



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

HENRIQUE JUNIOR

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DESCENTRALIZADO
POR ZONAS DE RAÍZES, UMA PROPOSTA PARA IMPLANTAÇÃO
PARA POUSADA NA ILHA DO MEL - PR.**

CURITIBA, 2012



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

HENRIQUE JUNIOR

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DESCENTRALIZADO
POR ZONAS DE RAÍZES, UMA PROPOSTA PARA IMPLANTAÇÃO
PARA POUSADA NA ILHA DO MEL - PR.**

Monografia apresentada para obtenção de título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Construções Sustentáveis, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientadora: Dr^a Tamara Van Kaick

CURITIBA, 2012

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais Henrique e Elza pelo carinho e pela torcida para realização e finalização deste trabalho.

A minha tia Suely, por acreditar, apoiar e permitir o estudo em sua pousada para o projeto.

A minha orientadora Tamara Van Kaick pela paciência e condução do trabalho.

Ao Silas pelo apoio nas pesquisas fundamentais de campo para o desenvolvimento do trabalho.

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado!

RESUMO

JUNIOR, Henrique Alves Rodrigues. Sistema de tratamento de esgoto descentralizado, por zona de raízes uma proposta para implantação para pousada na Ilha do Mel – Pr. 2012. 50p. Dissertação (Especialização em Construções Sustentáveis) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

Esgotamentos de origem sanitária representam uma parcela das fontes de poluição ambiental, principalmente quando lançados em corpos hídricos sem o tratamento adequado, principalmente nas pequenas comunidades. Nesse sentido, a busca por novas tecnologias alternativas e que tem se mostrado bastante eficaz é o tratamento de esgoto por zona de raízes também pela simplicidade construtiva sendo de baixo custo para o tratamento desses efluentes torna-se imprescindível. Esse sistema baseia-se em princípios físicos (filtração) e biológicos, com parte do filtro constituído de plantas, sendo colocado à jusante de um tratamento primário (fossa séptica). As plantas utilizadas nesse sistema têm que ter raízes do tipo cabeleira com aerênquimas bem desenvolvidos, como o Lírio do Brejo, planta utilizada na ETE (estação de tratamento de efluentes) proposta nesse trabalho, que tem como objetivo implantar uma estação por zona de raízes fluxo vertical afogado na comunidade da Ilha do Mel (PR). A ETE aqui proposta tem volume de 16 m³, foi impermeabilizada com lona plástica e é composta por um filtro físico contendo brita e areia de granulometria pré-definida.

Verificou-se que a maior parte dos custos dessa ETE (totalizado em R\$ 11,184. 20) deveu-se o transporte dos materiais até a ilha e das fossas sépticas de PVC o que seria mais adequado já que as fossas construídas ou de concreto são permeáveis. Esse valor pode ficar ainda mais barato caso utilize outro tipo de material para as fossas.

Palavras Chave: Saneamento descentralizado, zona de raízes, turismo sustentável.

ABSTRACT

JUNIOR, Henrique Rodrigues Alves. System of decentralized waste-water treatment, root zone by a proposal for deployment to lodge on Ilha do Mel - Pr 2012. 50p. Dissertation (Specialization in Sustainable Buildings) - Graduate Program in Civil Engineering, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2012.

Home health breakdowns represent a portion of the sources of environmental pollution, especially when thrown into water bodies without adequate treatment, especially in small communities. In this sense, the search for new alternative technologies and has proven quite effective is the treatment of waste-water by the root zone too constructive simplicity and low cost to treat these effluents becomes essential. This system is based on physical principles (filtration) and biological filter consisting in part of plant, placed downstream of a primary treatment (septic). The plants used in this system must be rooted hair type with well developed aerenchyma, as the Swamp Lily, plant used in WWTP (waste-water treatment plant) proposed in this paper, which aims to deploy a station by root zone flow vertical drowned in the community of Ilha do Mel (PR). The ETE proposed here has volume of 16 m³, was sealed with plastic and consists of a physical filter containing sand and gravel grading preset.

It was found that most of the costs of ETE (totalizing R\$ 11,184.20) was due to the transportation of materials to the island and septic PVC which would be more suitable since the pits are built or concrete permeable. This value can be even cheaper if you use another type of material to the pits. It can be said that the sewage treatment system for the root zone reaches the three aspects of sustainability: economic, because it is a low-cost system implementation and maintenance, social, considering that it is related to public health and quality of life, and environment as efficiently treats sewage and contributes to preserving biodiversity and promoting sustainable tourism.

Keyword: Sanitation decentralized, root zone, sustainable tourism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de macrófitas Flutuantes (adaptado por FBDS 2006).....	18
Figura 2: Sistema de macrófitas aquáticas submersas (adaptado por FBDS 2006).....	18
Figura 3: Sistema com plantas emergentes fluxo superficial (adaptado por FBDS 2006).	18
Figura 4: Sistema com plantas emergentes fluxo subsuperficial horizontal (adaptado por FBDS 2006).	18
Figura 5: Sistema com plantas emergentes fluxo subsuperficial vertical (adaptado por FBDS 2006).	19
Figura 6: Esquema da ETE por zona de raízes adaptado por Van Kaick (2002).....	20
Figura 7: Mapa de ocupação de Encantadas, Ilha do Mel – Pr.....	25
Figura 8: Parte Inferior.....	26
Figura 9: Parte Superior.....	26
Figura 10: Casa dos fundos.....	27
Figura 11: Área de camping.....	27
Figura 12: Mar de Fora, extremo sul da ilha.....	28
Figura 13: Praia de Brasília, extremo norte da Ilha.....	29
Figura 14: Vegetação da ilha.....	30
Figura 15 : “Caxetais” Fundo do terreno da pousada.....	31
Figura 16: Planta esquemática do terreno da pousada.....	33
Tabela 17: Detalhe zona de raízes.....	34
Tabela 18: <i>Hedychium coronarium</i> (lírio-do-Brejo).....	38
Tabela 19: Planta esquemática do sistema de esgoto.....	42

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Orçamento.....	43
----------------------------------	-----------

SUMÁRIO

RESUMO	03
ABSTRACT	04
1 INTRODUÇÃO	09
1.1 OBJETIVOS.....	10
1.1.1 Objetivo geral.....	10
1.1.2 Objetivos Específicos.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 SANEAMENTO BÁSICO.....	12
2.1.1 Esgoto Doméstico.....	13
2.2 TRATAMENTOS CONVENCIONAIS DE EFLUENTES.....	13
2.3 WETLANDS.....	14
2.3.1 TIPOS DE WETLANDS.....	14
2.3.1.1 Wetlands Naturais.....	14
2.3.1.2 Wetlands Construídos.....	15
2.3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS WETLANDS CONSTRUÍDOS.....	16
2.3.2.1 Sistemas de escoamento superficial.....	16
2.3.2.2 Sistemas de escoamento subsuperficial.....	18
2.4 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO POR ZONA DE RAÍZES.....	19
2.4.1 Composição da zona de raízes.....	22
2.4.2 Vegetação da zona de raízes.....	23
2.4.3 Filtração da zona de raízes.....	23
3 METODOLOGIA	24
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AREA DE ESTUDO.....	24
3.2 CLIMA.....	28
3.3 GEOMORFOLOGIA.....	28
3.4 VEGETAÇÃO.....	29
3.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RAÍZES.....	31
4 RESULTADOS DISCUSSÃO	32
4.1 DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE GORDURA.....	34

4.2 ETAPAS CONSTRUTIVAS.....	35
4.2.1 ESCAVAÇÃO.....	35
4.2.2 IMPERMEABILIZAÇÃO.....	35
4.2.3 MALHA DE TUBULAÇÃO RECEPTORA DO EFLUENTE TRATADO E CAMADA DE ACOMODAÇÃO EM BRITA # 02	35
4.2.4 CAMADA DE AREIA GROSSA.....	36
4.2.5 CAMADA DE BRITA # 02.....	36
4.2.6 DISTRIBUIÇÃO DO EFLUENTE PROCEDENTE DO TRATAMENTO PRELIMINAR (TANQUE SÉPTICO)	36
4.2.7 CAMADA DE BRITA # 0.....	37
4.2.8 COBERTURA VEGETAL.....	37
4.2.9 TUBULAÇÃO DE SAÍDA, RESPIRO E ACESSO À INSPEÇÃO DO SISTEMA	38
4.3 OBSERVAÇÕES FINAIS.....	39
4.3.1 CAIXA DE GORDURA.....	39
4.3.2 CAIXA DE INSPEÇÃO.....	39
4.3.3 FILTRO DE CARVÃO.....	39
4.3.4 CIRCULO DE BANANEIRAS.....	39
4.3.5 TRATAMENTO PRELIMINAR.....	40
4.3.6 TRATAMENTO SECUNDÁRIO.....	40
5 ORÇAMENTO.....	42
5.1 CUSTO BENEFÍCIO.....	44
6 CONCLUSÕES.....	45
7 REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a falta de saneamento básico é um dos principais problemas ambientais causando a contaminação do solo, ar e água e gerando problemas para a saúde pública.

Segundo o IBGE (2010), o Brasil apresenta cerca de 58 milhões de domicílios e de acordo com o estudo, de 2000 a 2008 as condições de saneamento melhoraram levando-se em conta todo o território nacional, apesar disso, menos da metade dos domicílios brasileiros 45,7% tem acesso à rede de esgoto.

A saúde pública pode ser ameaçada pela contaminação das águas (IMHOFF & IMHOFF 2002), os impactos causados pelo lançamento de esgotos em mananciais é evitado se passar por um tratamento prévio. O lançamento de esgoto diretamente em um corpo receptor resultando em consequências como a liberação de maus odores, a proliferação de algas e a mortalidade de peixes (ALMEIDA; OLIVEIRA; KLIEMANN, 2007).

De acordo Lei Federal Nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos o acesso em condições adequadas deve ser obrigação do município.

De acordo (VAN KAICK, 2002), os custos de instalação e a distância dos centros urbanos têm restringido o acesso aos sistemas de coleta e tratamento de esgotos, principalmente em comunidades de baixa renda. Para solucionar este problema deve-se buscar por tecnologias adequadas às condições e as necessidades da população a ser atendida.

A Ilha do Mel é um dos balneários mais antigos do Paraná, sendo ocupada por volta de 1840 uma expedição de origem da Capitania de São Paulo que chegou à Ilha em busca de ouro e prata, administrada pelo município de Paranaguá, a Ilha do Mel foi tombada como patrimônio histórico do estado em 1982, possui em parte de sua área a designação de Estação Ecológica, portanto 90% de sua área total está preservada, e é considerado Parque Estadual, Reserva da Biosfera e Patrimônio da Humanidade. Apesar do esforço em preservar a parte ambiental, a parte ocupada pela população tradicional da Ilha ainda não possui infra-estrutura adequada para o saneamento, principalmente no que concerne ao tratamento adequado de esgoto.

Esta falta de saneamento afeta diretamente a população tanto nas suas atividades tradicionais de pesca, assim como na nova oportunidade de renda que é o turismo na ilha.

Percebendo a falta de saneamento ambiental, gerou-se a proposta de desenvolvimento de um filtro biológico por raízes para uma pousada na Ilha do Mel – Pr. Nesse contexto as Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) por Zona de Raízes, sistema baseado no plantio de macrófitas em um leito filtrante de onde o efluente a ser tratado (PHILIPPI; SEZERINO, 2004), pode ser uma solução adequada para a falta de tratamento de esgoto, principalmente nas estruturas de hospedagem da ilha. A ETE por zona de raízes é um destes sistemas flexíveis composto por filtro físico/biológico, auto-sustentáveis e de baixo custo (VAN KAICK, 2002).

A eficiência destes sistemas para remoção de poluentes já determinada em inúmeros trabalhos e é dependente, basicamente, das características iniciais do efluente, do material que compõe o leito filtrante, da macrófita utilizada (VAN KAICK, 2002; ALMEIDA; OLIVEIRA; KLIEMANN, 2007).

Sendo assim, a implantação de estação de tratamento de esgoto por zona de raízes na comunidade da ilha do mel é de grande relevância já que é um sistema auto-sustentável de custo relativamente mais baixo, de não agredir o meio ambiente e a comunidade local e ainda por ter a flexibilidade de se adaptar em diferentes locais já diferentes do sistemas convencionais.

Assim, presente trabalho tem como proposta de desenvolver um projeto que possa ser posteriormente implantado de um sistema de tratamento de esgoto doméstico com fluxo vertical que irá ser tratado por zonas de raízes, localizado em Paranaguá na comunidade da Ilha do Mel.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um projeto de um sistema de tratamento de esgoto doméstico do tipo wetland construído de fluxo subperifical vertical para uma pousada na Ilha do Mel-Pr.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a área de estudo;
- Determinar o numero de usuários do sistema;
- Dimensionar o sistema de tratamento de esgoto por raízes;
- Determinar espécie da flora local a ser usada para compor a zona de raízes do wetland;
- Desenvolver projeto arquitetônico do wetland construído para a pousada;
- Estimar o custo x benefício.

1.2 JUSTIFICATIVA

A utilização wetlands construídos que utilizam espécies vegetais no tratamento de esgoto representa uma tecnologia emergente que está se revelando como uma alternativa, eficiente e de baixo custo, aos sistemas convencionais (PARKINSON; SIQUEIRA; CAMPOS, 2004). Esses sistemas podem ser implantados no local onde o esgoto é gerado, são facilmente operados, economizam energia. Portanto, as estratégias de sustentabilidade ambiental buscam compatibilizar as intervenções antrópicas minimizando os impactos ambientais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SANEAMENTO BÁSICO

Segundo a Organização Mundial da Saúde (2008), saneamento pode ser entendido como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social.

Neste enfoque, o saneamento tem por objetivo minimizar os danos ao meio ambiente que interferem na saúde da população pode-se dizer que saneamento caracteriza o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar o estado de saúde normal em que vive a população para inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias vinculadas ao meio ambiente.

Outra definição é a trazida pela Lei do Saneamento Básico para a Lei N.º 11.445 de 05 de janeiro de 2007 que estabelece as diretrizes básicas nacionais para o saneamento, que o define como o “conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de:” abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais.

De acordo com a FUNASA (2006) o saneamento básico é um dos principais indicadores da qualidade de vida e do desenvolvimento econômico e social de uma cidade. Todas as esferas, são responsáveis pelo saneamento, são ações essenciais para o bem-estar da população e têm forte impacto sobre a vida do ser humano.

As doenças oriundas da falta de saneamento básico são decorrentes tanto da quantidade como da qualidade das águas de abastecimento, do afastamento e destinação adequada dos esgotos sanitários, do afastamento e destinação adequada dos resíduos sólidos, da ausência de uma drenagem adequada para as água pluviais (FUNASA, 2006).

Seja qual for à definição utilizada, o certo é que o saneamento básico está relacionado às condições de saúde da população e mais do que simplesmente garantir acesso aos serviços, instalações ou estruturas que citam a lei, também medidas de educação da população e conservação ambiental.

Para que a educação sanitária seja efetiva é necessário que o indivíduo aceite a informação e o conhecimento e integre este conhecimento em sua vida, desenvolvendo também no individuo a atitude correta quanto as suas responsabilidades na conservação da própria saúde, da sua família e da comunidade local.

2.1.1 Esgoto Doméstico

O esgoto doméstico é aquele que provem principalmente de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou quaisquer edificações que dispõem de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas. Compõem-se essencialmente da água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem (FUNASA 2006).

A água utilizada para o consumo humano, para a irrigação e outras atividades, deve apresentar padrões físico-químicos e sanitários apropriados para evitar riscos ao meio ambiente e preservar a saúde das pessoas e animais. Mais de 90% das doenças infecciosas são transmitidas por água contaminada, principalmente com esgotos domésticos. Dentre os microrganismos responsáveis por essas doenças destacam-se vírus e bactérias do trato intestinal. Dentre os vírus, citam-se os da hepatite, da pólio e os causadores de diarreias entre outros (CEBALLOS, 2000).

O esgoto doméstico pode ser tratado com relativa facilidade antes de ser lançado no ambiente. Infelizmente, os índices baixos de coleta e tratamento no Brasil demonstram que o país ainda precisa investir mais nessa área.

2.2 TRATAMENTOS CONVENCIONAIS DE EFLUENTES

O funcionamento de uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE) compreende basicamente as seguintes etapas: pré-tratamento (gradeamento e desarenação), tratamento primário (floculação e sedimentação), tratamento secundário (processos biológicos de oxidação), tratamento do lodo e tratamento terciário (polimento da água).

O Pré-tratamento ou tratamento preliminar é feita a remoção dos materiais em suspensão, através da utilização de grelhas e de crivos grossos (gradeamento), e a remoção da areia por sedimentação (desarenação). O tratamento primário é constituído por processos físico-químicos, ocorre a separação de partículas líquidas ou sólidas através de processos de floculação e sedimentação, utilizando flocladores e decantador (sedimentador) primário. O tratamento secundário etapa na qual ocorre a remoção da matéria orgânica, por meio de reações bioquímicas. Os processos podem ser aeróbicos ou anaeróbicos exemplos: lodos ativados e sistemas de lagoas. O tratamento terciário tem como finalidade de se conseguir remoções adicionais de poluentes em águas residuárias, antes de sua descarga no corpo

receptor e/ ou para recirculação em sistema fechado, como uso de carvão ativado, eletrodialise, osmose reversa e troca iônica (KURITA 2012).

2.3 WETLANDS

O termo “wetland” é utilizado para caracterizar vários ecossistemas naturais que ficam parcial ou totalmente inundados durante o ano.

Wetlands são áreas úmidas nas quais inúmeros processos e agentes como animais, plantas, solo e luz solar interagem entre si transferindo e reciclando matérias orgânicas e nutrientes (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Estes são sistemas tecnologicamente avançados e de baixo custo (BIRD, 2004) que podem ser associados aos sistemas individuais para melhorar a qualidade dos efluentes a serem lançados nos corpos d’água receptores ou reutilizados na irrigação de jardins, campos e culturas.

Os sistemas naturais se diferenciam dos sistemas convencionais em relação à fonte de energia utilizada, pois requerem a mesma quantidade de energia de input para degradar certa quantidade de poluente (KADLEC e KNIGHT, 1996).

O primeiro experimento wetland construído foi projetado em 1952, pelo Instituto Max Planck (“Max Planck Institute”), localizado em Pion, na Alemanha e foi construído, em 1977 Othfresen, um sistema em escala para o tratamento de águas residuárias urbanas (Masi, 2004).

Este sistema vem sendo difundido lentamente no Brasil por meio de instituições como o Instituto de Ecologia (IEA) de Piracicaba, a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), a Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e Universidades Públicas que estudam novos modelos e formas de implantação dos sistemas (SILVA, 2007).

2.3.1 TIPOS DE WETLANDS

2.3.1.1 Wetlands naturais

De acordo com SALLATI (2003) os wetlands têm importantes funções dentro dos ecossistemas onde estão inseridos, entre as quais se destacam:

- Regula os fluxos de água, amortecendo os picos de enchentes;
- Modifica e controla a qualidade das águas;
- Importante para a função de reprodução e alimentação da fauna aquática;
- Área de refúgio da fauna terrestre;
- Controlar a erosão; evitando o assoreamento dos.

Os “wetlands naturais” são áreas de transição entre um sistema terrestre e um aquático. Sob o termo genérico wetland, estão agrupados diversos habitats úmidos como banhados, pântanos, brejos, zonas alagadiças, manguezais e áreas similares (ANJOS, 2003).

Os sistemas aquáticos têm uma grande diversidade de espécies úteis ao homem e são também parte ativa dos ciclos biogeoquímicos e da diversidade biológica do Planeta (TUNDISI, 2003).

2.3.1.2 Wetlands construídos

Os sistemas de wetlands construídos têm como objetivo simular as condições ideais de tratamento das wetlands naturais, com as vantagens de oferecem flexibilidade quanto à escolha do local de implantação, às condições de otimização da eficiência de remoção de matéria orgânica e de nutrientes, ao maior controle sobre as variáveis hidráulicas e à maior facilidade quanto ao manejo da vegetação (KADLEC e KNIGHT, 1996)

Os sistemas wetlands construídos são recomendados para pequenas cidades que disponham de área suficiente para sua implantação e podem ser associados aos sistemas individuais para melhoria da qualidade dos efluentes domésticos

De acordo com a (UNEP, 2004) os processos que ocorrem dentro dos sistemas de wetlands construídos, contribuem para a melhoria da qualidade da água tratada por esses sistemas:

- Desnitrificação, com remoção do nitrato.
- Adsorção de íons amônio e de metais pelos argilominerais.
- Adsorção de íons metálicos, de pesticidas e de compostos à base de fósforo pela matéria orgânica e a complexação de íons metálicos pelos ácidos húmicos e outros polímeros orgânicos.
- Decomposição de matéria orgânica biodegradável, aeróbica e anaerobicamente.
- Remoção de patógenos por microrganismos. Neste processo, a radiação ultravioleta desempenha um importante papel.

- Retirada de metais pesados e outras substâncias tóxicas por macrófitas.
- Decomposição de compostos orgânicos tóxicos através de processos anaeróbicos.

A fitorremediação utiliza sistemas vegetais para recuperar águas e solos contaminados por poluentes orgânicos ou inorgânicos. Esta área de estudo, embora não nova, tomou impulso nos últimos dez anos, quando se verificou que a zona radicular das plantas apresenta a capacidade de biotransformar moléculas orgânicas exógenas. A rizosfera, como é denominada esta zona, tem sido desde então estudada por sua importante função de utilizar moléculas poluentes como fonte de nutrientes para os diversos microrganismos que coabitam nesta região (DINARDI et al., 2003).

2.3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS WETLANDS CONSTRUÍDOS

De acordo com Philippi e Sezerino (2004) as Wetlands são classificadas em dois grupos:

- Sistema de escoamento superficial (free water surface) ou sistema de lâmina livre.
- Sistemas de escoamento subsuperficial (subsurface flow) filtros plantados com macrófitas

2.3.2.1 Sistemas de escoamento superficial

Este sistema possui propriedades similares ao das lagoas facultativas, ocorrendo à presença de algas plantônicas ou filamentosas, ou as macrófitas na massa líquida, ocorrendo em zonas de maior profundidade, a presença de organismos anaeróbios. Existem diversas configurações para lagoas de banhados construídos, sendo que a maioria das diferenças é em relação à forma de como são dispostas as macrófitas na porção aquática, podendo ser submersa, flutuante, emergente, etc. (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Um resumo dos sistemas de *wetlands* construídas utilizando macrófitas foi feito por BRIX (1993):

- **Sistema de macrofitas flutuantes:** As macrófitas flutuantes formam um grupo de plantas contendo diversas espécies são utilizadas em projetos com canais relativamente rasos (Figura 1). Esses canais podem conter apenas uma espécie de plantas ou uma

combinação de espécies. A espécie mais estudada é a *Eichornia crassipes* da família das pontederiáceas, pelas suas características de robustez associada à uma grande capacidade de crescimento vegetativo. Esta planta recebe diferentes nomes populares no Brasil, sendo conhecido como aguapé, baroneza, mururé, pavoá, rainha do lago, uapé e uapê. A eficiência do aguapé na remoção de sólidos em suspensão está bem documentada. A maior parte dos sólidos em suspensão é removida por sedimentação ou por adsorção no sistema radicular das plantas.

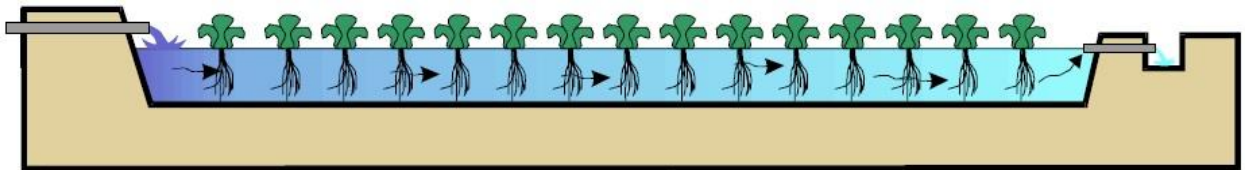


Figura 1 – Sistema de macrofitas Flutuantes (adaptado por FBDS 2006).

- **Sistema de macrofitas submersas:** As macrófitas aquáticas submersas ficam totalmente submersas como mostra a (Figura 2) e quando são expostas ao sol, geralmente seus tecidos ativos são destruídos. As espécies mais produtivas crescem, especialmente em água oligotróficas, ou seja, águas que apresentam baixas concentrações de nutrientes principalmente compostos de fosfato e azoto. As espécies mais encontradas são a *Isoetes Lacustris*, *Lobelia Dortmanna* e a *Egéria* sp. As espécies mais produtivas como a *Elodea Canadensis* proliferam em águas eutróficas. Estas macrófitas podem absorver os nutrientes dos corpos hídricos, porém se desenvolvem bem em águas bem oxigenadas, não têm sido recomendadas para tratamento de esgoto urbano, embora alguns experimentos tenham tido bom êxito mesmo para tratamento primário com *Elodea Nuttallii*.

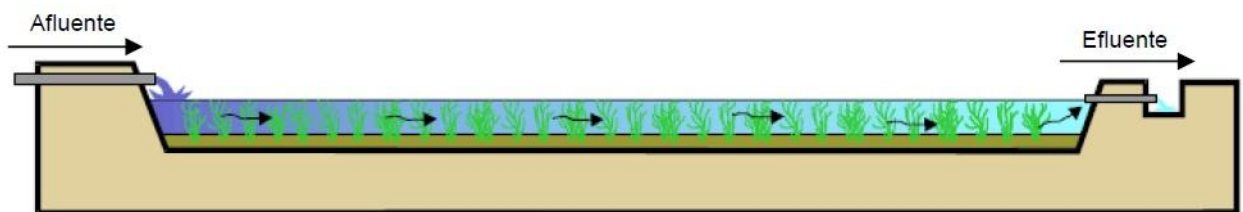


Figura 2 - Sistema de macrófitas aquáticas submersas (adaptado por FBDS 2006).

- **Sistema de macrofitas emergentes:** Estes sistemas de purificação utilizam plantas que se desenvolvem tendo o sistema radicular preso ao sedimento e o caule e as folhas parcialmente submersas como mostra a (Figura 3). A profunda penetração do sistema radicular permite a exploração de um grande volume de sedimentos, dependendo da espécie considerada. As espécies típicas de macrófitas aquáticas emergentes são

conhecidas de forma genérica pelo nome de juncos, que são plantas herbáceas de diversas famílias. As espécies mais utilizadas em projetos tem sido a *Phragmites australis*, a *Typha latifolia* e a *Scirpus lacustris*, todas essas espécies são adaptadas para se desenvolverem em sedimentos inundados de transportar oxigênio para o sistema radicular.

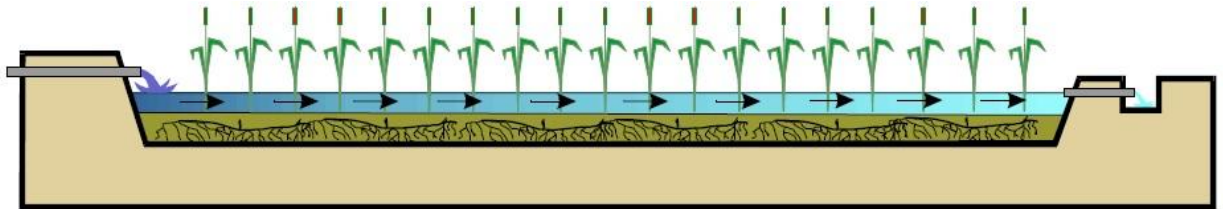


Figura 3 – Sistema com plantas emergentes fluxo superficial (adaptado por FBDS 2006).

2.3.2.2 Sistemas de escoamento subsuperficial

- **Sistema de macrofitas emergentes com fluxo subsuperficial horizontal:** quando o escoamento subsuperficial é horizontal, a água residual é distribuída à entrada do sistema e sujeita-se a um atravessamento (translação) ao redor das raízes como mostra a (Figura 4) onde existem áreas aeróbias, anóxicas e anaeróbicas, Em 1990, foi apresentado durante a Conferência sobre Zonas Úmidas Construídas, em Cambridge (Inglaterra), primeiro Guia Europeu para projeto e operação de sistemas de tratamento em leitos plantados com escoamento horizontal.

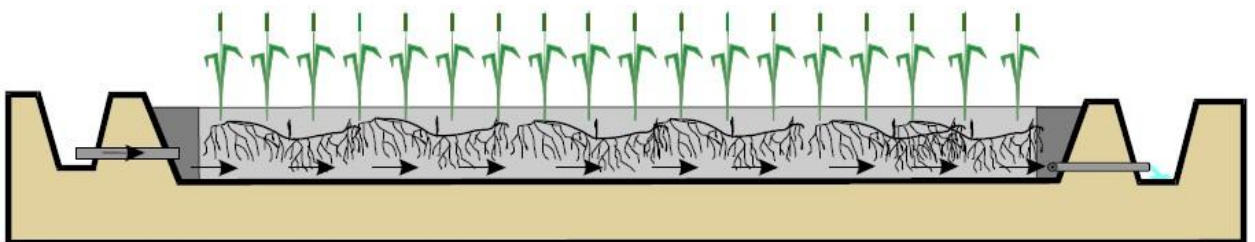


Figura 4 – Sistema com plantas emergentes fluxo subsuperficial horizontal (adaptado por FBDS 2006).

- **Sistema de macrofitas emergentes com fluxo subsuperficial vertical:** Sistemas de fluxo vertical são sistemas, com superfície plana, preenchidos com material filtrante (areia e brita) e impermeabilizados no fundo para impedir a percolação do efluente a ser tratado como mostra a (Figura 5). O sentido do fluxo pode ser ascendente ou descendente, sendo que o descendente é mais recomendado, pois desenvolvimento da

planta ocorre nas primeiras camadas, e também é nessas camadas que as raízes absorvem os nutrientes do esgoto e os microorganismos da região rizosférica tem grande participação no tratamento, as informações dos sistemas que utilizam esta tecnologia indicam boa remoção de sólidos suspensos, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Amônia e Fósforo e atualmente este é o filtro mais recomendado nos países europeus.

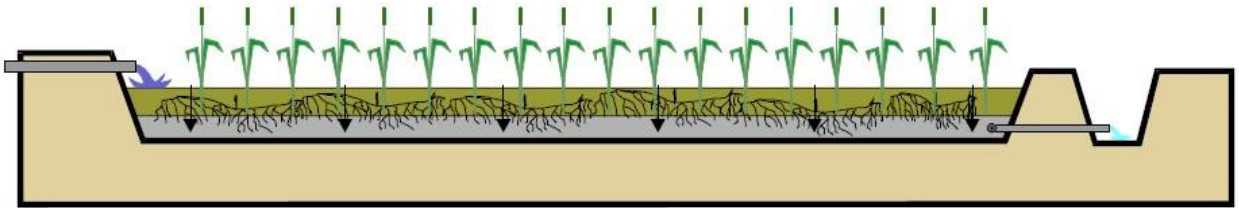


Figura 5 – Sistema com plantas emergentes fluxo subsuperficial vertical (adaptado por FBDS 2006).

2.4 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO POR ZONA DE RAÍZES

A Estação de Tratamento de Esgotos por Zona de Raízes é o resultado da busca por alternativas de saneamento mais sustentáveis e mais baratas. Este sistema tem sido utilizado a mais de cem anos em países europeus, principalmente Alemanha. É um biofiltro constituído pela zona de raízes e o esgoto precisa passar antes pela fossa séptica para depois ser lançado por meio de tubulações perfuradas na área plantada do filtro, ou seja, na zona de raízes plantada como mostra a (Figura 6) em cima de um filtro físico composto por um material de suporte como cascalho ou pedra britada e areia grossa. O sistema é de fluxo vertical mas afogado, diferenciando-se desta forma do sistema alemão, constituindo em uma inovação na construção dos wetlands de fluxo vertical (VAN KAICK, 2002).

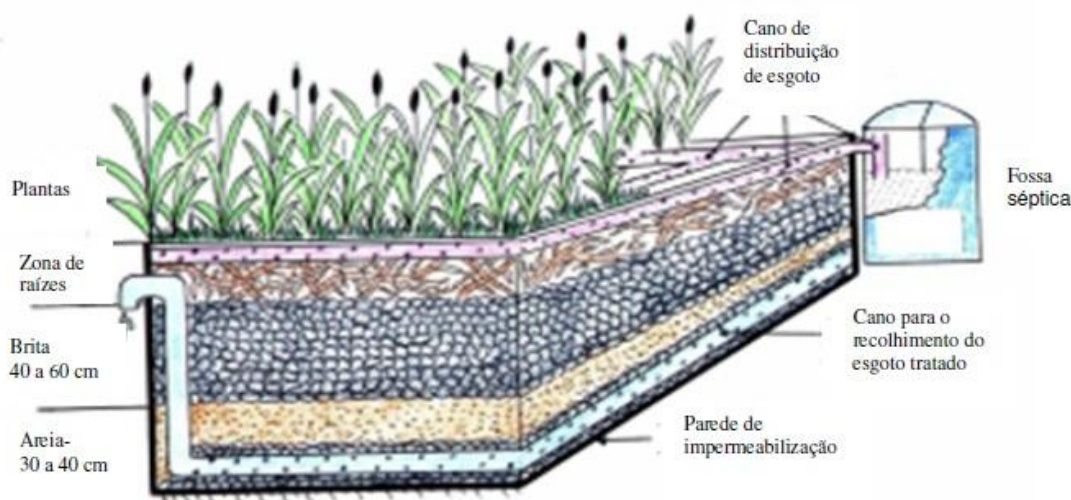


Figura 6 – Esquema da ETE por zona de raízes adaptado por Van Kaick (2002).

Neste tipo de sistema a degradação das substâncias poluidoras contidas na água ocorre através da simbiose entre plantas, solo ou substrato artificial e microorganismos. A principal função das plantas consiste em fornecer oxigênio ao solo/substrato através de rizomas que possibilitam o desenvolvimento de uma população de microorganismos, que finalmente são responsáveis pela remoção dos poluentes da água.

Uma vez que a ETE por zona de raízes é um wetland construído, sua composição compreende material preenchimento, plantas com aerênquima desenvolvido e biofilme desenvolvido em torno das raízes (rizosfera)

Os sistemas com plantas são eficientes, pois 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 (SILVA, 2008).

Nos Estados Unidos, em 1973, foi construído o primeiro sistema experimental americano de tratamento por zonas de raízes, refletindo um maior interesse de pesquisa e uso desse tipo de tratamento.

O projeto pioneiro utilizando Zona de raízes, no Brasil, foi realizado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) em Piracicaba - SP, onde foi construído um lago artificial nas proximidades do Rio Piracicamirim, altamente poluído (SALLATI, 2003).

O fato de esse sistema ser muito utilizado na Europa e América do Norte, no Brasil sua utilização ainda é muito rara e não são muitos os trabalhos científicos sobre o tema. No Paraná foram realizados os primeiros estudos sobre zona de raízes : Kaick e Sipinski (2000) – com

uma estação de tratamento piloto na região de Antonina; Van Kaick (2002) – estudo de estações de tratamento implantadas no litoral do Paraná; Kaick e Macedo (2002) – na região de Guaraqueçaba.

Em estudos conduzidos por (KAICK, MACEDO, PRESZNHUK, 2008) onde se reuniu informações sobre sistemas de Zonas de Raízes implantadas em diferentes localidades (Foz do Iguaçu, Morretes, Guaraqueçaba e Antonina, todas no Estado do Paraná, e Campos do Jordão, no Estado de São Paulo) demonstraram eficiência média de 88% de remoção de DBO e até 98% na remoção de Coliformes Totais nos efluentes aplicados. Além da eficiência perante a remoção de poluentes demonstrada pela pesquisa, não são descritos problemas na operação, nem ao menos reclamações por parte dos usuários.

Alguns autores citam vantagens da zona de raízes em relação às estações de tratamento convencionais como baixo custo de implantação, simplicidade na manutenção e operação, baixo consumo energético, remove nutrientes com P e N, reduz turbidez, sólidos suspensos e DBO podem ser implantados nas mais diversas situações, como em pequenas comunidades, áreas rurais, sistemas condominiais e escolas não há adição de produtos químicos e nem produção de lodo, além do aumento da biodiversidade local e o efeito paisagístico (KOOTTATEP *et al.*, 2002; PHILIPPI e SEZERINO, 2004; NIELSEN; WILLOUGHBY, 2005).

Mas também apresentam algumas desvantagens de requerer grandes áreas para implantação, um longo período para adaptação das macrófitas ao leito e à carga de lodo, alguns tipos de sistemas podem favorecer para proliferação de organismos e de insetos além da possibilidade de geração de maus odores se não forem geridos corretamente (esses dois últimos são mais comuns nos sistemas superficiais) (HEINSS; KOOTTATEP, 1998; UGGETTI *et al.*, 2009). Além disso, até o presente momento, não se tem critérios de dimensionamento padronizados para os filtros plantados com macrófitas para tratamento de lodo.

De acordo com a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC, 1985), esse sistema tem base em solos filtrantes, uma tecnologia auto-sustentável sendo utilizado de forma atender pequenas comunidades, escolas e residências unifamiliares.

Em pesquisa realizada por (PAROLIM, 2010) na região noroeste do Paraná, onde foram implantadas 20 sistemas de Zonas de Raízes, foram apresentados alguns problemas. Cerca de 20% dos sistemas instalados tiveram colmatção, ocasionando entupimento do meio filtrante. Segundo relato dos autores foi encontrado material particulado sob o leito, demonstrando que os mesmos não foram retidos no tanque séptico. Nesta pesquisa foram

utilizados como tanque séptico dois tambores plásticos de 200L, totalizando 400L de volume, e, portanto, não atingindo os 1,5m³ recomendados pela ABNT NBR 7229/1993, podendo gerar problemas na pesquisa.

2.4.1 Composição da zona de raízes

Para a construção do sistema de Zona de Raízes utiliza-se de materiais simples, como areia e brita para o preenchimento do meio filtrante, lona plástica para a impermeabilização do sistema e tubulação de PVC (VAN KAICK, 2002). No meio filtrante são cultivadas plantas aquáticas (macrófitas) emergentes, dando preferência às espécies nativas do domínio fitogeográfico em que se encontra para que se evite a contaminação biológica por espécies exóticas invasoras. Sugere-se ainda priorizar espécies com potencial de embelezamento paisagístico, tornando assim a tecnologia mais interessante aos usuários.

Segundo Mansor (1998), é um biofiltro (pedra brita e areia) a zona de raízes da estação de tratamento de esgoto tem como função introduzir o oxigênio no sistema, sendo esta etapa a grande responsável por boa parte da redução dos poluentes presentes no efluente, pode ser visualizado a estrutura do sistema e a explicação deste segue abaixo:

- Isolamento: pode ser feito com diferentes tipos de materiais (lona plástica resistente, alvenaria, concreto armado e caixa d'água de 1000litros) de acordo com o tipo de terreno, se faz necessário esta impermeabilização para evitar uma eventual contaminação do lençol freático;
- Camada de areia: é a camada situada logo após o isolamento, constituída por areia média a grossa, com uma altura de 30 a 40 cm preenchendo toda a base da área da estação de tratamento de esgoto e é nesta camada que estão instaladas as tubulações que captam o efluente tratado conduzindo-o para fora da estação;
- Camada de pedra britada ou outro material suporte: localizado sobre a base de areia, a pedra britada são de número 2, com uma altura de 40 a 50 cm, a partir desta camada se inicia o processo de decomposição do efluente sem a presença de oxigênio;
- Zona de raízes: é a camada mais superficial, o efluente da fossa séptica é lançado, por meio de tubulações perfuradas na área de raízes, que está apoiada sobre o filtro físico composta de pedra britada e é neste filtro que a decomposição da matéria orgânica se faz por meio de bactérias aeróbias.

2.4.2 Vegetação da zona de raízes

As plantas aquáticas emergentes possuem um tecido de sustentação muito mais resistente do que as flutuantes, resultando numa maior capacidade de remoção e retenção de nutrientes. Durante o inverno, a parte aérea das plantas morre, mas as raízes e os rizomas produzem energia para o novo desenvolvimento na primavera (IRGANG e GASTAL Jr., 1996).

O crescimento das plantas é controlado pela região radicular, um ambiente que a planta ajuda a criar e a atividade microbiana associada a diversas atividades benéficas como o transporte do oxigênio para as partes superiores (folhas, caules e hastes) até as zona de raízes onde ocorre a transformação da matéria orgânica relacionados com a nutrição da planta, trocas de O^2 e CO^2 , gradientes de unidades do solo, mineralização, amonificação, nitrificação e simbiose. (NAIME; GARCIA, 2005).

Nesses sistemas, as macrófitas apresentam papel fundamental, pois propiciam boas condições para o processo físico de filtração, suas raízes fornecem condições para aderência de micro-organismos, onde realizam a transferência de oxigênio, possibilitando um aumento na evapotranspiração do lodo e influenciando no processo de secagem e mineralização do mesmo. A ação do vento sob as plantas também permite que seus caules criem espaços tubulares, os quais permitem a manutenção da drenagem do efluente através do leito (BRIX, 1993; HEINSS; KOOTTATEP, 1998; NIELSEN; WILLOUGHBY, 2005).

2.4.3 Filtração da zona de raízes

Por se tratar de um sistema de tratamento baseado no processo de filtração, o conhecimento das características dos materiais a serem empregados no leito filtrante é de fundamental importância. O substrato utilizado ajuda na filtragem do efluente, na formação de biofilme e também serve como sustentação para as plantas.

O comportamento da água no material de recheio é em função, principalmente, da porosidade e da permeabilidade do material (Philippi e Sezerino, 2004).

Um dos processos de tratamento de águas residuárias domésticas de potencial uso em pequenas comunidades é o tratamento por zona de raízes. São preenchidos com algum substrato poroso (areia grossa, brita, cascalho), o qual serve de suporte para o desenvolvimento de biofilme bacteriano e para o crescimento de plantas (KADLEC;

WALLACE, 2008). Os principais mecanismos de remoção de poluentes são: físicos (sedimentação e filtração), químicos (adsorção) e biológicos (degradação microbiana e absorção de nutrientes).

O tratamento nos filtros plantado englobam a filtração e a formação de biofilme aderido a um meio suporte e raízes das plantas, onde comunidades de microrganismos aeróbios e anaeróbios irão depurar a matéria orgânica e promover a transformação da série nitrogenada – nitrificação e desnitrificação.

Um ponto positivo do sistema é ausência da produção de lodo, o que muitas vezes provoca mau cheiro (secagem lenta) com alto custo (secagem mecânica); na zona de raízes, o mau cheiro é evitado porque as próprias raízes funcionam como um filtro, eliminando-o (VAN KAICK, 2002).

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AREA DE ESTUDO

A pousada está localizada no extremo sul da Ilha do Mel em Encantadas nos paralelos 25°34'13" S Latitude e 48°18'45"W' Longitude como mostra a (Figura 7) na baía de Paranaguá entre Pontal do Paraná e Ilha das Peças, onde se concentra belezas naturais com abundância de morros rochosos próprios para esportes como caminhadas, montanhismo além de praias com águas límpidas, já na parte norte da Ilha, denominada de “Brasília”, estão localizados os povoados de Nova Brasília, Farol e Forte, sendo que o único meio de transporte de barco, atualmente a travessia é feita ABALAINÉ (Associação de Barqueiros), que é controlado pelo IAP (Instituto Ambiental do Paraná), pelo balneário de Pontal do Sul (aproximadamente 30 minutos) ou de Paranaguá (aproximadamente hora e meia), existem embarcações tanto para o extremo sul da ilha denominada de “Prainhas” ou “Encantadas” e para parte chamada de “Brasília” (SEMA/IAP, 1996)

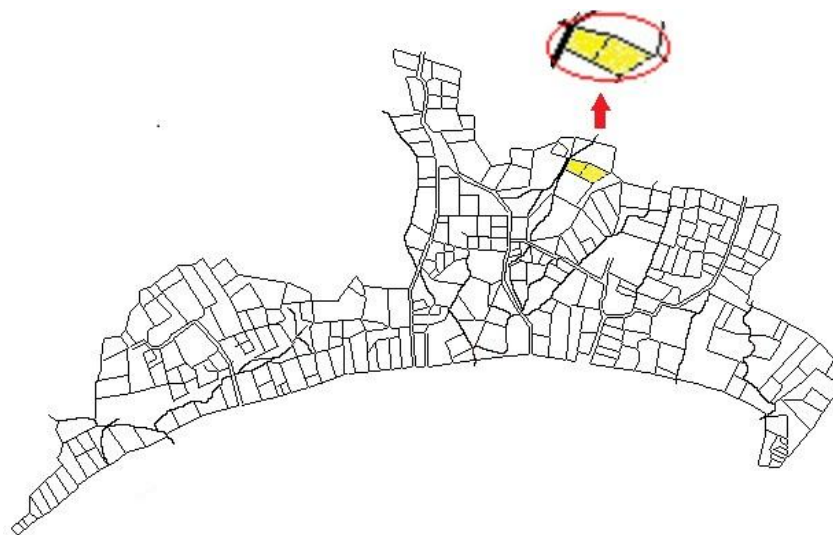


Figura 7 – Mapa de ocupação de Encantadas, Ilha do Mel – Pr.

A Ilha do Mel faz parte do município de Paranaguá, sob jurisdição e proteção do Instituto Ambiental do Paraná (IAP - Instituto Ambiental do Paraná) e do Batalhão de Polícia Florestal da Polícia Militar do Paraná (BRITEZ E MARQUES, 2005), possui uma grande parte de sua área pertencendo às Unidades de Conservação (95% da área total da ilha), denominadas como Parque Estadual da Ilha do Mel e Estação Ecológica da Ilha do (IAP, 2008).

Dentre as estruturas de hospedagem existentes na área de ocupação legal da Ilha do Mel, encontra-se a Pousada, localizada na parte de sul da ilha em Encantadas. Esta pousada possui suporte com capacidade máxima de 50 pessoas contendo oito quartos (três na parte inferior, sendo uma suíte e cinco na parte superior, sendo três suítes), casas de fundo com dois quartos e um banheiro e área de camping possuindo banheiros 2 banheiros externos como mostram as (Figuras 8, 9,10 e 11). É para esta pousada que se pretende desenvolver o projeto de tratamento de esgoto por zona de raízes, objetivo desta pesquisa.



Figuras 8 e 9 – Partes inferior/Superior



Figura 10 – Casa dos fundos



Figura 11 – Área de camping.

3.2 CLIMA

Segundo IAPAR (1994) o clima dessa região também como Af, ou seja, tropical chuvoso, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como superúmido, sem estação seca e isento de geadas. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e do mês mais frio superior a 18 °C. A média da umidade relativa do ar anual é de 85 %, apresentando até 2.000 mm de chuva ao ano.

3.3 GEOMORFOLOGIA

A ilha é composta por duas áreas bem delimitadas em relação à geologia e geomorfologia, ligadas por uma estreita faixa arenosa. A área sul é formada basicamente por morros do complexo cristalino, intercalados por pequenas planícies arenosas quaternárias (Figura 12). Já a área norte é uma planície sedimentar quaternária (Figura 13) de grande extensão com um pequeno morro de 80m de altura (SILVA et al. 1994).



Figura 12 – Mar de Fora, extremo sul da ilha.



Figura 13 – Praia de Brasília, extremo norte da Ilha.

3.4 VEGETAÇÃO

Conforme o sistema de Classificação da vegetação brasileira proposto por Veloso et al. (1991), a Ilha do Mel apresenta formações de Sistema Edáfico de Primeira Ocupação (formações pioneiras), subdividido em:

- Áreas de Formações Pioneiras com Influência Marinha, Fluvio-Marinha e Fluvial;
 1. Influência marinha – praias, dunas, “ticket” arbustivo pós praia, “scrub” lenhoso da planície costeiras, florestas arenosas ou secas, florestas paludosas ou brejosas e vegetação rupícola dos costões.
 2. Influência fluvio-marinha – marismas e manguezais, aqui são incluídos áreas de transição destes sistemas com as zonas de influência exclusivamente com a marinha.
 3. Influência Fluvial – brejos herbáceos ou arbóreos ao longo de pequenos rios e banhados, incluindo os “caxetais”.
- Floresta Ombrófila Densa Atlântica;
 1. Representada pela Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas;
 2. Floresta Ombrófila Densa Submontana;
- Sistema de Vegetação Secundária com influencia antrópica.

Abrigando diversos ecossistemas, dentre os quais são caracterizados ao longo da costa da ilha como os manguezais, a faixa de marisma, e pequenas porções voltadas ao canal constituído por costão rochoso, como a seguir (Figura 14).



Figura 14 – Vegetação da ilha.

Visto que no local da área de estudo o tipo de vegetação é de formação de pioneiras com influencia Fluvial sendo representado pelos brejos herbáceos situados nas depressões entre os cordões litorâneos onde predominam as espécies de ciperáceas e além da taboa (*Typha Domingensis*), espécie de ampla distribuição no Brasil, ocorrendo sempre em áreas brejosa. O lírio-do-Brejo (*Hedychium coronarium*), espécie originaria da África, ocorre com frequência nestas áreas, principalmente em áreas perturbadas, também estão representados brejos com vegetação arbórea, com indivíduos de até 10 metros de altura, onde *Rapanea intermédia* é a espécie dominante e os “caxetais” ambientes inundados com predomínio de caxeta (*Tabebuia Cassinoides*) (FIGUEIREDO, 1954) como mostra a (Figura 15).



Figura 15 – “Caxetais” Fundo do terreno da pousada.

3.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RAÍZES

A zona de raízes é composta por camadas filtrantes de brita # 02, brita # 03 e areia grossa. Além do material granulométrico filtrante, as plantas potencializam no sistema a etapa aeróbia de tratamento, aumentando a eficiência final do processo.

O sistema é apenas revestido por uma geomembrana de lona de PVC (800 micra) e sobre ela é disposto à malha inferior de tubulação que recebe o efluente tratado pelo sistema, as camadas de brita e areia, a malha superior de tubulação que distribui o efluente recebido do tanque séptico e, por fim, a camada vegetal.

Seguindo a formula desenvolvida pelo (ANDRADE, 2012) em sua pesquisa sendo

$$A_t = (TDH).(Q.Pop)/ 0,46 \text{ onde;}$$

$$A_t = \text{Área de Demanda (M}^2\text{)}$$

$$TDH = \text{Tempos de Detenção Hidráulica (dias)}$$

$$Q = \text{Vazão por usuário (m}^3\text{/dia)}$$

$$Pop = \text{Número de Usuários}$$

- *0,46 é o índice de espaços vazios para zonas de raízes com brita n° 2 e areia grossa.*

4 RESULTADOS DISCUSSÃO

O terreno da pousada mede 750 metros, sendo que de área construída possui 300 metros, não possui nenhum lençol freático próximo, apenas caxetais, onde tem um que passa pela frente e outro bem atrás da pousada.

Sendo que a maior frequência de ocupação da pousada é de novembro até começo de março, mantendo uma média diária de 15 pessoas.

Para demonstrar a possibilidade de implantação de projeto de tratamento de esgoto por zona de raízes foi desenvolvido um croqui de como está as instalações no terreno (Figura 16), no qual estão indicadas as estruturas principais como a localização da pousada no terreno, as fossas sépticas, e o poço morto.

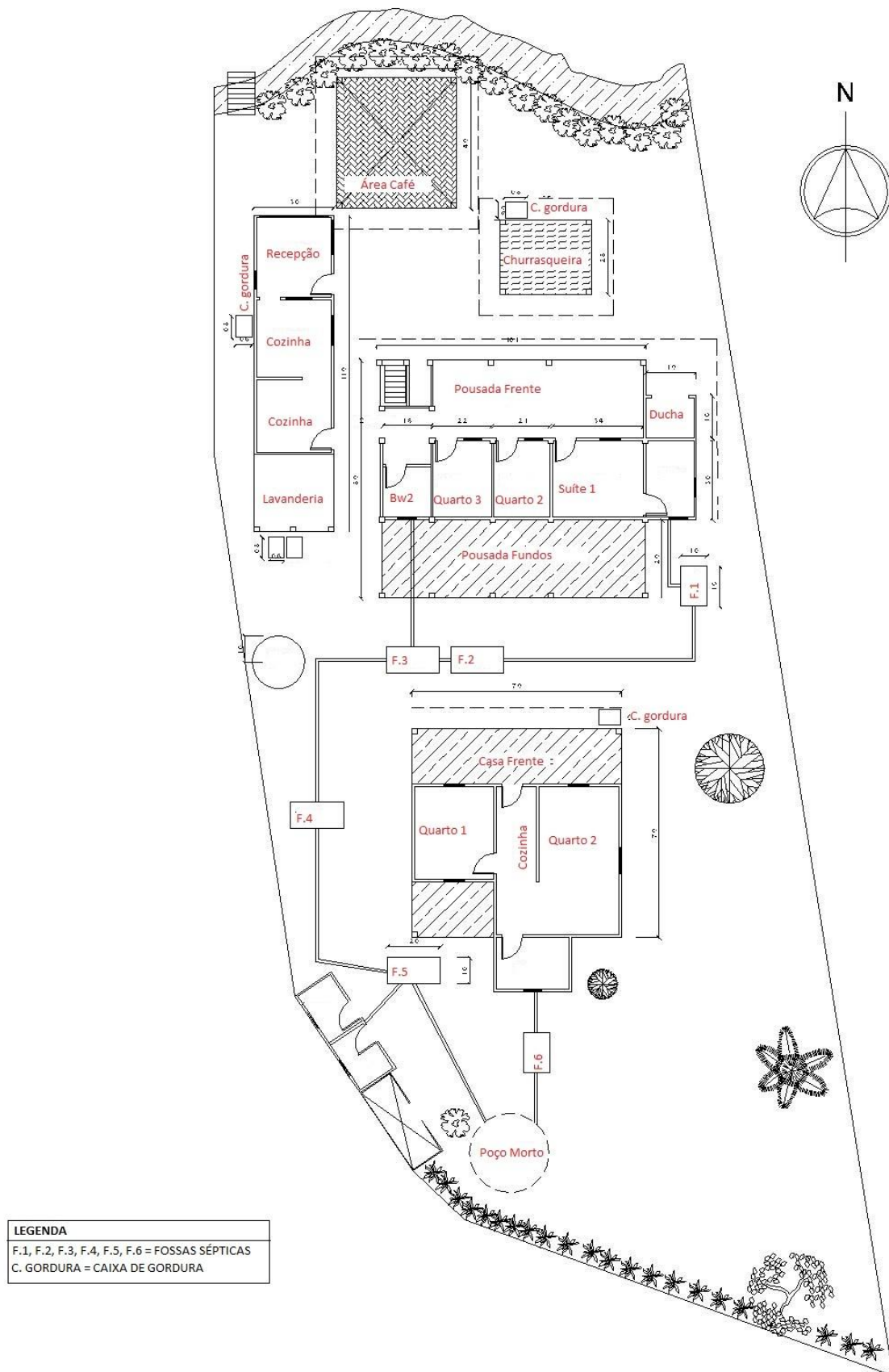


Figura 16 – Planta esquemática do terreno da pousada.

Tendo como base a equação $At = (TDH) \cdot (Q \cdot Pop) / 0,46$, foi possível estimar que a área superficial de tratamento de esgoto por zona de raízes para a Pousada na Ilha do Mel vai ser de 16 m^3 sendo utilizada por número de 30 usuários. As espessuras das camadas do material filtrante, bem como os diâmetros e a disposição da tubulação podem ser conferidos no projeto na íntegra abaixo pela (Figura 17).

Para que o tratamento seja eficiente, se faz necessário o pré-tratamento do efluente apenas dos banheiros pelas fossas sépticas existentes que são no total de seis fossas, onde os efluentes da cozinha precisam ser retidos nas caixas de gorduras com filtro de carvão e logo depois são jogadas as valas de infiltração, e os efluentes da lavanderia serão direcionados a um círculo de bananeiras.

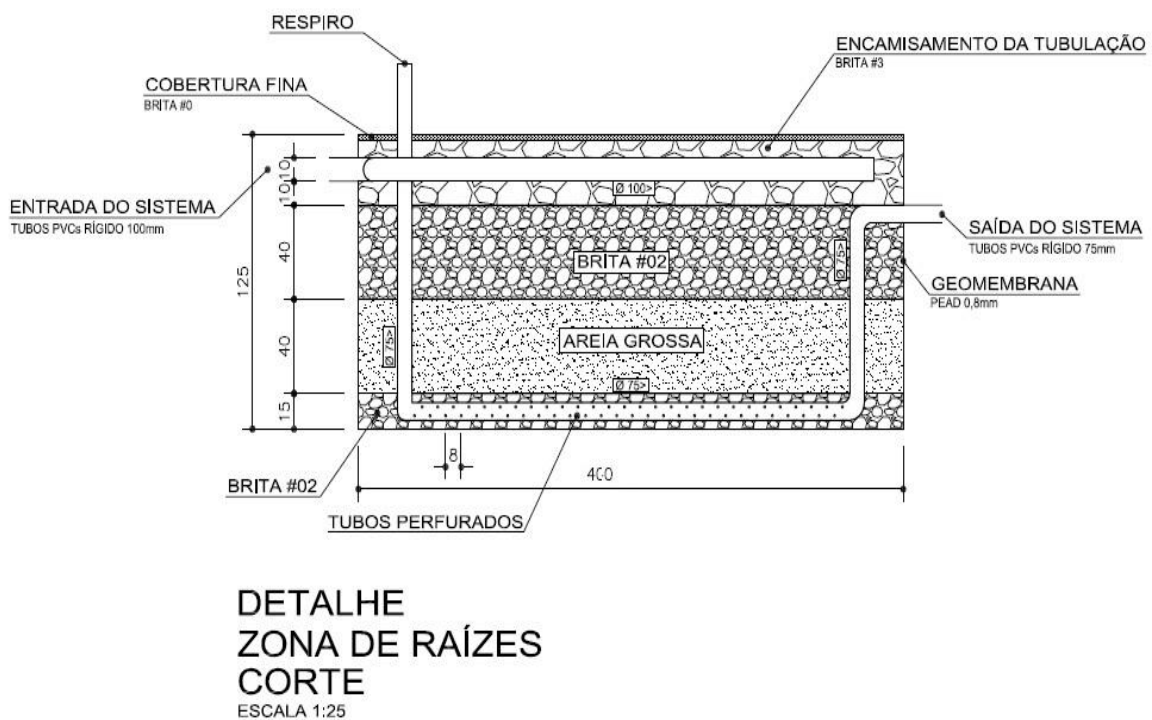


Figura 17 – Detalhe zona de raízes.

4.1 DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE GORDURA

gorduras, graxas e óleos contidos no esgoto seguindo a NBR 8160/1999 o cálculo do volume útil pela seguinte fórmula $V = 2 N + 20$, sendo (N = número de refeições servidas pela cozinha) de base retangular de acordo com o número de refeições sendo que a pousada

serve em média de 50 refeições por dia, sendo o volume total de 120 litros, sendo em sequência de três caixas separadoras para melhorar a eficiência.

4.2 ETAPAS CONSTRUTIVAS

4.2.1 ESCAVAÇÃO

A escavação e a compactação do solo deverão ser realizadas conforme definições de acordo com Engenheiro responsável.

4.2.2 IMPERMEABILIZAÇÃO

O material indicado para impermeabilização do tanque é a geomembrana de lona de PVC (800 micra) de espessura, igualmente disposta por toda a área interna do tanque. A manta deve ainda cobrir todo o perímetro externo superior do tanque, formando uma borda. Para fixar a borda e acomodar a manta, é sugerido um rebaixo, que pode ter outras duas utilidades: jardineira para folhagens pequenas de raízes não profundas, complementando o paisagismo, e dreno para águas pluviais, sendo esta última função de considerável importância, haja vista o clima da região. A impermeabilização do tanque é indispensável para que não ocorra contaminação do solo e do lençol freático.

4.2.3 MALHA DE TUBULAÇÃO RECEPTORA DO EFLUENTE TRATADO E CAMADA DE ACOMODAÇÃO EM BRITA # 02

A malha de tubulação que recebe o efluente tratado pela zona de raízes está acomodada e distribuída no fundo do tanque, disposta em quadros interligados com furos com brocas de 10 mm, usa-se cano de 75 mm com espaçamentos entre os furos de 10 cm. A malha de tubulação deverá ser toda coberta por brita # 02, assim como todo o fundo da estação deverá ser preenchido com o mesmo material (brita # 02), formando uma camada drenante contínua de aproximadamente 15 cm de espessura por toda a área inferior interna do tanque.

Recomenda-se dispor a tubulação de forma que os furos não estejam locados perpendicularmente, induzindo o efluente tratado a entrar pelas diagonais e não perpendicularmente; evitando a entrada direta de material de granulometria fina.

4.2.4 CAMADA DE AREIA GROSSA

A camada de areia grossa fica acima da camada de acomodação da tubulação receptora do efluente tratado pela zona de raízes (camada de brita # 02), sem a utilização de qualquer membrana para separar as camadas. Ressalta-se a utilização de areia grossa. A substituição da areia grossa por média ou fina, mesmo que mesclada com a grossa, pode gerar problemas de funcionamento (obstrução das tubulações) ao longo da utilização do sistema. Materiais de igual granulometria que contenham em sua composição materiais aglutinantes (oriundos de demolições, por exemplo) não devem ser adotados. A espessura da camada de areia grossa irá ser de 40 cm.

Na qual a principal função dessa camada de areia, é reter os coliformes fecais (termotolerantes) e totais, onde ocorre a retenção de ovos e cistos de verminose e também partículas maiores que eventualmente não foram degradadas.

4.2.5 CAMADA DE BRITA # 02

A camada de brita # 02 é acomodada acima da camada de areia grossa, também sem a utilização de qualquer membrana para separação entre as camadas de diferente granulometria. A espessura desta camada irá ser de 40 cm. A ETE por zona de raízes opera “inundada” até esta camada, que funciona como suporte para formação do biofilme, ou seja, para a aderência das bactérias, onde em determinadas áreas do filtro as bactérias podem atuar de forma anaeróbia e aeróbia.

4.2.6 DISTRIBUIÇÃO DO EFLUENTE PROCEDENTE DO TRATAMENTO PRELIMINAR (TANQUE SÉPTICO)

O sistema de zona de raízes recebe o efluente procedente do tratamento preliminar através de uma tubulação formando três ramificações de distribuição de diâmetro igual a 100 mm. Esta tubulação está acima da camada de brita # 02 e encamisada com brita # 03 de

acordo com o projeto, para não se usar canos de distribuição ao projeto evitando futuros entupimentos.

4.2.7 CAMADA DE BRITA # 0

A camada de brita # 0 tem a função apenas de evitar a postura de ovos de insetos, podendo ser fino, apenas como acabamento da parte superior visível da estação de tratamento de esgoto.

4.2.8 COBERTURA VEGETAL

As plantas adotadas devem, obrigatoriamente, ser macrófitas. As sugestões mencionadas são da região:

- a) *Hedychium coronarium* (lírio-do-Brejo)
- b) *Heliconia psittacorum* (Helicônia papagaio ou Caetezinho).
- c) *Typha Dominguensis* (taboa)

A escolha da espécie vegetal a ser adotada é a *Hedychium coronarium* (lírio-do-Brejo), como mostra a (Figura 18).



Figura 18 - *Hedychium coronarium* (lírio-do-Brejo).

4.2.9 TUBULAÇÃO DE SAÍDA, RESPIRO E ACESSO À INSPEÇÃO DO SISTEMA

O efluente tratado pela zona de raízes é recolhido pela malha inferior de tubulação e conduzida por uma ramificação perpendicular (vertical) para fora do tanque. A altura da saída dessa tubulação é igual à altura do nível d'água interno do tanque, 10 cm abaixo do nível de entrada do efluente. Utiliza-se nesta saída uma conexão tipo “T” com 75 mm, com joelhos de 90° para conduzir o efluente tratado à destinação final e para possibilitar o respiro e a inspeção do sistema, seguindo a verticalidade da tubulação que conduz à saída do efluente.

O respiro deve ser tampado para evitar a entrada de insetos e outros animais. “Por final as tampas 75 mm”, devem ser perfurada para evitar bolsões de ar internos na tubulação que impeçam o fluxo de saída normal do efluente.

A inspeção do sistema poderá ser realizada pelos respiros (avaliação do nível d'água no tanque e coleta de amostras para análise).

4.3 OBSERVAÇÕES FINAIS.

4.3.1 CAIXA DE GORDURA

A caixa de gordura é empregada a fim de reter, na sua parte superior, as gorduras, graxas e óleos contidos no esgoto conforme especificações da NBR 8160/1999 para efluentes oriundos de cozinha, que acabam formando camadas que dever ser removidas periodicamente evitando que estes componentes escoem livremente pela rede, obstruindo o sistema entre outros problemas nas tubulações, o entupimento do suporte sistema de circulo de bananeiras pela gordura acumulada não retida em etapas preliminares do tratamento.

4.3.2 CAIXAS DE INSPEÇÃO

É destinada a permitir inspeção, limpeza, desobstrução, junção de efluentes líquidos, mudança de declividade ou direção das tubulações, as caixas de inspeção a uma distância máxima de 25,0 m, umas das outras em situação com tubulações que excedam tal comprimento e com 1 m de profundidade.

Justifica-se, por tal indicação da norma ABNT-NBR 8160/1999 as caixas de inspeção distribuídas no presente projeto.

4.3.3 FILTRO DE CARVÃO

Deve-se adotar um filtro de carvão locado dentro do filtro revestida por um saco de ráfia em uma estrutura impermeabilizada por bombonas com dimensões de 0,80 m x 0,80 m x 1,0 m, caso haja uso de sabão em pó, antes de ocorrer à mistura com os demais efluentes, para reter componentes do sabão em pó (adsorção de fosfatos) o excesso de fósforo são prejudiciais às plantas do círculo de bananeiras.

4.3.4 CÍRCULO DE BANANEIRAS

O sistema de circulo de bananeiras é uma proposta que tem como finalidade reaproveitar uma piscina desativada nas dimensões que irá filtrar as águas cinza da casa, ou seja, da lavanderia , no qual as plantas indicadas para fazer a filtração são as bananeiras de

acordo com estudos já realizados. No caso das bananeiras percebeu-se que elas, como outras plantas de folhas largas como o mamoeiro, evaporavam grandes quantidades de água. A evapotranspiração é realizada pelas plantas, principalmente as de folhas largas como as bananeiras, mamoeiros, caetés, taioba, etc. que, além disso, consomem os nutrientes em seu processo de crescimento, permitindo que a bacia nunca encha.

Se o solo for muito arenoso deve-se adicionar uma camada de argila para retardar a infiltração e possibilitar que a microvida faça seu trabalho de quebrar as moléculas dos nutrientes e outros compostos que vem com a água.

4.3.5 TRATAMENTO PRELIMINAR

O tratamento preliminar tem como objetivo a remoção de sólidos grosseiros, para esta estação de tratamento de esgoto por zona de raízes para efluentes de característica essencialmente doméstica, será substituídas as fossas existentes por fossas sépticas de PVC, seguindo as recomendações da ABNT- NBR 7229/1993, o que seria mais adequado já que as fossas construídas ou de concreto são permeáveis.

Memorial do calculo:

$$V = 1000 + N (C.T + K.Lf). (1)$$

Onde:

V = Volume útil (L);

N = Número de pessoas a serem atendidas (hab);

C = Contribuição diária de esgoto por ocupante (L/hab.dia);

T = Período de detenção (dias);

K = Taxa de acumulação de lodo digerido (dias);

Lf = Contribuição de lodo fresco (L/hab.dia)

$$V = 1000 + 30 (80 \times 0,92 + 57 \times 1)$$

$$V = 13.451,8 \text{ litros}$$

$$V = 13,4 \text{ m}^3$$

4.3.6 TRATAMENTO SECUNDÁRIO

No tratamento secundário, predominam os mecanismos biológicos, sendo o objetivo principal a remoção da matéria orgânica.

Para demonstrar a possibilidade de implantação de projeto de tratamento de esgoto por zona de raízes foi desenvolvido um croqui de como ficaria as instalações no terreno, no qual estão indicadas as estruturas principais como a localização da pousada no terreno, realizada pelo filtro com zona de raízes e o círculo de bananeiras junto com as fossas sépticas de PVC, caixa de inspeção e filtro de carvão para melhorar sua eficiência, proposto no projeto como mostra (Figura 19).

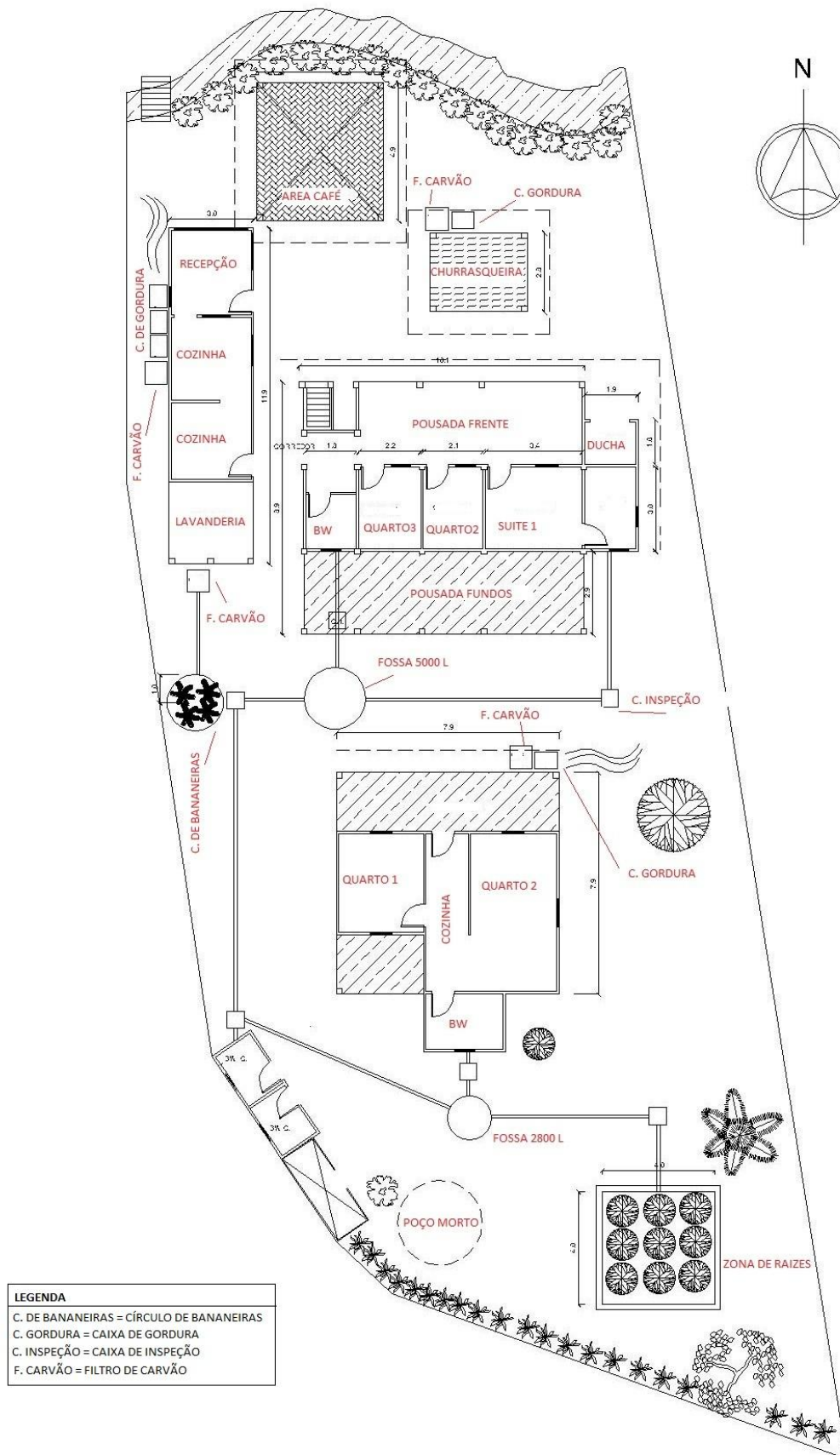


Figura 19 – Planta esquemática do sistema de esgoto.

5 ORÇAMENTO

A tabela abaixo se refere à lista dos materiais utilizados para fazer a construção do sistema de tratamento de esgoto por zona e raízes com mão de obra local e transporte até a pousada.

Materiais	Quantidade	Valor
Areia Grossa	7 m ³	R\$ 490,00
Brita n 2	9 m ³	R\$ 490,00
Brita n 3	1 m ³	R\$ 80,00
Brita n 0	0.5 m ³	R\$ 40,00
Tubulação 75 mm	18 metros	R\$ 124,80
Tubulação 100 mm	30 metros	R\$ 232,80
Joelho de 90 ° 75 mm	1	R\$ 3,75
Tampa 75 mm	1	R\$ 3,65
Lona PVC 800 Micra	16 metros	R\$ 90,00
Caixa de inspeção “tigre”	6	R\$ 809,40
Caixa de gordura “tigre”	2	R\$ 319,80
Fossa séptica 5000 L	1	R\$3.600,00
Fossa séptica 2800 L	1	R\$1.800,00
Barca até Trapiche	A cada 8 mil kg 300 reais.	R\$ 600,00
Trapiche até a pousada	-----	R\$ 1500,00
Mão de obra	-----	R\$ 1000,00
Valor Total		R\$ 11,184.20

Tabela 1 – Orçamento

*Fossa séptica 5000 L – Capacidade até para 19 pessoas (Acqualimp)

*Fossa séptica 2800 L – Capacidade até para 12 pessoas (Acqualimp)

5.1 CUSTOS BENEFÍCIO

A relação custo X benefício, para este caso vai ser a longo do prazo. Atualmente a proprietária da pousada precisa pagar para realizar a limpeza anual, com a retirada do lodo das fossas sépticas. Esta limpeza não garante que o material retirado está sendo destinado de forma adequada, já que a Ilha do Mel não possui local para despejo e tratamento de lodo de fossa séptica. Estima-se, que com a construção da ETEZR passa ocorrer uma redução da manutenção no sentido de reduzir a necessidade da retirada do lodo das fossas séptica, caso este que ainda não pode ser confirmado, pois não existe pesquisa neste sentido.

Uma vez que os outros sistemas exigem manutenção periódica, a diferença do sistema de zona de raízes é que se estima a necessidade de manutenção do filtro apenas com a troca das plantas quando estas apresentarem sinais de pouco desenvolvimento, ou manutenção dos canos que distribuem o esgoto sobre o leito da ETEZR. Estas duas questões ainda são apenas hipótese, pois não existe nenhuma comparação real entre o custo X benefício do sistema convencional e da ETEZR pesquisado, ainda mais para a localidade da Ilha do Mel. Portanto, se faz necessário ainda implantar um sistema e acompanhar a evolução do mesmo observando as questões técnicas, sociais e ambientais envolvidas.

Levando-se em conta que a alta temporada é de novembro até começo de março com uma média de 15 pessoas diárias, sendo que a diária por pessoa é R\$ 60,00. O total para cobrir o custo do projeto vai ser quatro meses sobre os custos das diárias, já que o período de baixa temporada a ilha fica vazia sem turistas que é do período de Maio até o feriado de sete de setembro.

Sob o ponto de vista ambiental, é a conservação da sua propriedade, evitando a contaminação do solo e da água. Além da conservação vale citar a satisfação do cliente em mostrar aos hóspedes e as demais pousadas da ilha o jardim ornamental que na verdade trata o esgoto da pousada atraindo mais visitantes interessados no assunto fomentando o turismo sustentável.

6 CONCLUSOES

O presente estudo procurou desenvolver projeto de forma sucinta para a implantação do sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes em uma pousada na Ilha do Mel, já que nesta comunidade o principal problema é o saneamento básico, pois a localidade não possui rede coletora de esgoto.

Atualmente a maior parte da comunidade consome água de poço sendo que a maior quantidade do esgoto é lançada ao ar livre trazendo impactos ambientais. Com a instalação do sistema por Zona de Raízes a comunidade e os turistas terão mais qualidade de vida na ilha, sendo este um sistema ecologicamente correto, sustentável, econômico e que não altera a paisagem da ilha.

As estações de Zona de Raízes constituem-se em um leito cultivado, no qual as águas residuárias entram em contato com as raízes de plantas que promovem a liberação de oxigênio e favorecem o desenvolvimento de bactérias que fixam nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) para a síntese vegetal, proporcionando redução da carga orgânica dos efluentes. Assim, este sistema de tratamento de esgoto doméstico, pode evitar a poluição das águas superficiais e subterrâneas, e. Além disso, os leitos cultivados construídos são unidades de tratamento que tentam reproduzir sistemas biológicos naturais, dispensam o consumo de energia elétrica, reagentes químicos e equipamentos mecânicos, além de não gerarem odores desagradáveis.

Pode-se dizer que o sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes, atinge as três vertentes do conceito de sustentabilidade: econômico, pois é um sistema de baixo custo de implantação e manutenção; social, considerando que é relacionado a saúde pública e a qualidade de vida; e ambiental já que trata o esgoto com eficiência e contribui para a preservação da biodiversidade.

7 REFERENCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1997). **Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. NBR 7229**. Rio de Janeiro: ABNT, 15p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1999). **Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. NBR 8160**. Rio de Janeiro: ABNT, 74 p.

ANDRADE, Helisson Henrique Borsato. **Avaliação do desempenho de sistemas de zona de raízes (wetlands construídas) em escala piloto aplicados ao tratamento de efluente sintético**. 2012. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

ALMEIDA, R. de A.; OLIVEIRA, L. F. C. de; KLIEMANN, H. J. **Eficiência de espécies vegetais na purificação de esgoto sanitário**. Pesquisa Agropecuária Tropical, n .37, p. 1-9, mar. 2007. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/1839/1751>>. Acesso em: 09/05/2012

ANJOS, J. A. S. A. **Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados: O caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA**. 2003. 328 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.

BIRD, S. (2004). **“Constructed wetlands: a watershed assessment. A viable alternative for the treatment of urban and agricultural wastewater”**. ENSC 202 – Literature

BRITEZ, R.M., e M.C.M. MARQUES. 2005. Caracterização geral. In **História natural e conservação da Ilha do Mel**, orgs. M.C. Marques e R.M. Britez, pp. 13-17. Editora da UFPR, Curitiba.

BRIX, H. **Wastewater treatment in constructed wetlands system design, removal processes and treatment performance**. In: MOSHIRI, G.A. (Ed.). **Constructed wetlands for water quality improvement**. Boca Raton: CRC Press, 1993

DIAS, S. (2000). **As Vantagens das Plantas, Água Hoje**, 19,7, pp.26-28.

DINARDI, A.L., FORMAGI, V.M., CONEGLIAN, C.M.R. **FITORREMEDIAÇÃO**. Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental. São Paulo, 2003

FBDS. 2006. **Controle de qualidade de água através de sistemas de wetlands construídos**. Rio de Janeiro, Brasil : FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2006.

FIGUEIREDO, J. C. 1954. **Contribuição à geografia da Ilha do Mel (Litoral do Paraná)**. Tese de Doutorado (Geografia). UFPR.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3ª ed. revista . Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

FREITAS, Waldomiro Ferreira. **História de Paranaguá: das Origens à atualidade.** Paranaguá: IHGP, 1999.

HEINSS, U.; KOOTTATEP, T. **Use of reed beds for faecal sludge dewatering. A synopsis of reviewed literature.** Bangkok, Thailand: EAWAG – Swiss Federal Institute for Environmental Science & Technology. SANDEC – Department for Water and Sanitation in Developing Countries, 1998.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Busca. Ilha do Mel. A Ilha do Mel.** Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/> acesso dia 27/07/2012

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Licenciamentos de serviços – áreas úmidas** <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=280>> acesso dia 23/07/2012

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoadevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf > Acesso dia 09/05/2012

IMHOFF, K.R. & K.R. IMHOFF. 2002. **Manual de tratamento de águas residuárias.** Edgard Blucher, São Paulo. 301 p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná.** Londrina, 1978. 41 p.

IRGANG, B., GASTAL, C. **Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do RS.** CPG-Botânica/UFRGS, Porto Alegre, 1996.

KADLEC, R. H.; KNIGHT, R. L. **Treatment wetlands.** Boca Raton: Lewis Publishers, 1996

KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. **Treatment Wetlands.** 2nd ed. Florida: CRC Press, 2008.

KAICK, T.S.V.; MACEDO, C.X de. **Projeto Saúde Comunitária, educação e conservação para a região de Guaraqueçaba - Paraná, Brasil.** REVISTA DO III CONGRESSO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2002.

KAICK, T. S. MACEDO, C. X. PRESZNHUK, R. A. **Jardim Ecológico – Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes: Análise e Comparação da Eficiência de uma Tecnologia de Saneamento Adequada e Sustentável** In: Anais VI Semana de Estudo em Engenharia Ambiental. UNICENTRO. 2008.

KAICK, T.S.V.; SIPINSKI, M.A. **Estação de tratamento de Esgoto (ETE) piloto na reserva Morro da Mina/SPVS, Antonina-Paraná.** Cadernos do Litoral 3, Curitiba, v. 3, p. 20-22, 2000.

KOOTTATEP, T. et al. **Constructed wetlands for septage treatment – towards effective faecal sludge management.** In: CONFERENCE ON WETLANDS SYSTEMS FOR WATER POLLUTION CONTROL, 8, Arusha, Tanzania, 2002.

KURITA Soluções em Engenharia de Tratamento de Água.
<http://www.kurita.com.br/> acesso dia 12/06/2012

LEI FEDERAL. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.**
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm > Acesso em: 09/05/2012

MANSOR, M. T. C. **Uso de leitos de macrofitas no tratamento de águas residuárias.** Dissertação (Mestrado), FEAGRI – Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, Campinas-SP, 1998.

MASI, F. (2004). **“Constructed wetland for wastewater treatment** Disponível em: <http://www.igidra.eu/it/publicazioni-it.html> . Acesso em: 09/07/2012

MENEZES-SILVA, S. 1998. **As formações vegetais da planície litorânea da Ilha do Mel, Paraná, Brasil: composição florística e principais características estruturais.** Tese de Doutorado em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MARQUES, M. C. M. & BRITZ, R. M. 2005. **História Natural e Conservação da Ilha do Mel.** Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 266p. EMATER-PR Escritório Regional de Paranaguá - Diagnostico Comunitário da Comunidade Ilha do Teixeira. 2006

NAIME, R.; GARCIA, A. C. **Utilização de enraizadas no tratamento de efluentes agroindustriais.** Estudos tecnológicos, vol. 1, n. 2, p. 9-20, jul/dez 2005. Disponível em: < <http://www.estudostecnologicos.unisinos.br/pdfs/42.pdf>>. Acesso em: 17/07/2012.

NIELSEN, S.; WILLOUGHBY, N. Sludge treatment and drying reed bed systems in Denmark. *Water and Environmental Journal*. v. 19, n. 4, p. 296-305, 2005.

OMS - Organização Mundial de Saúde, 2008.

PARKINSON, J.N.; SIQUEIRA, E.Q.; CAMPOS, L.C. Tratamento de esgotos domésticos de pequenas comunidades

PAROLIN, M. CRISPIM, J. Q. SANTOS, M. S. **Avaliação das Estações de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes Instaladas em Pequenas Propriedades Rurais.** In: Anais do V EPCT- Encontro de Produção Científica e Tecnológica. Fecilcam. 2010.

PHILIPPI, L. S. **Saneamento descentralizado como instrumento para o desenvolvimento sustentável, 84 p.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997

PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H. **Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas.** Florianópolis: Editora do autor, 2004.

SALATTI, Eneida. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas.** *Biológico*, São Paulo, v. 65, n. 1/2, p. 113-116, jan./dez. 2003. Disponível em www.biologico.sp.gov.br/docs/bio/v65_1_2/salatti.pdf Acesso em 06/07/2012

SEMA/IAP 1996, Plano de Manejo da Estação Ecológica da Ilha do Mel – Pr, Curitiba. Secretaria de Estado do Meio Ambiente/ Instituto Ambiental do Paraná. 207

SILVA, A.E. **Tecnologia de Tratamento, Polimento e Reciclagem de Água por Zona de Raízes**". Portal Tratamento de Água, 2008. Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/R10/Biblioteca_Detalhe.aspx?codigo=361>. Acesso em: 18/07/2012

SILVA, Selma C. **Wetlands construídos de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos**. 2007. 205p. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SILVA, S.M., BRITZ, R.M., SOUZA, W.S. & JOLY, C.A. 1994. **Fitossociologia do componente arbóreo da floresta de restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR**. In Anais do 3º Simpósio sobre ecossistemas da costa brasileira. (S. Watanabe, coord.). Publicação ACIESP n° 87, v.3 p.47-56.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Carlos: Rima, 2003. 248p.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM –Integrated Watershed Management - **Ecohydrology & Phytotechnology. 2004 - Manual**. Disponível em: <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/freshwater/watershed_manual/>. Acesso em: 12/06/2012.

UGGETTI, E. et al. **Sludge dewatering and mineralization in two full-scale drying reed beds in Catalonia, Spain**. Bioresource Technology, 2009

VAN KAICK, T. S. **Estação de tratamento de Esgoto por Meio de Zona de Raízes: Uma Proposta de Tecnologia Adequada para Saneamento Básico no Litoral do Paraná**. Curitiba, 2002. 128f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Veloso, H.P., Rangel Filho, A. L. R., Lima, J. C. A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro.