

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
ENGENHARIA AMBIENTAL

ALINE YUKIE MINASSE WATANABE

**CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE SISTEMA DE
LEITO CULTIVADO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2012

ALINE YUKIE MINASSE WATANABE

**CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE SISTEMA DE
LEITO CULTIVADO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, da Coordenação de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Câmpus Campo Mourão.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Débora Cristina de Souza.

Co-orientador: Prof^a. Dr^a. Karina Querne de Carvalho.

CAMPO MOURÃO

2012



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de graduação
Coordenação de Engenharia ambiental
Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE SISTEMA DE LEITO CULTIVADO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

por

ALINE YUKIE MINASSE WATANABE

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 16 de outubro de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel de Engenharia Ambiental. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Débora Cristina de Souza
Prof. Dr^a. Orientadora

Karina Querne de Carvalho
Prof. Dr^a. Co-orientadora

Sonia Barbosa de Lima
Membro titular

Luciana Carapunarla
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho aos meus pais,
Denise e Miyoshi, com grande admiração
e gratidão pelo exemplo de fé, esperança
e trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar forças para sempre seguir em frente.

Aos meus pais, pelo carinho, apoio e compreensão.

A Fernando Sassi, presença constante ao meu lado.

As minhas tias Chizuko, Emiko e Teruko, por sempre me auxiliar em todas as fases de minha vida.

Aos meus irmãos, Andrei, Lucas, Cinthia, Lisandra, Julie, Vinícius, Babo e Tadao, por serem verdadeiros companheiros.

Em especial ao Issami Watanabe, por se dedicar em minha formação.

A Amanda Hota, por ser um pilar em minha vida.

A minha orientadora Prof. Dr. Débora Cristina de Souza, por ser um exemplo em dedicação, por todo conhecimento e paciência destinados a esse trabalho.

A Prof. Dr. Karina Querne de Carvalho por todo apoio e ensinamentos.

Aos meus amigos José Eduardo Munhoz, Jéssica Trevizani e Débora Mello pelo apoio, ajuda e exemplo de amizade, sem vocês este trabalho não teria fim!

A Juliana Correia, Angélica Ardengue e Ana Cláudia Milani pelos anos de república passados juntas!

A Aline Hattori, pela sua amizade, palavras e gestos de incentivo.

A Tábata Ardenghi pelo companheirismo e amizade, que esse sentimento não se apague com a distância.

Aos companheiros do projeto de extensão Proext, por toda ajuda em laboratório.

A coordenação do curso de Engenharia Ambiental, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

A todos que me apoiaram, fazendo com que os momentos de dificuldades fossem superados.

É melhor atirar-se à luta em busca de dias
melhores, mesmo correndo o risco de
perder tudo, do que permanecer estático,
como os pobres de espírito, que não
lutam, mas também não vencem, que não
conhecem a dor da derrota, nem a glória
de ressurgir dos escombros. Esses
pobres de espírito, ao final de sua jornada
na Terra não agradecem a Deus por
terem vivido, mas desculpam-se perante
Ele, por terem apenas passado pela vida.

Bob Marley (1945-1981)

RESUMO

WATANABE, Aline Yukie Minasse. **CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE SISTEMA DE LEITO CULTIVADO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS.** 2012. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em [Engenharia Ambiental]) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

O objetivo principal deste trabalho foi construir um sistema de fitotratamento de águas cinzas em uma propriedade rural situada em Nova Bilac, distrito de Florai - PR. Para dimensionar o sistema foram utilizadas as normas técnicas da ABNT NBR 7229:1993 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos e a NBR 13969:1997 - Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos afluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Foi realizado levantamento, coleta e plantio das macrófitas aquáticas *Echinodorus sp.* e *Pontederia parviflora* Alexander, após isso foi construída a unidade de tratamento. O sistema foi monitorado através de análises físico-químicas, em um período de três meses em intervalo de 30 dias. Os parâmetros físico-químicos analisados foram pH, temperatura, ácidos voláteis, DQO bruta, DQO filtrada, fósforo e sólidos totais. O sistema de tratamento projetado foi composto de uma caixa de gordura, duas fossas sépticas e um leito cultivado. Com o dimensionamento foram obtidos os volumes e as dimensões das unidades componentes, sendo uma caixa de gordura de 20 L, duas fossas sépticas de 40 L e um leito cultivado de 3 m³ (2,0 m x 1,5 m x 1,0 m). A vazão da água cinza mensurada da residência foi de 565 L/d. Foi possível verificar resultados de pH de 7,2 para afluente e 8,9 para efluente, temperatura de 22°C para afluente e 24°C para efluente, eficiências de remoção de matéria orgânica de 83,5% e de sólidos totais de 49%.

Palavras-chave: Sistema de fitotratamento. Macrófitas aquáticas. Remoção. Eficiência.

ABSTRACT

WATANABE, Aline Yukie Minasse. CONSTRUCTION AND EVALUATION OF A CONSTRUCTED WETLAND IN THE TREATMENT OF GREYWATER 2012. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Federal Technology University - Parana. Campo Mourão, 2012.

The main objective of this work was to build a constructed wetland system of greywater in a rural property located in Nova Bilac district of Florai - PR. The technical standards of ABNT NBR 7229:1993 - Design, construction and operation of septic tank systems and NBR 13969:1997 - Septic Tanks - Complement treatment units and final discharge of liquid influents - Design, construction and operation were used to dimension the system. Survey collecting and planting of macrophytes *Echinodorus sp.* and *Pontederia parviflora* Alexander were carried out and then the construction of the treatment plant. The system was monitored by physical-chemical analyses in a period of three months in intervals of 30 days. The physical-chemical parameters analyzed were pH, temperature, volatile acids, raw COD, filtered COD, phosphorus and total solids. The treatment system was composed by grease trap, septic tanks and cultivated bed. The volume and dimensions of the values of the components were obtained with the dimensioning, being a grease trap of 20 L, two septic tanks of 40 L and a cultivated bed of 3 m³ (2,0 m x 1,5 m x 1,0 m). The flowrate of greywater measured in the building was 565 L/d. It was possible to verify results of pH of 7,2 to the influent and 8,9 to the effluent, temperature of 22°C to the influent and 24°C to the effluent, removal efficiencies of organic matter of 83,5% and total solids of 49%.

Keywords: Phytotreatment system. Aquatic macrophytes. Removal. Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de leitos cultivados.....	22
Figura 2 - Em vermelho o município de Floraí no estado do Paraná.	24
Figura 3 - Fluxograma do sistema de leito cultivado construído na propriedade rural	27
Figura 4 - Caixa de passagem em Nova Bilac – PR: (A) - Tubulação para encaminhar o efluente até a caixa de passagem. (B)- Chegada da tubulação na caixa de passagem. (C) - vista superior da caixa de passagem. (D)- Tubulações que encaminham esgotos da residência	30
Figura 5 - Foto da caixa de gordura seguida das fossas sépticas do sistema de leito cultivados instalado na propriedade rural em Floraí, PR.....	31
Figura 6 - Etapa inicial da construção do leito cultivado na propriedade rural em Floraí, PR.(A) - impermeabilização da unidade de leito cultivado. (B) – rede de tubulação coletora dos esgotos pré -tratados revestidas por sombrite.	32
Figura 7 - Materiais utilizados no interior do leito cultivado instalados na propriedade rural em Floraí, PR. a- camada de areia média. b- camada de brita.....	32
Figura 8 - Visão geral da estação de fitotratamento instalada na propriedade rural de Floraí, PR.	33
Figura 9 - Valores de pH obtidos nas análises físico químicas	35
Figura 10 - Eficiência de remoção da matéria orgânica	35
Figura 11 - Resultados de DQO filtrada obtidos nas análises físico química	36
Figura 12 - Valores de fósforo obtidos nas análises físico químicas	37
Figura 13 - Valores de sólidos totais obtidos nas análises físico químicas	37
Figura 14 - Sistema em operação	38

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVEATURAS

A - Afluente

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

CAP – Conexão de Alta Pressão

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

D - Dia

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

E - Efluente

E_f - Eficiência

$\text{mg.CaCO}_3\text{L}^{-1}$ – Miligramas de Carbonato de Cálcio

mg.HAC.L^{-1} – Miligramas de Ácido Acético por Litro

mg.L^{-1} – Miligramas por Litro

N - Nitrogênio

NBR – Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

P - Fósforo

pH – Potencial Hidrogeniônico

PR - Paraná

ST – Sólidos Totais

STF – Sólidos Totais Fixos

STV – Sólidos Totais Voláteis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

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

As características dos esgotos variam de acordo com sua origem e composição, uma das classificações é a água cinza que é proveniente de águas servidas de pias, chuveiro, lavadora de roupas. Uma forma simplificada de tratar esse tipo de esgoto são sistemas de leitos cultivados que são compactos e descentralizados (OTTERPOHL, 2001).

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

De acordo com Esteves (1998), a alternativa do uso de fitorremediação, que é o uso de sistemas vegetais para remover, degradar ou isolar substâncias tóxicas ao meio ambiente é bastante válido, principalmente para áreas rurais ou carentes de tratamento de esgoto. Para Martins et al. (2007) e Naime e Garcia (2005), além de possuir baixo investimento, as macrófitas têm capacidade de fitorremediar mais de um elemento químico no mesmo local, são de fácil manejo e necessitam de altas concentrações de nutrientes que o esgoto possui em abundância para se desenvolverem.

Para Chernicharo (2001), esse sistema contribui para a manutenção da qualidade da água, pois além de remover os nutrientes, as plantas processam desde matéria orgânica a resíduos químicos, e juntamente com o meio suporte propiciam a redução da carga de sedimentos destinada aos corpos receptores.

Nos sistemas de leitos cultivados não há produção de lodo e não se utiliza substâncias químicas adicionais, ou seja, esse sistema é simples e pode atender demandas de pequenas comunidades ou propriedades rurais (BASTIAN; HAMMER, 1993).

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

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi construir um sistema de leito cultivado de águas cinzas em uma propriedade rural situado em Nova Bilac, distrito de Florai - PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho contou com algumas etapas com os seguintes objetivos:

Dimensionar o tamanho da estação de acordo com a necessidade da propriedade rural;

Avaliar as espécies nativas da região quanto ao potencial de adaptação do efluente e a capacidade fitoextratora;

Construir a estação na propriedade com plantio de espécies nativas adequadas e;

Avaliar a eficiência de tratamento do sistema com análises físico-químicas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Pode-se definir esgoto como o líquido residual de diversas origens e diferentes usos como o doméstico, industrial, utilidades públicas, áreas agrícolas, de superfície, infiltração, pluvial e outros efluentes sanitários (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Os esgotos podem ser classificados em dois grupos: esgoto sanitário e industrial. O esgoto sanitário é originado principalmente de residências, estabelecimentos comerciais, instituições, ou seja, qualquer ambiente no qual possui instalações de banheiros ou uso da água para finalidades pessoais, como cozinhar e lavar roupas. O esgoto industrial pode ser definido como despejo líquido proveniente dos processos industriais (ABNT, 1986).

As águas cinzas é uma das classificações dos tipos de esgotos sanitários existentes, e consistem nos efluentes que não possuem contribuição da bacia sanitária como as águas provenientes das pias, chuveiros, banheiras e lavanderia. Pode-se dizer que em residências, esse tipo de efluente é o que possui maior porcentagem de geração, já que o consumo de água é relacionado basicamente à higiene e para alimentação (ANA, 2005).

A água cinza geralmente é caracterizada pela quantidade excessiva de sabão presente nela (JEFFERSON et al, 1999). Sua qualidade varia de acordo com sua origem, tipo de classe social, faixa etária, costumes dos moradores. As características da água variam conforme o ponto de amostragem, águas provenientes do lavatório, da máquina de lavar roupas ou de chuveiros apresentam concentrações de contaminação diferentes (MAY, 2009).

As águas cinzas escura após serem tratadas podem ser reutilizadas, tendo como principais reusos a irrigação superficial de vegetais. Por possuírem um alto teor de nitrogênio e fósforo (provenientes de detergentes e sabões) elas propiciam nutrientes para o crescimento de certas plantas. Porém o cloro e sódio que também são encontrados podem prejudicar alguns vegetais que são mais sensíveis (ERCOLE, 2003).

Segundo Gonçalves (2006) com a reutilização das águas cinzas há benefícios ambientais e econômicos, como a economia de água potável e energia elétrica, menor produção de esgoto sanitário, além da preservação dos mananciais.

Para se definir qual processo de tratamento de esgoto utilizar, deve ser levado em conta vários critérios, pois cada tratamento possui suas vantagens e desvantagens. As características dos tratamentos são relacionadas com, a área necessária; eficiência obtida no tratamento; utilização ou não de equipamentos mecanizados com conseqüente consumo ou não de energia e sofisticação ou simplicidade de operação e implantação. As técnicas existentes podem contemplar tanto comunidades de pequeno porte até megalópoles, cada uma com suas características distintas de clima, topografia, preços de terrenos, corpo d'água a ser utilizados para lançar os efluentes tratados (NUVOLARI et al., 2003).

Os processos de tratamento envolvem operações e processos unitários no qual desejam transformar substâncias indesejáveis em formas mais aceitáveis. As fases de tratamento do esgoto são classificadas quanto à eficiência das unidades em tratamento preliminar, primário, secundário e terciário (JORDÃO; PESSOA, 2005).

Segundo Dacach (1991), o tratamento preliminar tem por finalidade remover por ação física o material grosseiro e uma parcela das partículas maiores em suspensão no esgoto. Estão incluídas nessa etapa a grade, caixa de areia e caixa de gordura.

O tratamento primário consiste em um conjunto de equipamentos e unidades de operação, que é constituído por grades, peneiras, trituradores, desarenadores, medidores de vazão, tanques de equalização (vazão e carga orgânica), removedores de gordura, óleos e graxas, e removedores de odor (PRADO, 2006).

O tratamento secundário tem por objetivo remover a matéria orgânica do efluente, DBO em suspensão e DBO solúvel, que é respectivamente matéria orgânica em suspensão que o tratamento primário não removeu e matéria orgânica dissolvida (ERCOLE, 2003).

Os processos que envolvem o tratamento secundário são a filtração biológica, processos de lodos ativados e lagoas de estabilização aeróbias (facultativa aerada). Esses processos geralmente incluem unidades de tratamento preliminar, enquanto o primário pode ou não ser incluso (JORDÃO; PESSOA, 2009; SPERLING, 1996).

O tratamento terciário envolve tecnologias no qual tem por objetivo remover poluentes específicos ou agir como um tratamento complementar. Entre os poluentes específicos podemos citar o nitrogênio, fósforo, patógenos, metais

pesados, materiais não biodegradáveis, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescente (ERCOLE, 2003).

Os processos utilizados são de alto custo financeiro devido à alta tecnologia empregada. Dentre os processos podemos citar desinfecção por ozônio, desinfecção com dióxido de carbono, radiação ultravioleta, entre outras tecnologias (MELLO, 2007).

Na tabela 1 podem ser observadas as concentrações típicas médias que demonstram a eficiência do tratamento

Tabela 1 - Concentrações típicas médias (mg/L) em relação a nível do tratamento

Esgoto	Processo	SS	DBO	DQO	N	P
Bruto	-	200	220	500	40	10
Primário	Sedimentação	100	155	350	38	9
Secundário	Lodos Ativados convencional	30	25	75	30	8
Secundário	Filtros Biológicos de alta taxa	40	40	75	30	8
Terciário	Lagoa ativada + Remoção N, P + filtração	10	5	25	<5	<2

Fonte: Adaptado de JORDÃO; PESSOA, (2009).

Como pode ser observado na tabela acima, o tratamento terciário é o que possui maior qualidade de tratamento, ou seja, sua eficiência é maior em relação aos outros processos.

Os níveis de tratamento se enquadram no saneamento ambiental. Segundo Wermelinger (2011), o conceito de saneamento ambiental é o controle de todos os fatores do meio físico que podem exercer efeitos nocivos sobre o bem – estar físico, mental e social das pessoas, e dentre suas atividades está relacionada o esgotamento sanitário.

A classificação do saneamento “in situ” é aquele servido em pequenas comunidades ou áreas rurais no qual não possuem rede de esgoto. Esse tipo de serviço pode oferecer níveis aceitáveis para a disposição e tratamento de dejetos humanos, e possui custo reduzido em comparação aos sistemas de esgoto com tubulações (MUCHIMBANE, 2010).

As fossas são variáveis de saneamento “in situ”, e podem ser divididas em duas: sépticas e comuns/latrinas.

A fossa séptica pode ser definida como uma câmara construída com o objetivo de receber e acumular os esgotos sanitários por um período de tempo estabelecido. Nesse tempo (pode variar de 24 a 12 horas, depende da contribuição de afluentes) é possível sedimentar os sólidos e reter o material graxo contido nos esgotos. Com isso pode-se converter poluentes agravantes em compostos mais simples e estáveis (JORDÃO; PESSOA, 2009). A norma utilizada no Brasil de projeto, construção e operação das fossas é a NBR 7.229:92.

Um das problemáticas existentes nesse sistema é a formação de lodo, que é obtido pela sedimentação de 60 a 70% dos sólidos em suspensão contidos nos esgotos. Há também a formação da espuma, que são os sólidos não sedimentados, formados por óleos, graxas, gorduras e outros materiais misturados com gases. Todo esse material emerge e é retido na superfície livre do líquido, no interior da fossa séptica (JORDÃO; PESSOA, 2009).

O lodo é formado devido à condição anaeróbia que o sistema trabalha, e com isso implica problemas relacionados à sua disposição e tratamento. As características desse lodo são diferentes dos lodos de esgoto bruto, devido ao teor mais elevado de sólidos suspensos e grosseiros e maiores quantidades de fibras, trapos (BORGES, 2009).

Uma alternativa para o descarte de lodo seria em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). Porém, é raro encontrarmos essa destinação, talvez pelo custo de transporte ou viabilidade econômica para este fim (TOSSETO, 2009).

Outra vertente das fossas são as fossas comuns ou latrinas, e podem ser denominadas também como fossas negras. Essas podem ser definidas como um buraco escavado no solo, que recebe apenas as excretas, ou seja, não há veiculação hídrica. As fezes que são retidas se decompõem ao longo do tempo pelo processo de digestão anaeróbia. Caso este buraco esteja na zona não saturada do solo é denominada fossa seca, caso contrário, é dito úmido ou de fossa negra (MUCHIMBANE, 2010).

As fossas negras são escavadas aproximadamente a 1,5 metros do lençol freático. A quantidade de água enviada a esse sistema é relativamente baixa, os dejetos sofrem reações químicas e biológicas complexas, com isso ocorre sua decomposição, transformando-os em material inócuo (que são não nocivos), água e

gases. Esses dois últimos são dissipados no solo ou ar, e o que permanece no sistema são os resíduos sólidos (BORGES, 2009).

Esse tipo de sistema pode provocar poluição em aquíferos freáticos e para fontes de águas subterrâneas, isso depende das condições hidrogeológicas do local. Assim sendo, esse sistema não é o mais indicado para o tratamento dos efluentes.

Uma forma de substituir as fossas tanto sépticas como negras é a utilização de sistemas de leitos cultivados. Existem vários termos para denominar esse sistema de tratamento, a expressão *constructed wetlands* é utilizada internacionalmente. No Brasil ainda não se definiu uma expressão padrão, mas podemos encontrar termos como zona de raízes; terras úmidas; leitos cultivados; áreas alagadas construídas e sistemas alagados. Neste estudo o termo opcional foi leitos cultivados (BORGES, 2007).

Os leitos cultivados são sistemas que agem como filtro biológico de águas residuárias, e possuem processos físicos, químicos e biológicos que se assemelham aos sistemas naturais de várzea (VALENTIM, 2003).

O sistema de tratamento de esgoto de leitos cultivados é classificado como físico-biológico, pois parte do filtro é constituído por plantas. O esgoto bruto é introduzido através de uma rede de tubulações perfuradas (tubulação em PVC), e é lançada em uma área plantada. Esta área é dimensionada previamente de acordo com a quantidade de esgoto produzido (VAN KAICK, 2002).

Segundo o mesmo autor, as plantas devem estar localizadas sobre um filtro físico estruturado, com aproximadamente 50 cm de profundidade, após essa camada tem-se outra camada de filtro, a areia (com granulometria de média a grossa), e possui aproximadamente 40 cm de profundidade. No fundo do leito há o encaminhamento do efluente tratado através de tubulações (com furos de broca número 8 voltados para cima) e um sifão que o conduz para o sumidouro através da diferença de nível do terreno. Com o intuito de evitar a poluição do solo ou lençol freático deve-se impermeabilizar o local da estação com lona plástica resistente, ou estrutura de concreto armado.

A rede de tubulações que encaminha o efluente tratado para o sumidouro pode sofrer entupimentos, como forma de manutenção, caso há necessidade de limpeza do sistema é utilizado um suspiro, que é composto por um tubo anexado à rede de tubulações que estão no fundo do sistema. Esse tubo é localizado no lado

oposto ao sifão. Através de jatos de água dentro do suspiro é possível realizar a limpeza do sistema de leito cultivado.

O esgoto a ser tratado passará nesse sistema pela zona de raízes que é composto pela área plantada, local em que o terreno é preparado com o cultivo de determinada planta, isso faz que se tenha contato entre o esgoto e as raízes. As plantas possuem capacidade de permitir que o oxigênio atmosférico entre e interaja com o sistema radicular através de espaços internos ociosos (aerênquimas), estabelece-se então quantidades de bactérias aeróbias hospedeiras em torno da área da raiz. Elas fornecem condições para planta sobreviver e reduz a carga orgânica do efluente (SILVA, 2007).

A caracterização do esgoto a ser tratado é essencial, pois o processo é filtrante e a ausência de um tratamento primário pode vir a causar colmatção do material suporte em curto prazo (OLIVEIRA; VIDAL 2008).

Para o tratamento preliminar presente no sistema de leito cultivado pode ser utilizada a caixa de gordura, que visa à remoção parcial da carga poluidora, assim melhora a eficiência das outras unidades de tratamento (REZENDE, 2010). Após o afluente ser encaminhado para caixa de gordura ele é destinado ao tratamento primário.

O tratamento primário no esgoto bruto, geralmente é realizado por uma fossa séptica e que tem por objetivo eliminar os resíduos grosseiros, e após isso o efluente é encaminhado por rede de tubulações perfuradas para a estação de tratamento, onde é iniciado o tratamento secundário (LEMES et al.; 2008).

Os filtros lentos horizontais são preenchidos com substrato, geralmente utiliza-se brita, areia ou materiais semelhantes como caco de telha, palha de arroz, pedaços de madeira, que servem como meio de suporte para o desenvolvimento das macrófitas aquáticas. O efluente escoar por gravidade, horizontalmente ou verticalmente, através do substrato do leito, o que evita a proliferação de insetos e produção de mau cheiro, isso permite que os leitos fiquem próximos as comunidades. O fundo do leito deve possuir uma pequena inclinação (aproximadamente 1%). Na Figura 1 é apresentado um esquema de leitos cultivados.

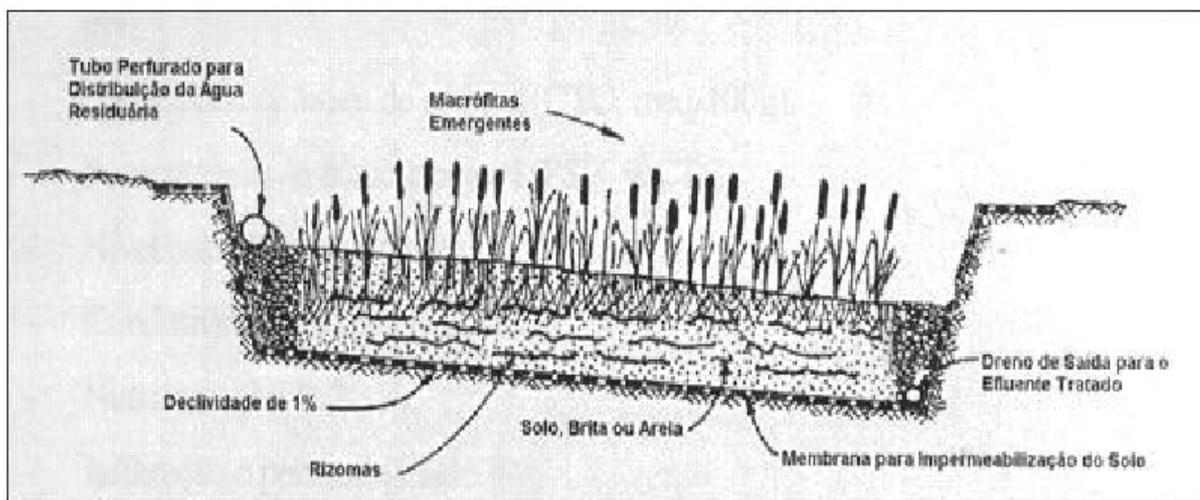


Figura 1 - Sistema de leitos cultivados
Fonte: VALENTIM, 1999.

Macrófitas aquáticas é uma terminologia que já é incorporada na literatura científica internacional, nessa comunidade incluem-se vegetais que variam desde macroalgas até angiospermas (ESTEVES, 1988).

Segundo Tundisi e Tundisi (2008), as macrófitas podem ser classificadas em plantas emergentes, que são firmemente enraizadas em solo submerso; macrófitas flutuantes com folhas e as totalmente submersas. Esses três tipos de macrófitas possuem características de adaptação como um aerênquima que facilita o transporte de oxigênio para as raízes das plantas emergentes, ou folhas finas com película superficial pouco espessa para auxiliar na fixação de nutrientes e dióxido de carbono no meio líquido, como ocorre nas submersas.

Para a escolha das macrófitas aquáticas que serão utilizadas em sistemas de leitos cultivados devem ser levados em consideração alguns critérios. As espécies escolhidas devem apresentar tolerância a ambientes eutrofizados, ter crescimento acelerado, incorporação de nutrientes, valor econômico, estética agradável, floração, entre outros (MONTEIRO, 2009).

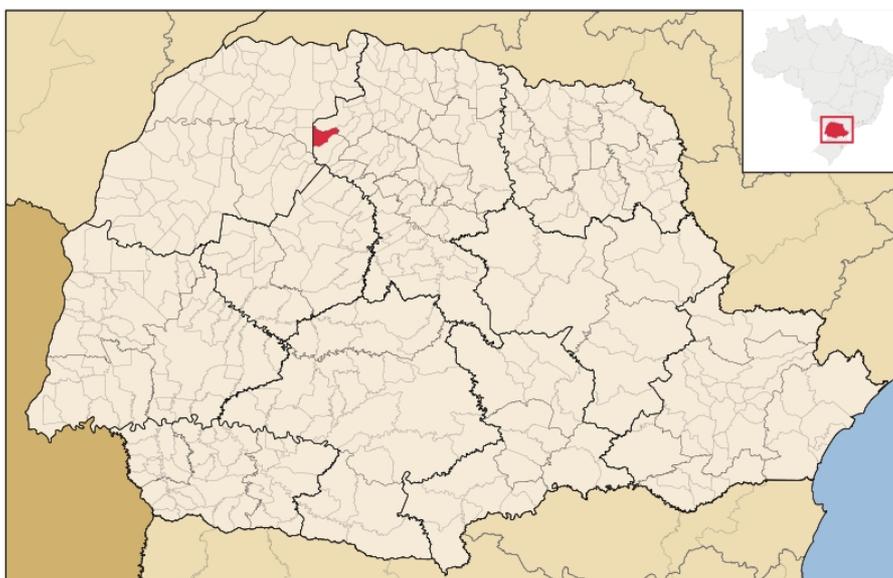
Segundo Valentim (2003), as macrófitas em sistemas de leitos cultivados podem resultar em benefícios como, controle de odor; tratamento de efluentes, já que as plantas absorvem diversos elementos químicos; libera oxigênio nas proximidades da raiz.

Visto algumas características que as macrófitas aquáticas possuem, é possível utilizá-las em leitos cultivados, como pode ser observado em trabalhos de Lemes et al (2008), Monteiro (2009) e Borges (2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em quatro etapas distintas sendo, dimensionamento do tanque séptico; levantamento e coleta das espécies de macrófitas aquáticas; implantação e monitoramento do sistema de leito cultivado.

A propriedade rural na qual foi implantado o sistema é localizada próxima ao distrito de Nova Bilac pertencente à cidade de Florai (Figura 2), situados no estado do Paraná.



**Figura 2 - Em vermelho o município de Florai no estado do Paraná.
Fonte: Prefeitura de Florai, 2011.**

O dimensionamento da fossa séptica do sistema foi realizado com base nas Normas técnica da ABNT NBR 7229:1992 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos e a NBR 13969:1997 – Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos afluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Esta última complementa a anterior em relação utilização de sumidouro.

Para dimensionar o volume do tanque séptico, foi adaptada a equação 1 abaixo.

$$V=1000+N(C \times T+K \times Lf) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

V = volume útil, (L);

N = número de pessoas ou unidades de contribuição (hab);

C = contribuição de despejos, (L/hab);

T = período de detenção, (d);

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco, em dias (d);

Lf = contribuição de lodo fresco, (L/hab.d ou em L/unidade.d).

A Equação 1 foi adaptada, para evitar a superestimação das dimensões do tanque séptico. A adaptação ocorreu em relação aos valores da incógnita contribuição de despejos (C) na qual não foi utilizada conforme a NBR 7229:1992 - e a NBR 13969:1997 preconizavam.

A contribuição de despejos foi mensurada de duas formas. A primeira foi determinada as contribuições do tanque de lavar e do chuveiro. Em relação ao tanque de lavar foram medidas manualmente com o auxílio de uma trena suas dimensões para calcular o volume de água utilizada nas lavagens de roupa. Após isso foi estimada a frequência de utilização do mesmo, que neste caso eram de três vezes por semana. Multiplicando a frequência de utilização pelo volume do tanque foi possível estimar uma parcela da quantidade de águas cinzas.

A contribuição do chuveiro foi estimada calculando manualmente sua vazão, ou seja, foi medida a quantidade de água por minuto. Multiplicando a vazão do chuveiro, número de habitantes, duração do banho e frequência de banhos, foi computado a contribuição total desse setor. Na tabela abaixo é possível observar as equações utilizadas referentes às contribuições do tanque de lavar e chuveiro.

Tabela 2 - Equações para o cálculo das contribuições do tanque de lavar e chuveiro

Contribuição	Equações
Tanque de lavar	$C = V \times F$
Chuveiro	$C = q \times N \times t \times f$

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2006)

A segunda forma de mensurar as contribuições dos demais setores foi através do trabalho reportado por Gonçalves (2006). Esse autor relata os consumos per capita de uma família brasileira de quatro pessoas, o consumo referente a pia de cozinha é de 5 min/dia sendo que a vazão é de 10 L/min enquanto o consumo e a vazão da máquina de lavar roupa é de 3 ciclos/semana e 210 L/ciclo, respectivamente.

Para a escolha da macrófita aquática a ser utilizada no sistema de leito cultivado foi realizado o um levantamento na região de Florai –PR, através de saídas a campo. O material vegetal coletado foi disposto em sacos plásticos, após isso foi lavado em água corrente para retirada de sedimentos e plantadas no sistema.

A espécie de macrófita aquática inicialmente introduzida no sistema foi o *Echinodorus* sp.. Esta espécie tem como característica de sobrevivência o constante contato com água, ou seja, suas raízes são submersas. A sobrevivência dessa espécie no sistema foi possível, devido ao desnível do sistema que proporcionou constante alagamento.

Após a correção de nível foi necessária a troca de espécie de macrófita aquática com a da *Pontederia parviflora* Alexander. Decidiu-se utilizar esta espécie, devido a existência de trabalhos já propostos com esta macrófita aquática, como por exemplo o estudo realizado por Locastro et al (2012). Esta macrófita aquática antes de ser introduzida no sistema, foi submetida a um teste de sobrevivência. O teste consistia em monitorar a macrófita aquática, simulando as mesmas condições da unidade de tratamento.

As mudas de *P. parviflora* foram coletadas no dia 6 de abril de 2012, e logo em seguida foram limpas em água corrente para retirar o excesso de sedimento do rio e plantadas no sistema de leito cultivado.

O fluxograma do sistema de leito cultivado pode ser observado na Figura.3

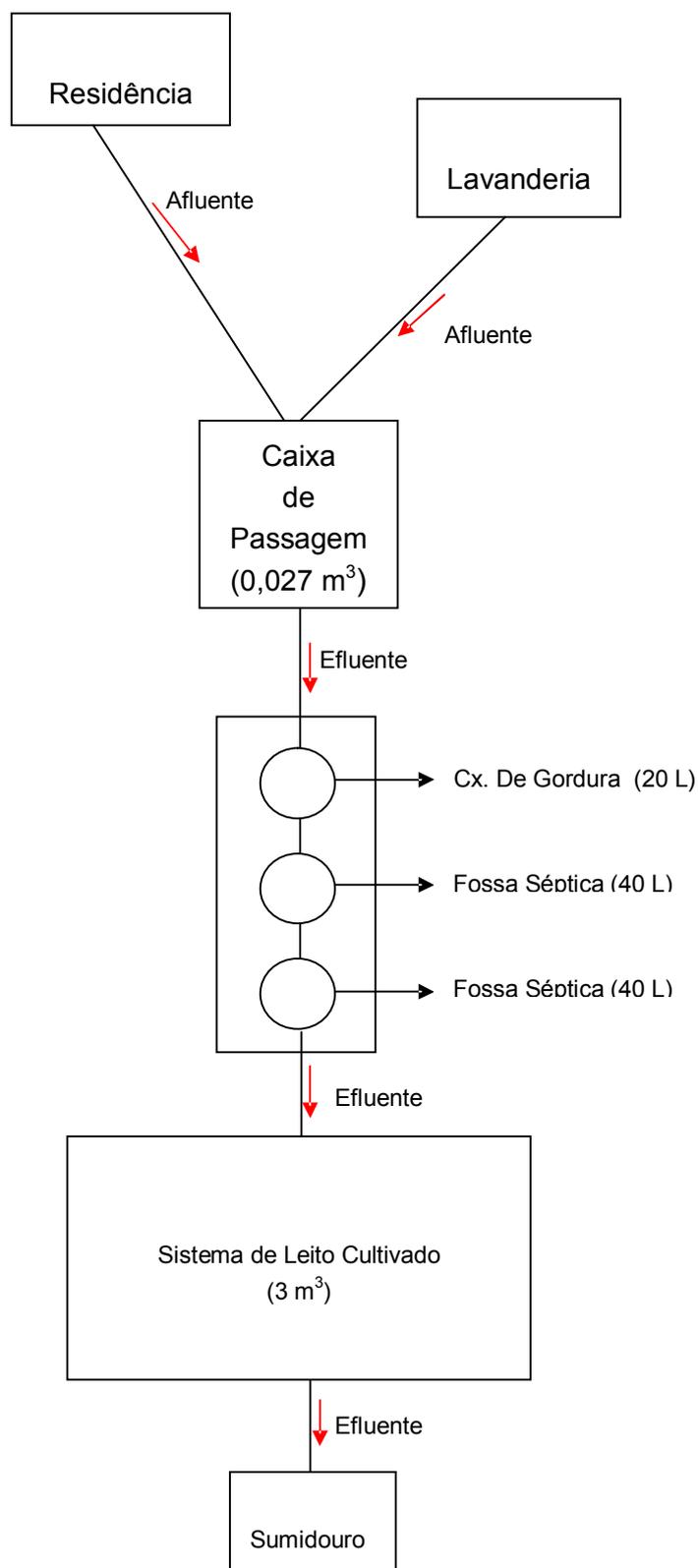


Figura 3 - Fluxograma do sistema de leito cultivado construído na propriedade rural

Para que se avaliasse a eficiência e funcionamento do sistema foi realizado o monitoramento através de análises físico-químicas. As análises realizadas foram: pH; Temperatura; Ácidos; DQO bruta; DQO filtrada; Fósforo e sólidos totais. Os métodos e metodologias utilizadas na realização dos parâmetros podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros analisados, seus respectivos métodos e metodologia utilizada

Parâmetros	Método de Análise	Referencia
Temperatura		
pH	Titulométrico	Eaton et al (2005)
Ácidos Voláteis	Titulométrico	Dilalo e Albertson (1961)
DQO	Espectrofotométrico	Eaton et al. (2005)
Sólidos Totais	Gravimétrico	Eaton et al. (2005)

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

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de tratamento de leito cultivado foi para atendimento de quatro pessoas com vazão média de 565 L/d, sem computar a contribuição das bacias sanitárias.

A vazão de esgoto mensurada é proveniente da pia de cozinha, chuveiro, lavanderia, ou seja, água cinzas.

Para atender essa vazão foi dimensionado um leito de 3 m³, ou seja, 2 m de comprimento, 1,5 m de largura e 1 m de profundidade.

O levantamento das macrófitas aquáticas foi realizado na região de Florai - PR, porém os locais que se teve acesso continham apenas macrófitas aquáticas flutuantes ou algumas emergentes que necessitavam de maior quantidade de água que a ferecida pelo sistema. Com isso foram utilizadas espécies de Campo Mourão-PR.

Inicialmente a estação apresentava um erro de nível, então ficava constantemente alagada, suprimindo a necessidade das macrófitas aquáticas coletadas em Florai – PR. A planta utilizada foi *Echnodorus* sp..

Após a correção de nível esta espécie não sobreviveu e foi substituída por *Ponderia parviflora*.

Para verificar se *P. parviflora* sobrevivia em contato com o efluente, foi realizado um teste de sobrevivência. Nesse teste coletou-se o efluente bruto e acondicionou junto das macrófitas para analisar a resistência delas. Como conclusão deste teste, obteve-se sobrevivência das plantas e diminuição do pH do efluente. O pH inicialmente medido foi de 9,0 e após o contato com as plantas diminuiu para 8,0 em 24h. O que além de comprovar a capacidade de sobrevivência da espécie mostra sua capacidade de alterar as característica químicas do meio.

A implantação da estação ocorreu após seu dimensionamento. Primeiramente foi necessário encaminhar os efluentes provenientes da residência e da lavanderia através da caixa de passagem. A caixa de passagem foi necessária para ligar as tubulações dos setores de coleta de esgoto. A tubulação proveniente dos setores de coleta, como é mostrado na figura 4 (A), a vista lateral e superior da caixa de passagem, (Figuras 4(B) e 4(C), respectivamente e seu interior (Figura 4 (D)), são esquematizados na Figura 4.

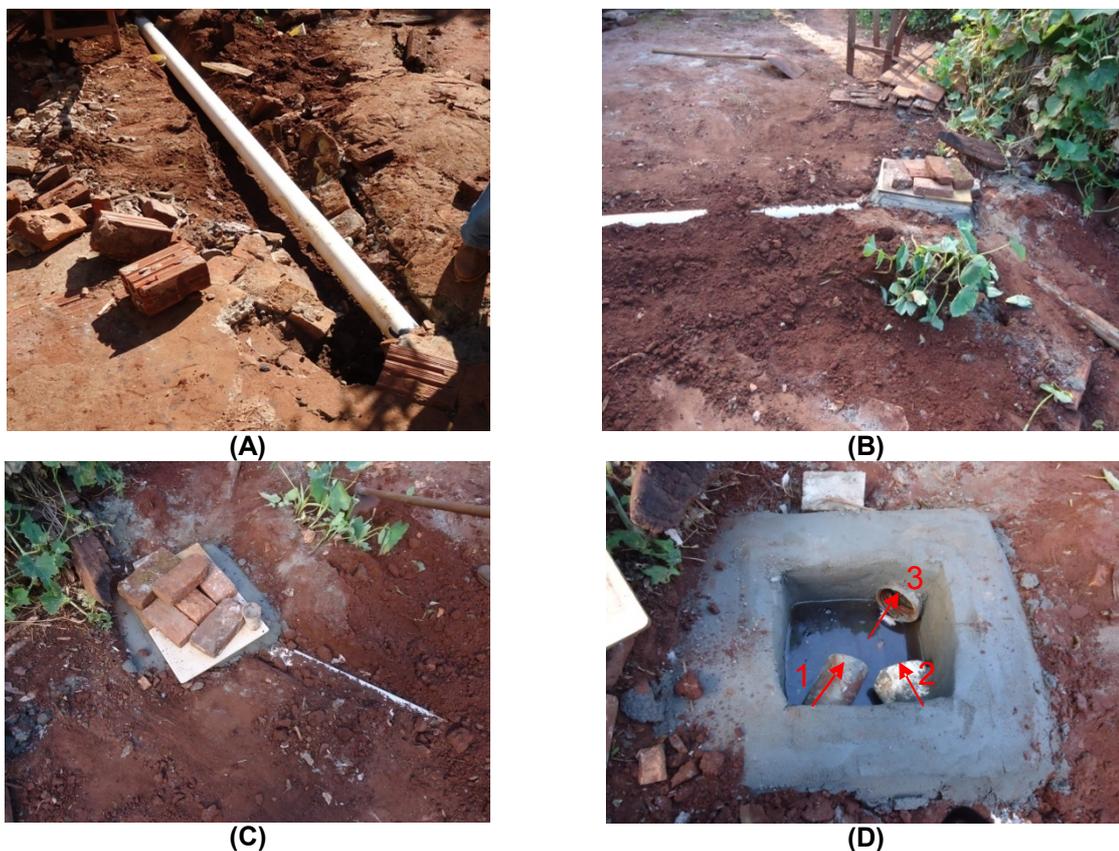


Figura 4 - Caixa de passagem em Nova Bilac – PR: (A) - Tubulação para encaminhar o efluente até a caixa de passagem. (B)- Chegada da tubulação na caixa de passagem. (C) - vista superior da caixa de passagem. (D)- Tubulações que encaminham esgotos da residência

Após a caixa de passagem, o efluente foi encaminhado até os componentes que precedem a unidade de leitos cultivados, ou seja, a caixa de gordura e as fossa sépticas.

A caixa de gordura foi dimensionada seguindo a norma técnica da ABNT NBR 8160:1999 - Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução. Para a estação foi utilizada uma caixa de gordura pequena (galão plástico de 20 L), já que a residência possui apenas uma cozinha.

Após a caixa de gordura o efluente foi encaminhado até os tanques sépticos, que são compostos por galões plásticos de 40 L interligados por tubulações de 100 mm (Figura 5). Os esgotos pré tratados por gravidade foram encaminhados por tubulação de 100 mm, para unidade de leitos cultivados.



Figura 5 - Foto da caixa de gordura seguida das fossas sépticas do sistema de leito cultivados instalado na propriedade rural em Florái, PR.

A área da unidade de leitos cultivados foi escavada e impermeabilizada com lona resistente para evitar infiltração do efluente no solo (Figura 6A), em seu interior foi inserida uma camada de areia e sobre ela a rede de tubulações perfuradas (broca número 8) envoltas com tela tipo sobrite para evitar o entupimento da rede (Figura 6B), essa encaminha o efluente tratado para o sumidouro. A rede é formada por tubulações de 100 mm de diâmetros unidas por 4 cotovelos de 90° em suas extremidades, que fecha o quadro. Junto a esta rede são acopladas duas tubulações de 50 mm (redução de 100 mm para 50 mm), uma com tampa e altura de 1,3 m (suspiro, sendo 1,0 m dentro do sistema, restando 0,30 m acima do nível do sistema) e a outra tubulação para coleta dos esgotos tratados, que é encaminhado para o sumidouro.



Figura 6 - Etapa inicial da construção do leito cultivado na propriedade rural em Florai, PR. (A) - impermeabilização da unidade de leito cultivado. (B) – rede de tubulação coletora dos efluentes pré -tratados revestidas por sombrite.

A tubulação de saída do efluente já tratado foi instalada acima do nível das britas, com isso o efluente não tratado se acumulava e não era encaminhado até o sumidouro, ocasionando mau odor e insetos. Após verificar esse problema, o nível foi corrigido, abaixando-o aproximadamente 10 cm, assim o efluente tratado foi encaminhado até o sumidouro.

A unidade de leitos cultivados foi preenchida com duas camadas, uma areia de textura média (Figura 7A) e outra de brita número quatro (Figura 7B), com alturas de 0,4 m e 0,5 m, respectivamente.



Figura 7 - Materiais utilizados no interior do leito cultivado instalados na propriedade rural em Florai, PR. a- camada de areia média. b- camada de brita.

O efluente pré - tratado foi encaminhado até a unidade de leitos cultivados através de uma rede de tubulações perfuradas (broca número 8) com dois ramais de distribuição (tubulação de 100 mm cada), e no final de cada ramal foi utilizado um cotovelo de 45° com tampa (cap voltado para cima), como pode ser observado na Figura 8.



Figura 8 - Visão geral da estação de fitotratamento instalada na propriedade rural de Florai, PR.

Os resultados obtidos nas análises físico químicas podem ser observados na Tabela 4

Tabela 4 - Resultados das análises físico-químicas do sistema de leito cultivados implantado em pequena propriedade rural

Parâmetros	Perfil 1			Perfil 2			Perfil 3		
	A	E	E _f	A	E	E _f	A	E	E _f
Temperatura (°C)	30	30	-	21	18	-	21	20	-
pH	13	9	-	8,4	6,7	-	5,4	6,1	-
Ácidos voláteis (mgHAC.L ⁻¹)	27	27	-	8	7	-	54	10	-
DQO bruta (mg.L-1)	612	103	83%	464	84	82%	434	80	82%

(Continua)

Parâmetros	(Conclusão)								
	Perfil 1			Perfil 2			Perfil 3		
	A	E	E _f	A	E	E _f	A	E	E _f
DQO filtrada (mg.L ⁻¹)	373	67	82%	437	57	87%	407	47	88%
Fósforo (mg.L ⁻¹)	1,12	0,72	59%	-	-	-	4,7	1,7	64%
ST (mg.L ⁻¹)	996	504	-	140	122	-	130	112	-
STV (mg.L ⁻¹)	160	10	-	72	92	-	62	82	-
STF (mg.L ⁻¹)	836	494	-	68	30	-	68	30	-

Através das análises dos parâmetros foi observado que a unidade de tratamento resultou em diferentes comportamentos.

No perfil 1 foi verificada maior temperatura, esse parâmetro pode ser fator limitante para a eficiência do tratamento. Segundo Biudes e Camargo (2010) o crescimento das diferentes espécies de macrófitas depende de diversos fatores, tais como temperatura, incidência luminosa e nutrientes. Porém, alguns resultados não foram satisfatórios.

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

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

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

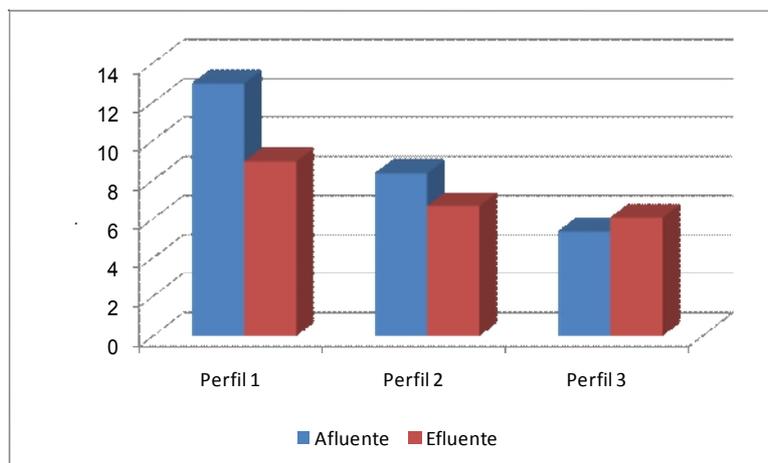


Figura 9 - Valores de pH obtidos nas análises físico químicas

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

Dentre todos os resultados obtidos, a remoção de matéria orgânica medida pela DQO bruta apresentou eficiência de aproximadamente 83%, resultado similar aos perfis 2 e 3 (82% para ambos). Em trabalhos de Monteiro (2009) e GALBIATI (2009) foi observada eficiências média de remoção de 60% e 44% respectivamente. A eficiência de remoção da matéria orgânica no sistema de leito cultivado pode ser observada na Figura 10.

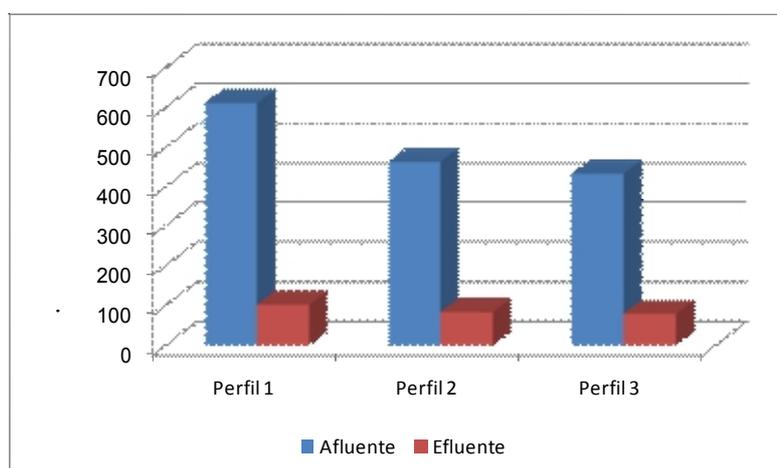


Figura 10 - Eficiência de remoção da matéria orgânica

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

Os valores obtidos na DQO bruta em relação ao perfil 1 não apresentaram diferenças significativas em relação ao perfil 2 e 3, porém na DQO filtrada houve aumento de 5% em sua eficiência de tratamento (Figura 11).

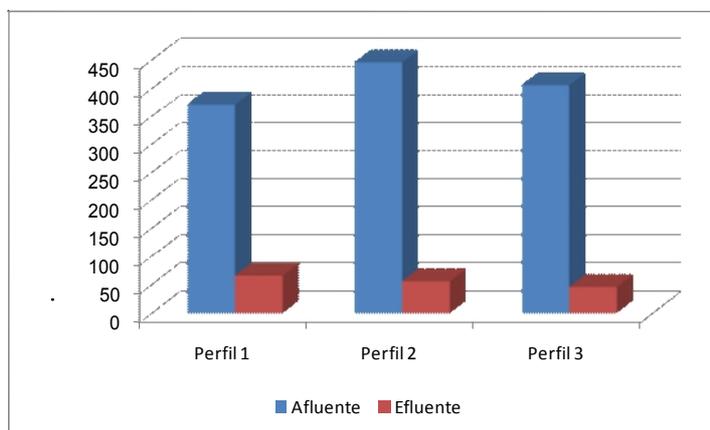


Figura 11 - Resultados de DQO filtrada obtidos nas análises físico química

A remoção de fósforo como pode ser observado na Figura 12, resultou em 59% de eficiência de remoção, sendo satisfatório se comparado a trabalhos de LOCASTRO et al (2012); GANSKE e ZATONELLI (2003), que apresentaram uma média de 60% na remoção.

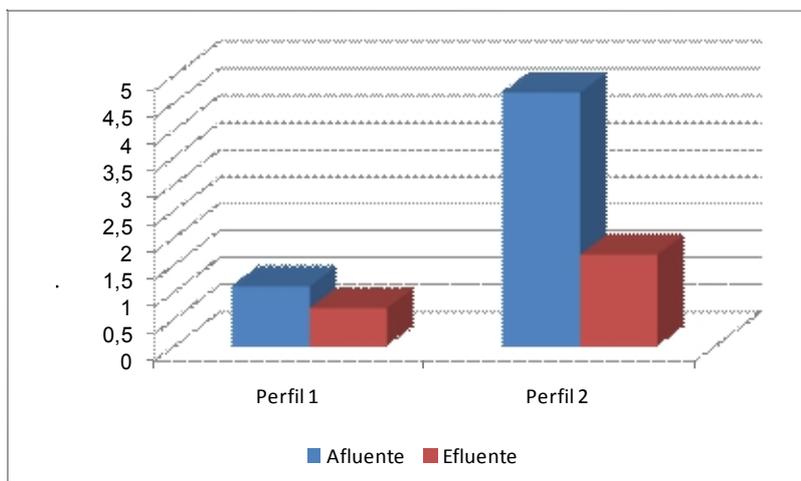


Figura 12 - Valores de fósforo obtidos nas análises físico químicas

Nos três perfis não foram apresentados resultados satisfatórios (Figura 13) em relação a remoção de sólidos. Dentre os perfis realizados, o perfil 1 se sobressaiu entre os três, foi o perfil 1, que reportou 49% de eficiência de remoção, enquanto o perfil 2 obteve 13% e o perfil 3, 14%. Esses valores baixos de eficiência de remoção podem estar relacionados ao arraste de areia para o sistema

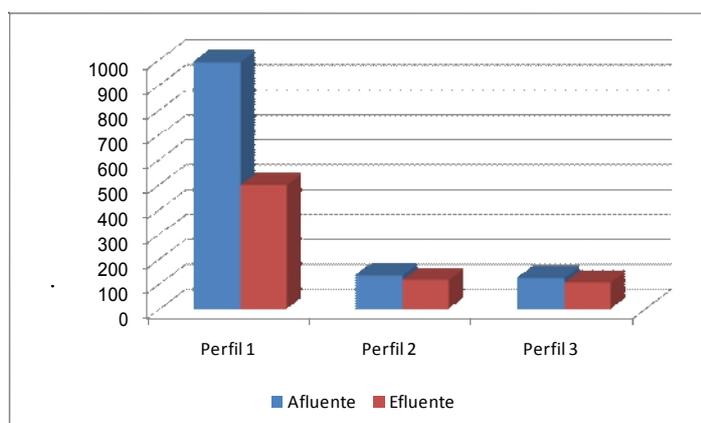


Figura 13 - Valores de sólidos totais obtidos nas análises físico químicas



Figura 14 - Sistema em operação

Após seguir todas as etapas de dimensionamento, implantação, plantio das macrófitas aquáticas e monitoramento, a Figura 14 demonstra o sistema em operação.

6 CONCLUSÃO

O sistema de leito cultivado de tratamento implantada na pequena propriedade rural atendeu a demanda que a população local necessitava.

As espécies nativas plantadas na estação de tratamento resultaram em um desenvolvimento satisfatório.

A construção do sistema de leito cultivado foi realizada satisfatoriamente, ou seja, é possível utilizá-lo sem dificuldades.

A eficiência de tratamento da estação foi obtida em alguns parâmetros, principalmente na remoção de matéria orgânica, fósforo e sólidos.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. . **NBR 13969**: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. . **NBR 7229**: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. . **NBR 8160**: Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários – Projeto e Execução – procedimento. Rio de Janeiro, 1999.
- BASTIAN, Robert. K.; HAMMER, David. A. **The use of constructed wetlands for wastewater treatment and recycling**. Florida: 1993.
- BIUDES, José F. V.; CAMARGO, Antônio F. M. Uso de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes de aquicultura. **Associação Brasileira de Limnologia**. Rio Claro, 2010. Disponível em: <[http://www.ablimno.org.BR/publiBoletim.Php?issue=bol_38\(2\)](http://www.ablimno.org.BR/publiBoletim.Php?issue=bol_38(2))>. Acesso em: 5 nov 2012.
- BORGES, Alisson C. **Avaliação de Remoção e Transporte de Herbicida Ametrina em Sistemas Alagados Construídos**. 2007. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- BORGES, Nayara B. **Caracterização e Pré-tratamento de Lodo de Fossas e de Tanques Sépticos**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- CAMARGO, Antonio. F. G.; PEZZATO, Maura. M.; HENRYSILVA, Gustavo. G. **Fatores limitantes á produção de macrófitas aquáticas**. Maringá: Eduem, 2003. p. 67.
- CARVALHO, Karina. Q. **Resposta Dinâmica de Reator UASB em Escala Piloto Submetido a Cargas Orgânicas e Hidráulicas Cíclicas: Modelos Matemáticos e Resultados Experimentais**. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006
- CHERNICHARO, Carlos. A. L. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG-Projeto PROSAB; 2001.
- DACACH. Nelson G. Tratamento primário de esgoto. Editora: Didática e Científica. 1991.

DILLALO, Rosemaire.; ALBERTSON, Orris.E. Volatile acids by direct titration. **Journal of Water Pollution Control Federation**. New York, v. 33, n. 4, p. 356-365, apr. 1961.

EATON, Andrew. D.; CLESCERI, Leonore. S.; RICE, Eugene. W.; GREENBERG, Arnold. E. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation, 2005.

ERCOLE, Luiz A. S. **Sistema Modular de Gestão de Águas Residuárias Domiciliares: Uma Opção Mais Sustentável para a Gestão de Resíduos Líquidos**. 2003.192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ESTEVEES, Francisco. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998

GALBIATE, Adriana F. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. 2009. 52 f. Dissertação (mestre em tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

GANSKE, Catia C.F.; ZANOTELLI, Cladir T. Estudo de filtro de zonas de raízes como tratamento complementar de esgoto doméstico para comunidades rurais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 24. 2007, Belo Horizonte. Saneamento Ambiental: Compromisso ou Discurso? Disponível em: <<http://www.abes.locaweb.com.br/XP/XPEasyPortal/Site/XPPortalPaginaShow.php?id=376>> Acesso em: mar. 2012.

GONÇALVES. Ricardo F. Uso racional da água em edificações. Editora: ABES, 2006.

JEFFERSON, B. et al. Technologies for domestic wastewater recycling. **Urban Water**. London, v.1,p.285-292, 1999.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSOA, Constantino A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSOA, Constantino A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. São Paulo: ABES, 2009.

LEMES, João L. V. B. et al. Tratamento de Esgoto por Meio de Zona de Raízes em Comunidade Rural. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**., Curitiba, v. 6, n. 2, p. 169-179, abr-jun. 2008.

LOCASTRO, J. K. et al. Tratamento dos esgotos sanitários gerados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Campo Mourão por zonas de raízes. Anais: Simpósio Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012. 1 CD - ROM.

MAIER, Clamarion. **Qualidade de Águas Superficiais e Tratamento de Águas Residuárias por Meio de Zonas de Raízes em Propriedades de Agricultores Familiares**. 2007.96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)- Área de Concentração em Processos Químicos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MAY, Simone. **Caracterização, Tratamento e Reúso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações**. 2009. 222 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MELLO, Edson J. R. Tratamento de Esgoto Sanitário- Avaliação da Estação de Tratamento de Esgoto do Bairro Novo Horizonte na Cidade de Araguari-MG. 2007. 86 f. Monografia (Pós-graduação em Engenharia Sanitária)- União Educacional Minas Gerais, Uberaba, 2007.

MONTEIRO, Rodrigo.C.M. **Viabilidade Técnica do Emprego de Sistemas Tipo “Wetlands” para Tratamento da Água Cinza Visando o Reúso Não Potável**. 2009.84f. Dissertação (Mestrado); Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MUCHIMBANE, Aníbal B. D. A. **Estudo dos Indicadores de Contaminação das Águas Subterrâneas pó Sistemas de Saneamento “in Situ”**. 2012. 131 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NAIME, Roberto; GARCIA, Ana C. Utilização de Enraizadas no Tratamento de Efluentes Agroindustriais. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, São Leopoldo, v. 1, p. 2-20, jul-dez. 2005.

NUVOLARI, Ariovaldo.; et al. Esgoto Sanitário- coleta transporte tratamento e reuso agrícola. Editora: Edgar Blucher LTDA., 2003.

OLIVEIRA, Anderson S.; VIDAL, Carlos M. Caracterização e Avaliação da Potencialidade de Sistemas “Wetland” para o Tratamento do Efluente do Viveiro da Empresa Votorantim Celulose e Papel. In: VI Semana de Estudos da Engenharia Ambiental.2008.

OTTERPOHL, Ralf u. Black, brown, yellow, grey- the new colors of sanitation. Water, v. 3, n. 5, p. 1-92, out. 2001.

PRADO. Gustavo S. **Concepção e estudo de uma unidade compacta para tratamento preliminar de esgoto sanitário composta por separador hidrodinâmico por vórtice e grade fina de fluxo tangencial**. 2006. 268 f. Tese (Doutor em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE FLORAÍ. **Mapa de Floraí**. Disponível em: <<http://www.brasilocal.com/parana/florai.html>> Acesso em 05 out 2011.

REZENDE, Carlos C. S. **Reúso potável de esgoto sanitário: possibilidades e riscos**. 2010. 259 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo. São Paulo. São Carlos, 2010.

RIPLEY, Leonard.E.; BOYLE, Willian. C.; CONVERSE, James. C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. Journal Water Pollution Control Federation, New York, v. 58, n. 5, p. 406-411, 1986.

SCHOENHALS, Marlise; OLIVEIRA, Vanderlei Abele de; FOLLADOR, Franciele AníCaovilla. Remoção de chumbo de efluente de indústria recicladora de baterias automotivas pela macrófita aquática *Eichhornia crassipes*, Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, 2009. Disponível em: <<http://189.20.243.4/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=207>>. Acesso em 22 Mai. 2012.

SILVA, Selma C. **“Wetlands Construídos” de Fluxo Vertical com Meio Suporte de Solo Natural Modificado no Tratamento de Esgotos Domésticos**. 2007. 205 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)- Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SPERLING, Marcos V. **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos. Princípios Básicos do Tratamento de Águas Residuárias**. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

TOSSETO, Vitor. **Avaliação da Co-Disposição de Lodo de Tanques Sépticos e Fração Orgânica de Resíduos Sólidos Domiciliares em Reatores Anaeróbios**. 2009. 117 f. Dissertação (mestrado em engenharia Hidráulica e Saneamento)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. TUNDISI, Takano G.; TUNDISI, Takako M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

UEHARA, Michele e VIDAL, Waldo. **Operação e manutenção de lagoas aneróbias e facultativas**. São Paulo: Cetesb. 1989.

VALENTIM, Marcelus A. A. **Desempenho de Leitões Cultivados (“Constructed Wetland”) Para tratamento de Esgoto: Contribuições Para Concepção e Operação**. 2003. 233 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) , Campinas, 2003.

VALENTIM, Marcelus A. A. **Uso de Leitões Cultivados no Tratamento de Efluente de Tanque Séptico Modificado**. 1999. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

VAN KAICK, Tamara. S.. **Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná**. 2002. 128 f Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Programa de Pós-graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2002.

WERMELINGER, Eduardo D. Saneamento básico, vetores e pragas urbanas: uma relação controversa. **Vetores & Pragas**, Rio de Janeiro, p. 27-29, jul 2011.