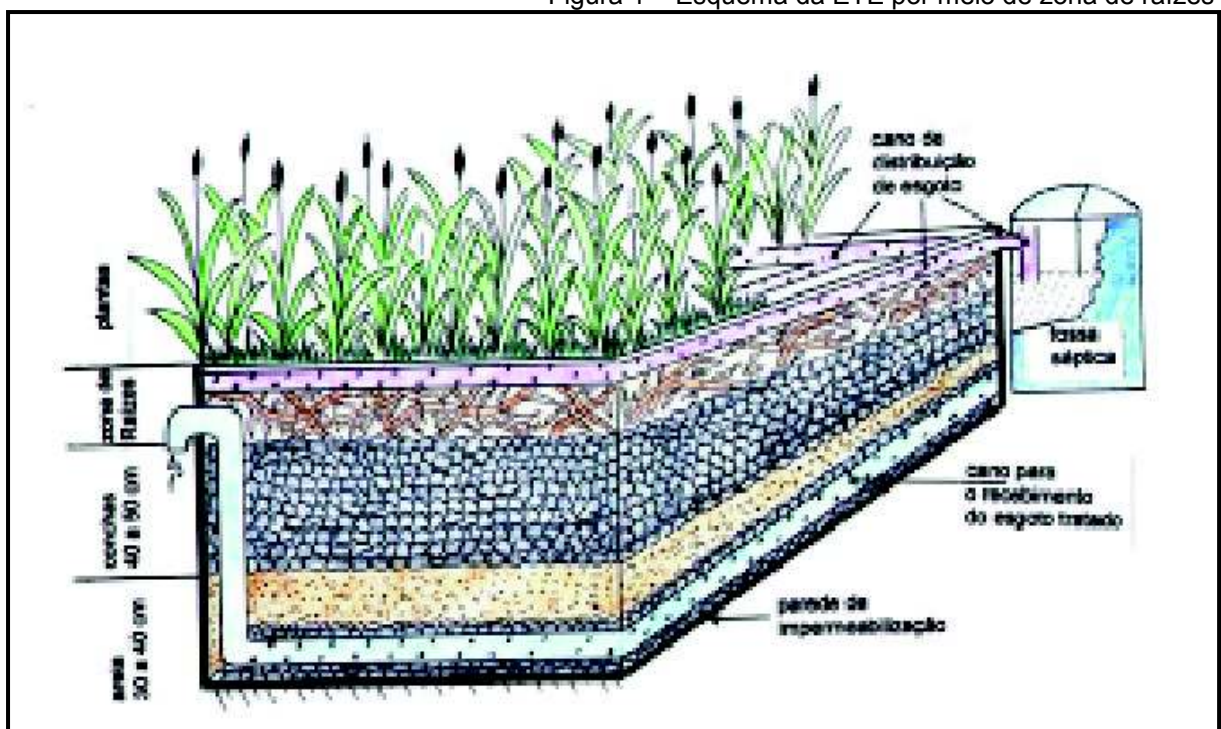
Para Kaick, Macedo e Presznhuk (2008, p. 04 e 05), a ETE por Zona de Raízes desenvolvida no Brasil tornou-se um produto diferenciado daquele utilizado na Alemanha. Nas ETEs nacionais foram realizadas uma série de adaptações para atender as condições locais, apresentando baixo custo de implantação e manutenção, devido ao aproveitamento dos recursos locais – inclusive plantas nativas, utilização de materiais alternativos e por não usar equipamentos elétricos para a aeração e condução do tratamento do efluente. Estas ETEs foram desenvolvidas objetivando atingir as seguintes metas:

- a) Evitar a contaminação do solo ao redor da residência por efluente doméstico não tratado, que pode conter agentes patogênicos, ovos e cistos de verminoses, e que influenciam negativamente à saúde da família (comunidades rurais /costeiras);
- b) Tratar o efluente por meio de uma tecnologia de baixo custo e fácil manutenção;
- c) Mudar a consciência em relação aos cuidados com a água e seus usos na residência, por meio da observação do crescimento, do desenvolvimento e do aspecto paisagístico e da qualidade do efluente tratado que sai da estação de tratamento de esgoto;
- d) Integrar o sistema de tratamento de esgoto com a paisagem local, utilizando plantas nativas em áreas de Proteção ambiental, e plantas com potencial paisagístico, em áreas da zona urbana;
- e) Incluir o sistema de tratamento de esgoto como um elemento estético integrado ao jardim da residência, justamente por não exalar odores possibilitando transformá-lo em um local de observação;
- f) Incrementar a fonte de renda nas comunidades pesqueiras com a adequação das condições de qualidade do corpo d'água para se enquadrar nas condições exigidas pela Legislação Ambiental para a prática da maricultura, tornando-a um reforço de ordem econômica segura;
- g) Trabalhar com um sistema de tratamento de esgoto que não necessite de equipamentos que utilizem energia, funcionando todo ele por gravidade e pela ação de oxigenação das plantas.

Os filtros plantados com macrófitas, também conhecidos como zona de

raízes e/ou leitos cultivados, estão inseridos dentro do grupo dos constructed wetlands. Estes podem ser construídos empregando-se direções de fluxo hidráulico seguindo na horizontal e/ou na vertical, sendo que estas duas concepções de fluxo diferem-se quanto aos objetivos propostos para o tratamento. Esta alternativa tecnológica, que deve ser precedida de tratamento primário, não é contemplada em normas técnicas, dificultando assim a uniformização de parâmetros e critérios de dimensionamento. Percebe-se, portanto, adoção de inúmeros critérios e modelos para o dimensionamento das unidades filtros plantados com macrófitas (SEZERINO e PHILIPPI, 2000, p. 689).

Figura 1 – Esquema da ETE por meio de zona de raízes



Fonte: Kaick, Tamara Simone Van, 2002

Nas raízes das plantas conhecidas como enraizadas, estão fixadas as bactérias que recebem oxigênio e nitrogênio conduzidos pelos arênquimas do caule até as raízes. Em troca, as bactérias decompõem a matéria orgânica que é transformada em nutrientes que são fornecidos para a planta. Nos sistemas convencionais de tratamento de esgoto, o processo de decomposição da matéria orgânica libera gases que produzem mal cheiro. No caso das enraizadas, o mau cheiro é evitado, porque as próprias raízes funcionam como filtro, eliminando os maus odores (NAIME; GARCIA, 2005, p. 19)

A presença das plantas nestes filtros, segundo Brix (1997 apud KAICK;

MACEDO; PRESZNHUK, 2008, p. 04), contribui na eficiência do tratamento de esgoto de 6 formas: i) estabilização da superfície do filtro; ii) promoção de boas condições para o processo físico de filtração; iii) prevenção contra a colmatação em filtros de fluxo vertical; iv) aeração da rizosfera (região de contato entre solo e raízes); v) retirada de nutrientes devido o requerimento nutricional das plantas; e vi) embelezamento paisagístico.

Neste sistema a degradação das substâncias poluidoras contidas na água ocorre através da simbiose entre plantas, solo e/ou substrato artificial e microorganismos. A função principal das plantas consiste em fornecer oxigênio ao solo/substrato através de rizomas que possibilitam o desenvolvimento de uma população densa de microorganismos, que finalmente são responsáveis pela remoção dos poluentes da água. Toda a água tratada e polida pela Zona de Raízes pode ser 100% reciclada (SILVA, 2008). Segundo este mesmo autor os sistemas com plantas são eficientes porque o processo de degradação da matéria orgânica (mineralização, nitrificação, desnitrificação) é muito completo, devido à grande biomassa. Além disso, são removidos não só a carga orgânica como também nutrientes (por exemplo, Fósforo e Nitrogênio) que levam à eutrofização das águas, elimina patógenos como coliformes, e substâncias inorgânicas como fenóis e metais pesados. Sistemas com plantas podem ser, se desejável, configurados como elementos de Paisagismo Ambiental (Biótopos, por exemplo), em forma de jardins ou parques (CRISPIM; PAROLIN; SANTOS, 2010, p. 2).

2.4 ANÁLISE DAS AMOSTRAS COLETADAS

Segundo Silva (2003), a amostragem exerce um papel de suma importância, não podendo ser realizada de forma negligente, levando a interpretações errôneas, sendo que um bom planejamento de amostragem inclui a metodologia de coleta, tipos de amostras (simples ou compostas), pontos de amostragem, tempo de coleta, preservação, transporte, equipamentos necessários, coleta adequada e parâmetros a serem analisados.

Para realizar uma coleta de maneira certa, não podem ter certos materiais como areias ou pedaços de galhos, deve-se também enxaguar o frasco por 3 vezes para evitar-se a exagerada aeração da amostra, e não se pode coletar próximo a barrancos ou no fundo do canal.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio é um parâmetro utilizado para avaliar a quantidade de oxigênio requerida por microrganismos aeróbios para a degradação bioquímica do material orgânico de águas residuárias brutas, efluentes, de águas poluídas em geral (em 5 dias). A DBO5 tem sido um dos parâmetros aplicados na legislação ambiental para regulamentar o lançamento de efluentes em corpos d'água. (OLIVEIRA et al., 2000).

Segundo a Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009, que institui o Código Estadual Catarinense do Meio Ambiente, em seu artigo 177 define:

Os efluentes somente podem ser lançados direta ou indiretamente nos corpos de água interiores, lagunas, estuários e na beira-mar quando obedecidas às condições previstas nas normas federais e as seguintes:

XI - DBO 5 dias, 20°C no máximo de 60 mg/l, sendo que este limite somente pode ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento biológico de água residuária que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento).

Já a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357/05, em seu artigo 16 define:

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Para a turbidez, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 357/2005) não estabelece um valor padrão para o lançamento de efluentes.

3 MATERIAL E MÉTODO

Área estudada: A área de estudo foi o Horto Florestal do município de Caçador, pertencente ao Estado de Santa Catarina. Foi projetado e implantado na casa do responsável pela vigia do estabelecimento, cujos moradores são o casal e mais dois filhos, um sistema experimental de tratamento de efluente composto pela caixa de gordura, seguido pela fossa séptica e filtro, e por último pela zona de raízes.

O projeto utilizou-se do desnível disponível no terreno, funcionando pela força da gravidade. A vazão média diária de esgoto por morador é de 160 litros por dia, totalizando 640 litros diários. O tanque da zona de raízes possui as seguintes medidas: 5 metros de comprimento, 2 metros de largura e 1 metro de profundidade, totalizando 10 m³. A cava é forrada como uma lona plástica grossa, com drenos de entrada e saída de tubo de PVC com furos, cobertos com brita nº 0 e nº 2 e areia média, a planta utilizada como macrófita é o junco (4 plantas por m²).

Figura 2 – Esquema em corte do filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal



(1) Macrófitas; (2) Tubulação de alimentação perfurada; (3) Tubulação de coleta perfurada; (4) Brita na zona de entrada e de saída; (5) Areia no leito filtrante; (6) Raízes e rizomas; (7) Impermeabilização da lateral e do fundo; (8) Tubulação de controle de nível.

Fonte: Débora Parcias Olijnyk / GESAD-UFSC

Figura 15 – Tratamento de Efluente por Zona de Raízes no Horto Florestal de Caçador



Fonte: NAVA, Leandro. 2012.

Amostras: No dia 16 de maio de 2012, às 16 horas, foram realizadas as coletadas do efluente bruto e do efluente tratado e procederam da seguinte maneira: a primeira coleta foi do efluente bruto, coletado antes da chegada na caixa de gordura; a segunda coleta foi do efluente tratado, coletado na saída do tanque de zona de raízes. Tanto na primeira coleta como na segunda, foi preenchido um frasco de vidro de 500 ml conforme a NBR 9898/1987 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores) e foram encaminhados ao laboratório para análise.

Procedimento Analítico: A análise do efluente coletado na entrada e na saída do sistema foi realizada pelo Laboratório Madalozzo Camati Análise de Águas e Efluentes, que realizou os processos necessários para a determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e da turbidez.

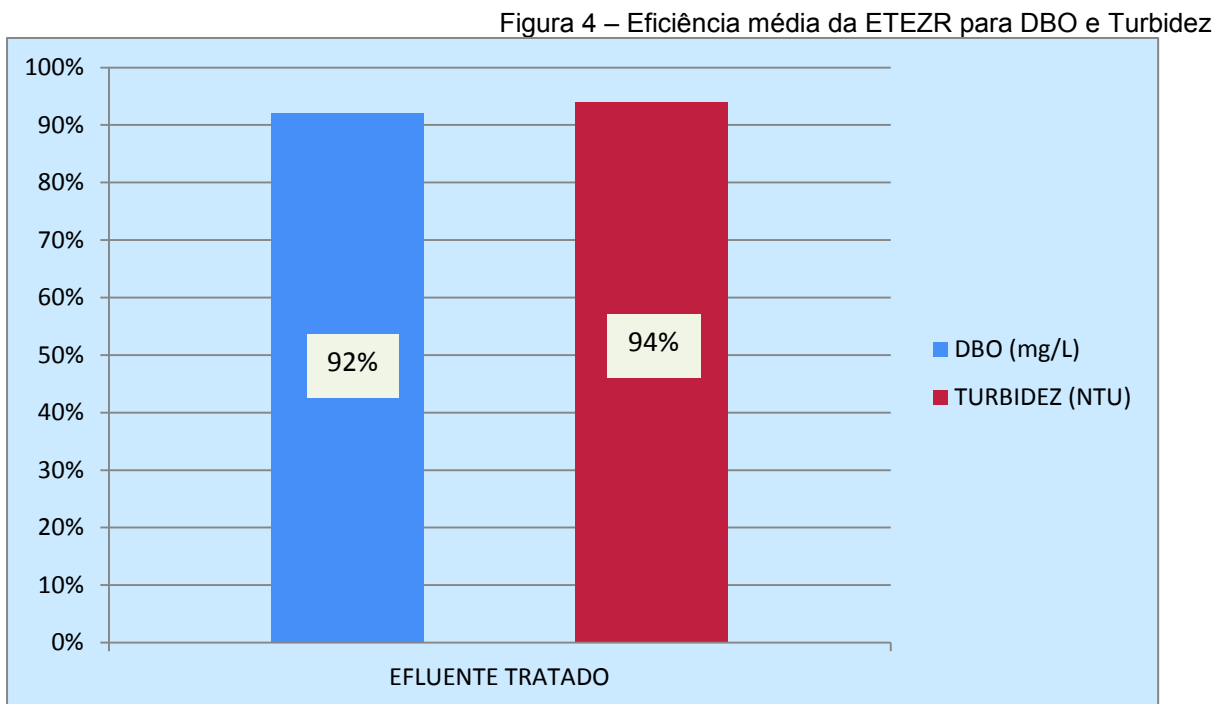
Avaliação dos Dados: Na comparação dos resultados obtidos pela determinação da DBO e da turbidez nas amostras coletadas na entrada e saída do sistema de tratamento de efluente por zona de raízes no Horto Florestal de Caçador-SC, empregou-se o cálculo da eficiência:

$$\text{Eficiência} = \left[\frac{\text{Entrada} - \text{Saída} \times 100}{\text{Entrada}} \right]$$

Através deste cálculo, foi possível verificar a eficiência do sistema proposto e tirar as devidas conclusões.

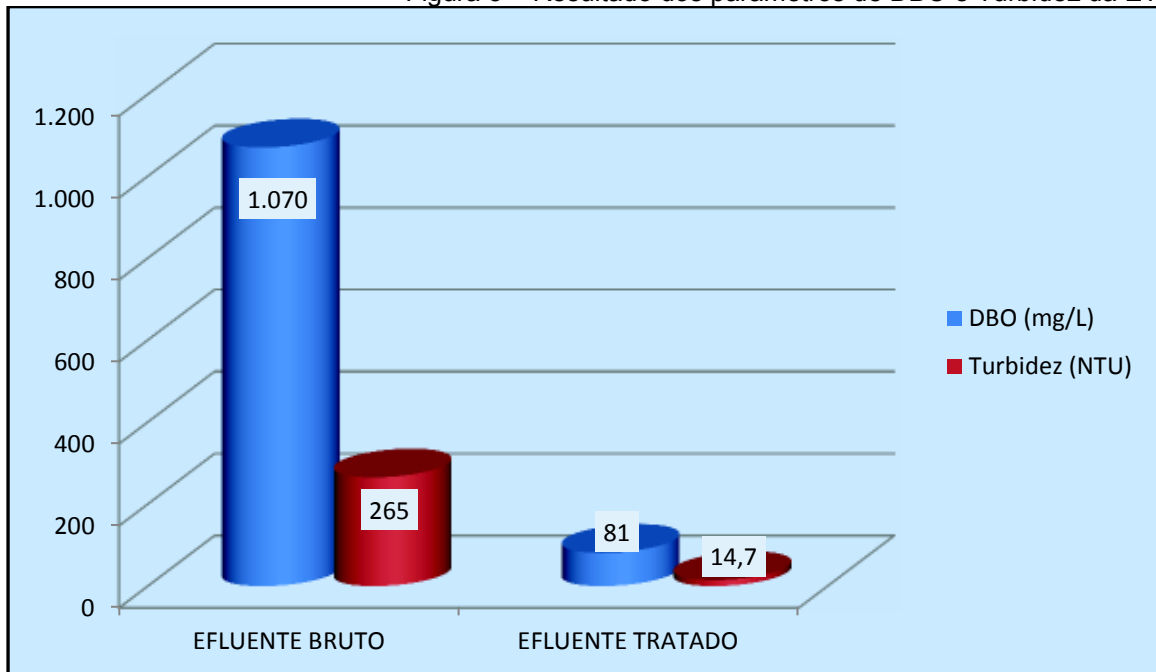
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção média mensal de esgoto na casa avaliada no Horto Florestal de Caçador, com quatro moradores, foi de 19.200 litros e de 230.400 litros por ano. Desse modo, a Estação de Tratamento de Esgotos por Zona de Raízes (ETEZR) demonstrou uma eficiência média no tratamento do esgoto bruto para o tratado de 92% para DBO e 94% para turbidez, como é possível visualizar no gráfico abaixo:



Observa-se que a DBO presente no efluente bruto é de 1.070 mg/L e após passar pela Estação de Tratamento de Esgotos por Zona de Raízes (ETEZR) apresenta o valor de 81 mg/L. Já com relação a turbidez, o efluente bruto apresenta 265 NTU e após passar pelo tratamento por zona de raízes verifica-se 14,7 NTU, como é demonstrado abaixo:

Figura 5 – Resultado dos parâmetros de DBO e Turbidez da ETEZR



Assim, comprovou-se que o sistema por zona de raízes é uma tecnologia viável para localidades rurais distantes, onde o saneamento básico quase inexistente, pois é uma alternativa de tratamento de esgoto de fácil operação, com custo baixo de implantação e reduzida manutenção, além de contribuir diretamente para a sustentabilidade da região, proteção ambiental e melhoria da saúde pública.

Outro ponto positivo da ETEZR é que a decomposição da matéria orgânica realizada pelas bactérias, aderidas nas raízes das plantas, não produz gases odoríferos, pois transforma o material em nutrientes que é consumido pelas plantas e pelas próprias bactérias.

A planta utilizada no sistema foi o junco do gênero *Phragmites*, que apresentou um crescimento rápido e denso, com ótima adaptação ao clima local, baixa manutenção e eficiência satisfatória. Com essa tecnologia não há criação e presença excessiva de insetos no local, já que o esgoto a ser tratado permanece sob o material filtrante.

Para finalizar, essa tecnologia pode ser disseminada para outras comunidades rurais da região para evitar-se a contaminação do solo e da água e o agravo a saúde da população local, além de servir como um instrumento para a educação ambiental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do que foi mencionado acima, pode-se concluir que na zona rural a Estação de Tratamento de Esgotos por Zona de Raízes (ETEZR) é uma solução importante e de baixo custo para se evitar que os esgotos domésticos sejam lançados in natura nos solos, contaminando o mesmo e os mananciais de água que abastecem as populações próximas, trazendo sérios problemas de saúde.

Os resultados adquiridos através da coleta e análise em laboratório da DBO e turbidez do sistema de tratamento de efluente do tipo zona de raízes precedida por caixa de gordura, fossa séptica e filtro, permitem-nos afirmar que é uma tecnologia eficiente na purificação do esgoto doméstico rural nas condições climáticas de Caçador-SC, atendendo aos requisitos legais.

Os resultados alcançados com a ETEZR contribuem para amenizar o problema da falta de saneamento básico na zona rural brasileira, que é um empecilho para o desenvolvimento sustentável, e promove uma melhor qualidade de vida para a população.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1981.

BRASIL. **Decreto nº 533, de 16 de janeiro de 1976**. Aprova o Regulamento dos Serviços Públicos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado do Rio de Janeiro, a Cargo da CEDAE. Disponível em: <<http://www.gabriel.eng.br/acquakin/acquakin8a1.htm>>. Acesso em: 04 dez 2011.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N 357 de 17.03.2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 14 dez 2011.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N 430 de 13.05.2011**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 14 dez 2011.

CARVALHO, A.; OLIVEIRA, M. **Princípios Básicos do Saneamento Básico do Meio**. 3.ed. São Paulo: SENAC, 2002.

DACACH, N. **Saneamento Básico**. 3.ed. Rio de Janeiro: EDC, 2000.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de saneamento**. Brasília: Ministério da Saúde, 1994, p. 255.

HAMMER, J. M. **Sistemas de Abastecimentos de Água e Esgotos**. Rio de Janeiro: ABES, 1979.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.br/ibge/estatistica/população/condição/condição%20devida/indicadoresmínimos/abela3.shtm>>. Acesso em: 05 dez 2011.

JORDÃO, Eduardo Pacheco & PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro, 1995.

KAICK, Tamara S. V.; MACEDO, Carolina X.; PRESZNHUK, Rosélis A. **Jardim Ecológico – Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes**: Análise e Comparação da Eficiência de uma Tecnologia de Saneamento Apropriada e Sustentável. 2008. Disponível em: <http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_08/JARDIM%20ECOL%20D3GICO_TRATAMENTO%20DE%20ESGOTO%20POR%20ZONA%20DE%20RAIZES.pdf>. Acesso em: 03 dez 2011.

LEMES, João L. V. B. et al. Tratamento de Esgoto por Meio de Zona de Raízes em Comunidade Rural. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 169-179, abr./jun. 2008. Disponível em: <<http://www2.pucpr.br/reol/index.php/ACADEMICA?dd1=2392>>. Acesso em: 04 dez 2011.

MANSON, Carlos. **Avaliação de Sistemas Reator UASB e Processos de Lodos Ativados para Tratamento de Esgotos Sanitários com Elevada Parcela de Contribuição Industrial**. Salvador/ BA: ABES, 1985.

MOTA, Seutônio. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

NAIME, Roberto; GARCIA, Ana Cristina. Utilização de Enraizadas no Tratamento de Efluentes Agroindustriais. **Revista Estudos Tecnológicos**, Novo Hamburgo, v. 1, n. 2, p. 9-20, jul./dez. 2005. Disponível em: <<http://www.estudostecnologicos.unisinos.br/pdfs/42.pdf>>. Acesso em: 04 dez 2011.

PANCERI, B. **O Campo do Saneamento Ambiental Rural**. Florianópolis: UFSC, 2001.

PAROLIN, Mauro; CRISPIM, Jefferson de Queiroz; SANTOS, Manoel Serino dos. **Avaliação das Estações de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes Instaladas em Pequenas Propriedades Rurais**. 2010. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/nupem/anais_v_epct/PDF/ciências_exatas/15_%20PAROLIN_CRISPIM_SANTOS.pdf>. Acesso em: 14 dez 2011.

PHILIPPI, A. **Saneamento do Meio**. 1. ed. São Paulo: FUNDACENTRO, Departamento de Saúde Ambiental, 1988.

SANTA CATARINA, **Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009**. Institui o Código

Estadual do Meio Ambiente. Florianópolis, 13 de abril de 2009.

SEZERINO, P.H.; PHILIPPI, L.S. (2000). Utilização de um sistema experimental por meio de "wetland" construído no tratamento de esgotos domésticos pós tanque séptico. In: **IX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. CD Room - Anais. Porto Seguro, BA: ABES. p. 688-697.

SILVA, Sara Ramos. Correlação entre DBO e DQO em Esgotos Domésticos para Região da Grande Vitória/ES. **Revista Engenharia Sanitária**/Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 8, n. 4, out./dez. 2003. Rio de Janeiro/ RJ: ABES, 2003.

VEIGA, Adriana de Fátima. **Tratamento biológico de águas servidas domésticas em três unidades utilizando zona de raízes**. 2007. 79 F. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP, Caçador, 2007.