

# ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E DOS CUSTOS ENVOLVIDOS TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS EM SISTEMAS DE ZONA DE RAÍZES PARA O REÚSO DE ÁGUA. ESTUDO DE CASO DO CENTRO DE PRÁTICA SUSTENTÁVEIS. .

## RESUMO

SILVA, Frederico Rosalino: Análise da viabilidade técnica e análise dos custos envolvidos no tratamento de esgotos domésticos em sistemas de zona de raízes para o reuso de água. Estudo de caso do sistema implantado no Centro de Prática Sustentáveis 2014.

Este estudo buscou avaliar a viabilidade técnica e econômica do tratamento de esgotos domésticos em sistemas de zona de raízes com escoamento subsuperficial com a reutilização do efluente tratado em irrigação, tendo como estudo principal e que norteia o presente trabalho, o sistema implantado no complexo de práticas sustentáveis do Bairro Jardins Mangueiral, chamado de Centro de Prática Sustentáveis. .

A proposta de utilização de sistemas de tratamento de efluentes com plantas que reproduzem ambientes naturais, cuja implantação e manutenção apresentam menor custo comparado a outros sistemas, com a possibilidade do reaproveitamento do efluente tratado, se enquadra na tendência mundial da conservação dos recursos hídricos, a manutenção de espaços verdes a descentralização do tratamento de esgotos e a universalização do saneamento.

Palavra chave: tratamento de esgotos domésticos, zona de raízes, wetlands



## 1 INTRODUÇÃO

Sistemas descentralizados de tratamento de esgotos industriais ou domésticos com foco no reuso do efluente tratado, tem sido uma prática quase que imprescindível principalmente em empreendimentos que dependem de um grande volume de água para a manutenção de seus processos, seja em processos industriais, na irrigação de jardins, lavagem de pisos, ou simplesmente no uso em descargas de vasos sanitários e mictórios.

O reuso de águas servidas pós-tratadas em usos menos nobres em edificações, vem se firmando como uma iniciativa de grande importância para a economia de água e conseqüentemente para o atendimento a pré-requisitos de processos de certificação de construção sustentável. Em consonância, o sistema de tratamento de esgotos domésticos por zona de raízes se apresenta como uma alternativa viável técnica e economicamente para muitos dos casos, tendo como vantagens principais o baixo custo de implantação, de operação e manutenção, vida útil prolongada, aparência diferenciada e a possibilidade do tratamento do efluente em nível terciário.

A reutilização de água após tratamento significa economia para o proprietário e os usuários do empreendimento, durante a sua vida útil, reduzindo os custos com água, na operação e manutenção do empreendimento. Outro fator relevante, são a redução da necessidade de grandes estações de tratamento, construções de rede coletoras e conseqüentemente a poluição dos corpos hídricos.

Contudo, há alguns fatores limitantes que devem ser avaliados para que seja implantado sistemas de tratamento de esgotos por zona de raízes, tais como a necessidade de área para a implantação do sistema, o custo de projeto e implantação das obras, em comparação à interligação direta à rede coletora existente.

A partir do projeto que visa o tratamento do esgoto doméstico gerado no Centro de Prática Sustentáveis, em sistemas de Zona de Raízes com escoamento subsuperficial, conhecidos como “wetlands” para o reuso na irrigação de jardins e lavagem de pisos, serão analisados parâmetros de viabilidade técnica e econômica dos elementos envolvidos no sistema, com objetivo de subsidiar projetistas na adoção de sistemas de tratamento de esgotos descentralizados, incorporadas ao

paisagismo, com menor custo na implantação e manutenção e alta eficiência, atendendo os parâmetros exigidos pelas normas Brasileiras.

Utilizar sistemas de zona de raízes para o tratamento de esgotos domésticos com fins de reuso de água apresenta benefícios econômicos para o empreendedor principalmente na fase de operação do empreendimento, reduzindo ainda, a necessidade da construção de redes coletoras e grandes estações de tratamento de esgotos, e conseqüentemente, a poluição dos corpos hídricos. Contudo, há alguns fatores limitantes que devem ser avaliados, como a necessidade de área para a implantação do sistema e o custo de projeto e implantação das obras, em comparação à interligação direta à rede coletora existente.

## 2 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

O tratamento de esgotos domésticos em sistemas do tipo “wetland” tem sido amplamente utilizado em diversos países no mundo, França, Israel, Austrália, Estados Unidos, entre outros, com resultados bastante positivos. No Brasil, este tipo de sistema, embora desperte o interesse pelos seus diversos benefícios, são poucas as unidades em grande escala instaladas.

Os principais benefícios considerando o reaproveitamento da água tratada podem ser resumidos em:

- Reaproveitamento do efluente tratado nas áreas verdes e no viveiro de planta;
- Redução no consumo de água potável;
- Menor volume de lançamento de efluente para ser tratado no sistema convencional;
- Baixo custo de implantação;
- Agradável visualmente e facilmente aceito;
- Benefícios ecológicos e performance satisfatória na remoção de nutrientes.
- Economia em manutenção de rede para a concessionária, já que sua operação é simplificada;

Alguns desafios ainda devem ser superados para que a tecnologia possa ser amplamente difundida e utilizada, dentre eles podemos citar:

- Necessidade de grandes áreas;
- Possibilidade de colmatação do sistema;
- Necessidade de pré tratamento na maioria dos casos;
- Desconhecimento na prática;
- Desinteresse por parte dos gestores

O sistema de tratamento de esgotos por “wetlands construídos” pode ser chamado de diversas maneiras, tais como Zona de Raízes, Alagados Construídos, Jardins Filtrantes, Leitos Cultivados, entre outros, contudo, referem-se ao tratamento no qual utiliza plantas como principal elemento.

Na natureza existem vários ecossistemas que ficam parcial ou totalmente inundados durante o ano. Tais ecossistemas podem ser facilmente encontrados, como por exemplo, nos brejos da região dos cerrados. Nesses ecossistemas pode-se observar que as águas ao passarem pelo solo sofrem um processo de

purificação. As unidades de tratamento do tipo Zona de Raízes nada mais são do que brejos construídos artificialmente e dimensionados em função das características do efluente que se deseja purificar.

Os tratamentos de esgoto com plantas representam uma tecnologia eficiente e de baixo custo, comparado aos sistemas convencionais. Esses sistemas podem ser implementados no mesmo local onde o esgoto é produzido, com o condicionante da necessidade de espaço para sua implantação, podem ser operados por pessoas de baixa escolaridade, demandam baixo consumo de energia e permitem maiores variações nas taxas de aplicação de esgoto (BRIX, 1993; SOLANO et al., 2004).

O reuso de efluentes tratados em wetlands construídos foi indicado para aplicações em irrigação de culturas vegetais, de pastos, de bosques, de campos de golfe, de parques e restauração de wetlands naturais (Greenway & Simpson, 1996; Merz, 2000).

Considerando tanto aspectos ambientais apresenta grandaes vantagens (Campos et al., 2002; USEPA, 2004):

- Baixo custo de implantação, operação e manutenção, principalmente por consumir pouca energia elétrica e não utilizar produtos químicos;
- Simplicidade nas fazes de instalação e operação;
- Possibilidade de tratar diferentes níveis e tipos de poluição através de suas várias formas operacionais (espécies de macrófitas, tipos de substratos utilizados no leito filtrante, fluxo, dimensão e número de etapas depurativas sequenciais);
- Criação de um ambiente mais harmonioso, de aspecto natural;
- Baixa produção de lodo; e
- A possibilidade de utilizar a biomassa (podas) como como ração animal, na geração de energia e como biofertilizantes.

O tema tem sido estudado nas universidades brasileiras, com alguns trabalhos acadêmicos sendo desenvolvidos com o objetivo de adequar às nossas

condições, de clima, solo e vegetação, com base nas diversas experiências pelo mundo.

Os principais tipos de Alagados Construídos com a finalidade de tratamento de efluentes são basicamente três tipos os quais são classificados pelo tipo de fluxo (KADLECK E WALLACE, 2008):

Fluxo horizontal subsuperficial – neste sistema o efluente é lançado na porção inferior da wetland e o fluxo do efluente ocorre de forma horizontal se mantendo abaixo da superfície até a descarga final (figura 2.1).

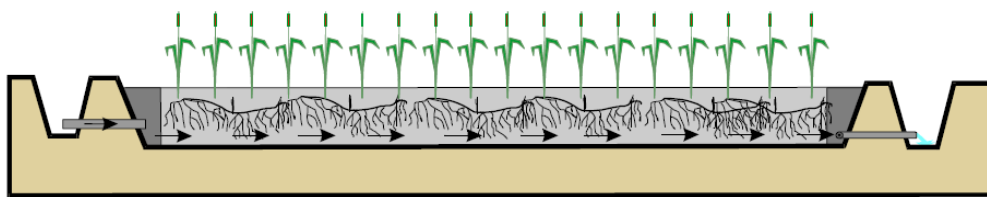


Figura 2.1 Esquema geral de um sistema com macrófitas emergentes com fluxo subsuperficial horizontal.

Fonte: (Instituto Terramax/ FBDS 2009).

Fluxo vertical – Quando o fluxo do efluente se dá verticalmente, podendo ser de fluxo descendente (figura 2.2) ou ascendente, subsuperficial, saturado ou não.

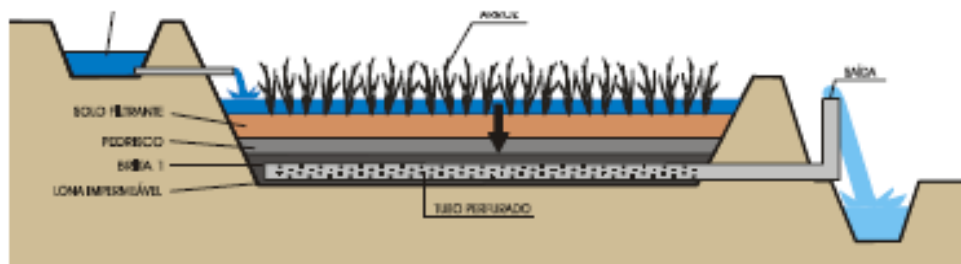


Figura 2.2 Esquema geral de sistema feito com solo filtrante com fluxo descendente.

Fonte (Instituto Terramax/ FBDS 2009).

Fluxo superficial – neste tipo, o sistema fica constantemente alagado com a lâmina d'água exposta, assemelhando-se aos alagados naturais, também muito eficiente, com a desvantagem de não ser possível o trânsito de pessoas sobre a Wetland (figura 2.3).

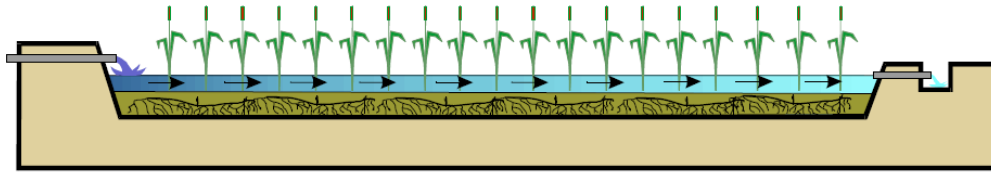
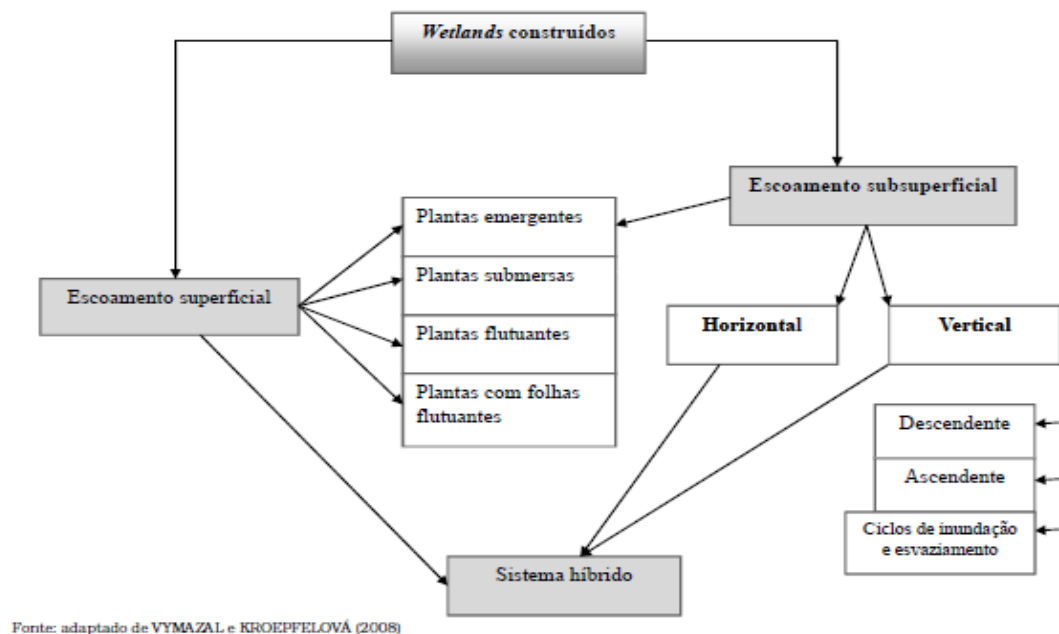


Figura 2.3 Esquema geral de um sistema com macrófitas emergentes com fluxo superficial Fonte: (Instituto Terramax/ FBDS 2009).

Em geral, os Wetlands Construídos são classificados de acordo com o regime de fluxo do efluente, fluxo de superfície livre da água, fluxo de sub superfície e de acordo com o tipo de plantas macrófitas, bem como direção do fluxo (figura 2.4).



Fonte: adaptado de VYMAZAL e KROEPPELOVÁ (2008)

Figura 2.4 - Classificação das *Wetlands* Construído

Fonte: (adaptado de VYMAZAL e KROEPPELOVÁ-2008)

No caso do Centro de Prática Sustentáveis. o sistema utilizado foi o de fluxo vertical subsuperficial ascendente, onde o efluente é lançado na porção inferior do leito, e a tubulação que drena o efluente tratado encontra-se um pouco abaixo da superfície. A grande vantagem deste sistema é que além de possuir satisfatória eficiência na remoção de poluentes (tabela 2.5), a lâmina d'água não fica aparente,



permitindo o contato humano com o sistema deste modo, pode ser incorporado ao paisagismo local.

Característica	Sistemas sub-superficiais		
	Fluxo Horizontal (FH)	Fluxo Vertical (FV)	Híbridos ou mistos (FH +FV)
Remoção de DBO.	Satisfatório até uma determinada capacidade de transferência de O <sub>2</sub> .	Satisfatório.	Satisfatório.
Remoção de SST.	Satisfatório.	Pouco satisfatório.	Satisfatório.
Remoção de bactérias.	Satisfatório.	Pode remover bactérias.	Satisfatório.
Remoção de nutrientes.	30% a 50% (ou 60%)	-	-
Capacidade de transferência de O <sub>2</sub> .	Baixa	Elevada.	Satisfatória.
Nitrificação no Tratamento secundário	Pobre	Satisfatório.	Completa
Desnitrificação.	Satisfatório	Parcial.	Parcial
Requerimento de área para o Tratamento secundário.	5-10m <sup>2</sup> /hab.	1-2m <sup>2</sup> /hab.	-

Obs: - Não há informação.

Tabela 2.1 - Características dos sistemas subsuperficiais

Fonte: (Cooper, 1999 e Cooper et al, 1999).

Embora este tipo de sistema tenha as plantas como principal componente, tanto no processo de tratamento do efluente como no aspecto visual das wetlands, o que traz uma aparência de ambiente natural, os substratos que compõe os leitos filtrantes, geralmente areias, pedras, seixos, escória de alto forno, são componentes fundamentais para o funcionamento do processo de purificação do efluente.

Jocilene Ferreira da Costa estudou o comportamento de um Sistema de Alagados Construídos de escoamento horizontal subsuperficial, para o tratamento de efluente pós tratado em reator UASB, compreendendo duas unidades em paralelo, uma unidade foi plantada com *Typha latifolia* e a outra apenas com o leito filtrante. Os resultados apontaram níveis de eficiência bastante próximos em termos da remoção dos poluentes estudados.

Helisson Henrique Borsato de Andrade avaliou a utilização de pequenos sistemas de tratamento de esgotos domésticos por zona de raízes como alternativa tecnológica em comunidades rurais, obtendo resultados importantes. Andrade propôs uma metodologia para dimensionamento que considera o volume mínimo necessário para manutenção do TDH (Tempo de Detenção Hidráulica) adotado, em virtude da vazão e porosidade do meio filtrante.

A eficiência de diversos sistemas de zona de raízes com fluxo subsuperficial vertical, sistema utilizado para o Centro de Prática Sustentáveis, foi avaliada por Sheila Cristhina da Rocha Ferreira, encontrando uma média entre 77% a 99% de eficiência para a remoção de DBO no esgoto doméstico. Para o Nitrogênio, o qual é necessário tratamento terciários para sua remoção de esgoto domésticos convencionais, obteve-se remoção máxima de 89% de Nitrogênio amoniacal e até 93,3% de Nitrogênio total nos sistemas Wetlands estudados, já o Fósforo total, um dos experimentos apresentou remoção de 99,6%, o que demonstrou a eficiência deste tipo de sistema com a utilização de plantas do tipo *Typha sp.*, *Eleocharis sp.*, *Canna indica*, *Cyperus papyrus*, *Zantedeschia aethiopica*, *Cladium mariscus*, *Typha domigensis*, *Crinum salsum* e *Oryza sativa L.*

Entre 1999 e 2011, 100 trabalhos publicados no Brasil foram compilados pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, e aplicados em um gráfico comparativo onde se avaliou os níveis de remoção de basicamente dois tipos de sistemas de wetlands construídos, de fluxo horizontal e fluxo vertical. Os resultados são apresentados nas figuras 2.6 a 2.11.

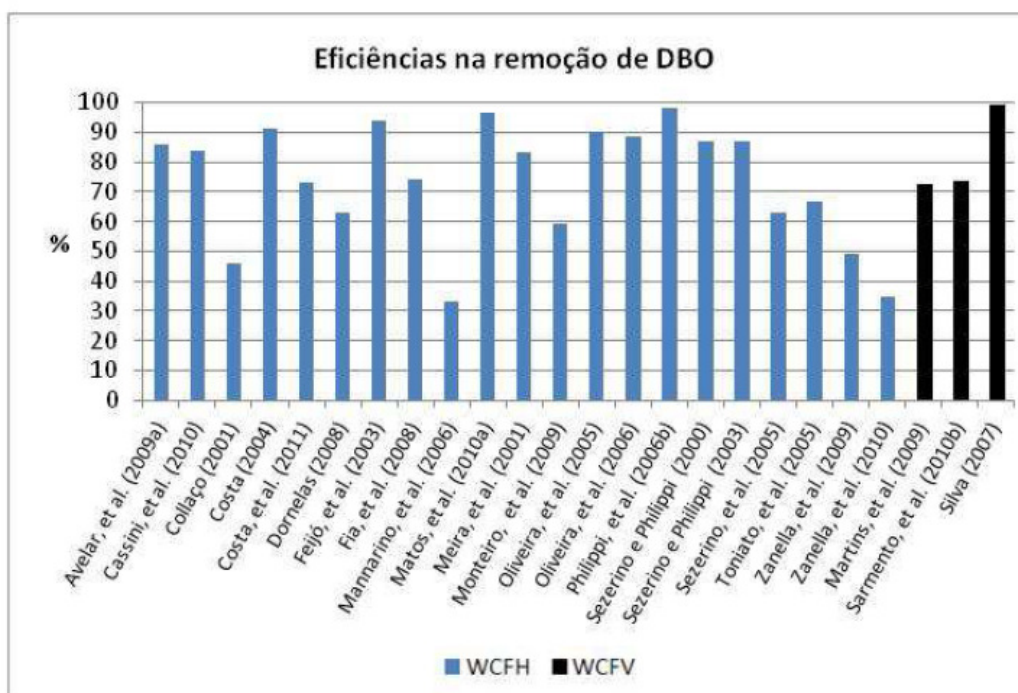


Figura 2.6: Eficiência na remoção de DBO

Fonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina

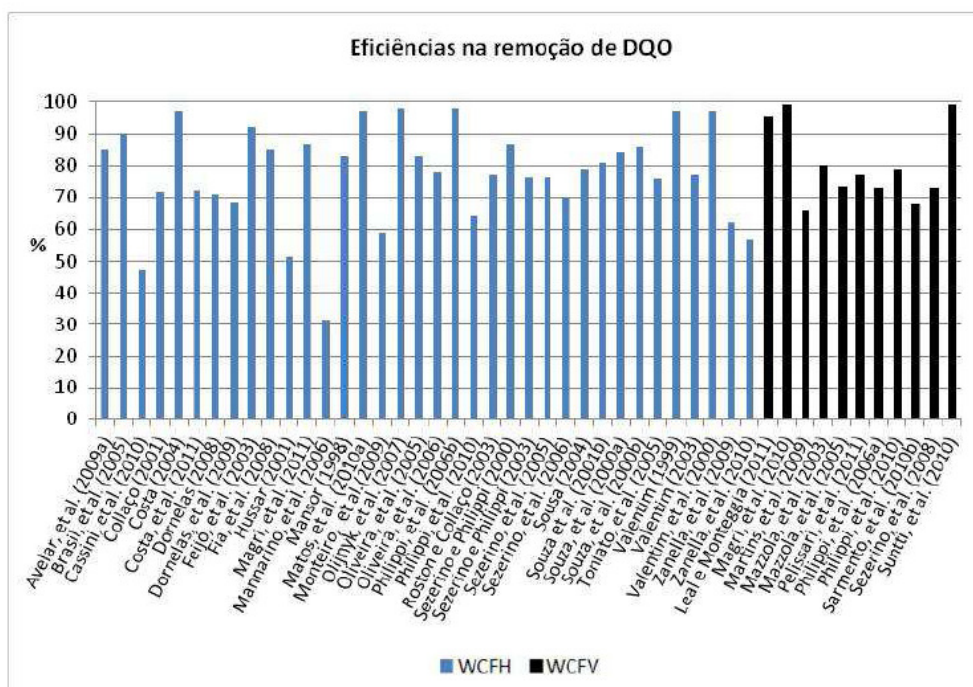


Figura 2.7: Eficiência na remoção de DQO

Fonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina

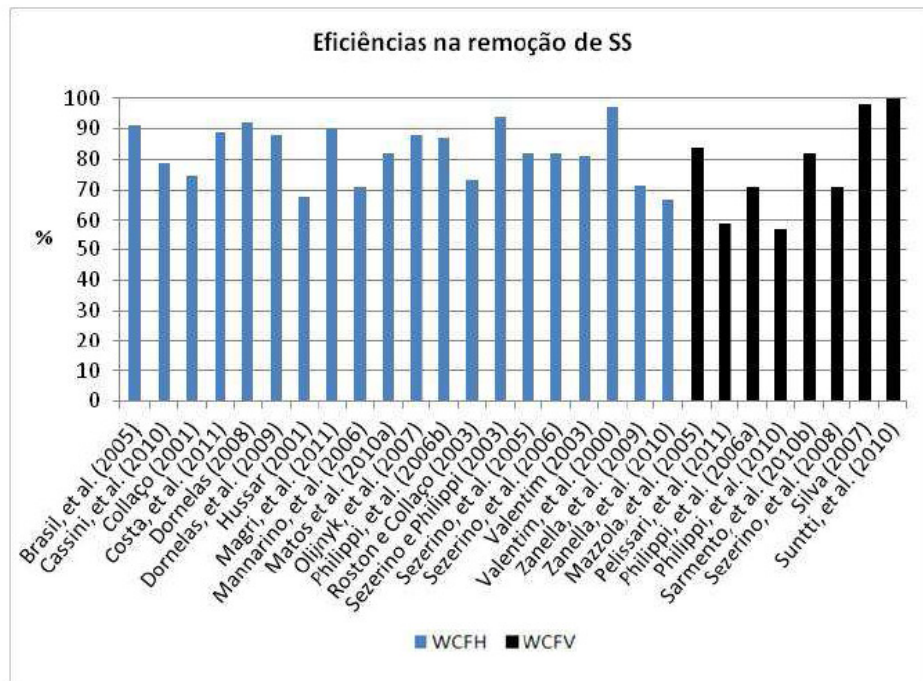


Figura 2.8: Eficiência na remoção de Sólidos Suspensos

Fonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina

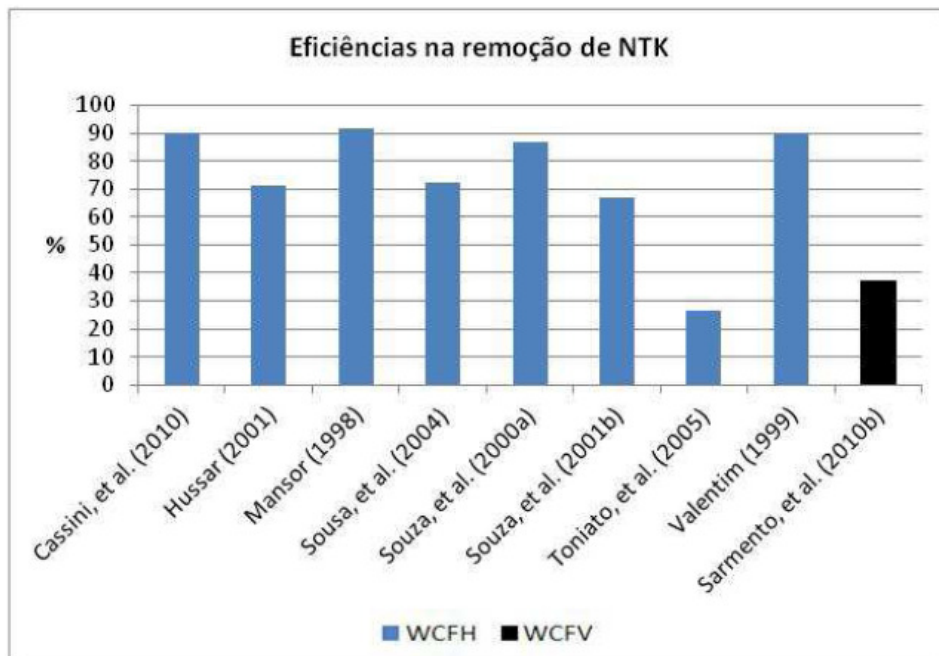


Figura 2.9: Eficiência na remoção de NTK

Fonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina

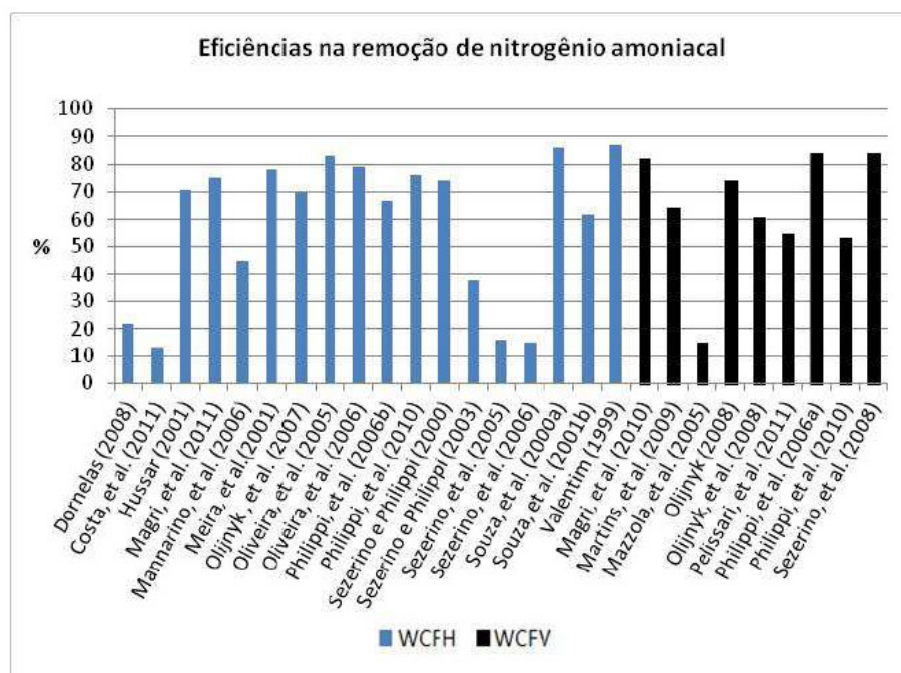


Figura 2.10: Eficiência na remoção de Nitrogênio Amoniacal

Fonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina

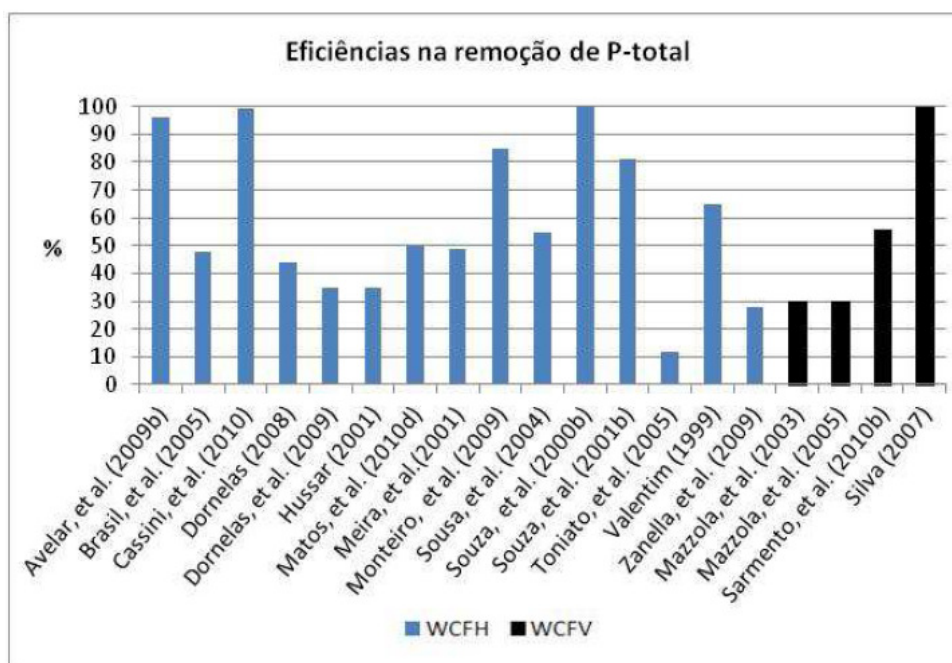


Figura 2.11: Eficiência na remoção de Fósforo Total

Fonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina

Estudos realizados pela Universidade Federal de Minas Gerais com Wetlands Construídos de Fluxo Vertical reforçam a grande aplicabilidade dos sistemas alagados construídos de escoamento vertical (wetlands verticais) para o tratamento de esgotos sanitários nas condições brasileiras. Resultados satisfatórios de eficiência do tratamento e a simplicidade operacional do sistema são as principais razões pela qual este tipo de sistema pode e deve ser utilizado para o tratamento de esgotos domésticos de forma descentralizada.

Gabriele Lohmann estudou entre outros fatores a influência da precipitação pluviométrica na dinâmica hidráulica e na microbiota em Wetland Construído do tipo zona de raízes de fluxo vertical, observando que os períodos de chuva intensos influenciaram o desempenho do sistema estudado, reduzindo o tempo de detenção do esgoto ao longo do meio filtrante e, conseqüentemente, reduzindo a sua eficiência.

As macrófitas aquáticas são plantas em ambientes aquáticos ou simplesmente alagados, desde microalgas até angiospermas. São classificadas em flutuantes, com folhas e enraizadas, submersas e submersas com folhas flutuantes (figura 2.12).

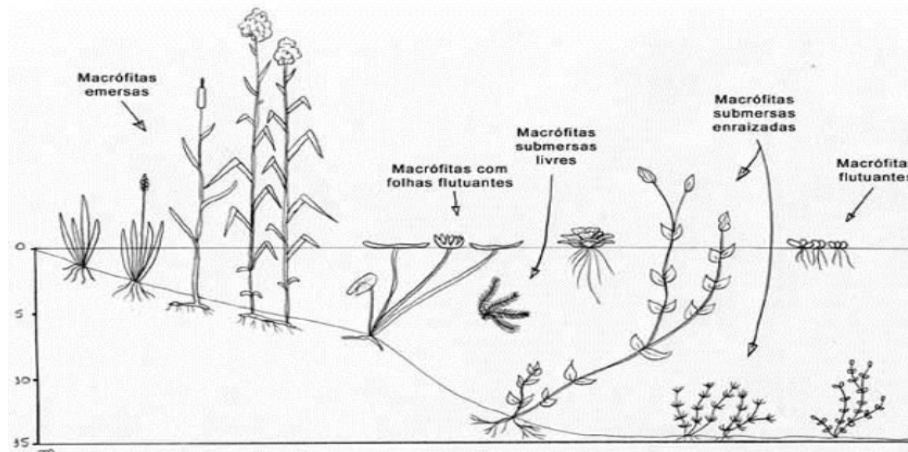


Figura 2.12: Macrófitas Aquáticas

Fonte: EMBRAPA Instrumentação

A principal macrófita utilizada no sistema de zona de raízes do Centro de Prática Sustentáveis foi a espécie *Vetiveria zizanioides*, ou capim Vetiver, (figura 2.13) a qual pode ser considerada como uma Macrófita emersa.



Figura 2.13: Eficiência na remoção de NTK

Fernando Ernesto Ucker estudou a sua eficiência na remoção de nutrientes presentes no esgoto sanitário na Estação de Pesquisas em Tratamento de Esgotos, localizada na Estação de Tratamento de Esgotos Samambaia, em Goiânia, GO. O sistema de com fluxo subsuperficial vertical descendente, vegetado com capim Vetiver mostrou-se eficiente na remoção de nitrogênio amoniacal e fósforo total com 90,5% de fósforo total e 93,9% de nitrogênio.

Segundo Cull et al. (2000), pesquisas pela Ásia mostram que o capim Vetiver tem uma rápida, constante e alta capacidade na remoção de grandes quantidades de agroquímicos e metais pesados.

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 HISTÓRICO DO PROCESSO PARA A CONCEPÇÃO DO SISTEMA

A proposta da construção do sistema de tratamento dos efluentes gerados no Centro de Prática Sustentáveis por meio de zona de raízes com foco no reuso do efluente tratado, partiu da possibilidade de se ter uma referência deste tipo de sistema para estudos acadêmicos e práticos.

Embora fosse tecnicamente possível à interligação do Centro à rede pública de esgoto sanitário, o fato do mesmo ser projetado para ser um centro de referência em práticas sustentáveis, e, portanto, um local onde as pessoas pudessem ter a experiência de visualizar tecnologias de construção aplicáveis, motivou os técnicos projetistas a propor uma solução diferenciada para o tratamento dos efluentes, a qual pudesse congrega simplicidade, eficiência no tratamento, baixo custo de instalação, operação e manutenção, além de possibilitar do reaproveitamento do efluente tratado na irrigação dos jardins, coberturas verde, e viveiros.

O Centro foi projetado para abrigar:

a) Áreas para a produção de mudas destinadas não só para venda como também para manutenção paisagística do Bairro Manguelal, local onde se insere.

b) Espaço físico para promover parcerias (como ONG's) em processos de capacitação profissional e educação ambiental, cultural econômico e social, tais como:

c) Atividades de capacitação voltadas ao ofício da jardinagem, do artesanato e da bricolagem. Será oferecida a comunidade local, através de salas e suporte técnico específico.

d) Parcerias com escolas de ensino fundamental, utilizando as futuras instalações para as práticas de ações que potencializam não só sob o aspecto ambiental, como também cultural, econômico e social. Estimulando a consciência individual e coletiva de que “somos filhos e filhas da Terra, somos a própria Terra, que se torna autoconsciente” (Boff, 1998).

e) Espaço físico para Associação de Moradores do Bairro Jardins Manguelal desenvolverem reuniões, palestras e outras atividades que possam contribuir para o convívio coletivo.



Optou-se por um sistema construtivo que prioriza os aspectos ambientalmente e socialmente positivos, sem deixar de considerar o aspecto econômico. São eles:

- a) Consideração do entorno e das condições climáticas e geográficas onde o complexo será inserido.
- b) Consideração do ciclo de vida dos materiais empregados na construção.
- c) Sistema construtivo que propõe eficiência em conforto térmico, minimizando o consumo de energia.
- d) Captação eficiente de ventilação e iluminação natural, minimizando o consumo de energia.
- e) Escolha por materiais de extração próxima da região.
- f) Tratamento de efluentes no local evitando o transporte e sobrecarga do sistema de tratamento da região.
- g) Reúso da água proveniente do sistema de tratamento de efluentes na irrigação dos jardins.
- h) Sistema de coleta de água da chuva visando economia no consumo de água da rede pública e na drenagem de água pluvial.
- i) Sistema de compostagem para resíduos orgânicos diminuindo a sobrecarga do aterro que atende a região.
- j) Sistema inteligente de consumo de energia através da eficiência energética de lâmpadas e equipamentos.
- k) Escolha por materiais construtivos que sirvam também como ferramenta didática no processo de educação ambiental, permitindo uma reflexão sobre valores e atitudes contemporâneas.

O empreendimento se situa no distrito Federal, Região Administrativa - RA de São Sebastião, Bairro Jardins Mangueiral, cujas coordenadas são: latitude 15°53'16.21"S e longitude 47°49'11.58"O. O clima se enquadra ao Tropical de Savana, temperado chuvoso e inverno seco, com média anual de precipitação de 1.675mm e temperatura média de 21 °C).



Figura 3.1: Vista geral do empreendimento

### 3.2 PREMISSAS DE PROJETO

O despejo de efluentes contendo poluentes em um curso d'água pode promover intensa proliferação de microorganismos causando alterações no ecossistema. Desta forma os usuários de fontes que recebem os efluentes são afetados, bem como toda a vida aquática existente no curso d'água receptor. Pode-se compreender, então, a grande importância do tratamento dos efluentes em uma estação que opere de forma eficaz, pois reflete diretamente sobre os conceitos de ecologia e de saúde pública.

Para minimizar o impacto ambiental, torna-se obrigatório o tratamento adequado em estações corretamente dimensionadas. Baseando-se nesta sistemática de trabalho, foi proposto para a o Complexo do Centro de Prática Sustentáveis. , o Sistema de Tratamento de Esgoto Doméstico detalhado no presente trabalho. O tratamento proposto atende a diversas unidades preestabelecidas.

As alternativas de tratamento estudadas buscaram aliar simplicidade operacional com técnicas reconhecidas e sustentáveis. Foram avaliados processos de tratamento que proporcionassem a qualidade mínima desejada para o efluente e que se adequassem à situação específica local. A alternativa mais adequada foi o Tratamento por Zona de Raízes (ZR) seguindo as seguintes premissas:

- Procurou-se priorizar a simplicidade operacional, a fim de facilitar a manutenção do tratamento.
- No sistema de tratamento de efluentes proposto, foi considerada uma utilização da Produção de 100% de capacidade do empreendimento.
- As unidades para o tratamento foram dimensionadas hidráulicamente para receber todas as contribuições de efluentes produzidos na área de produção.
- Como parâmetro básico para o dimensionamento das unidades de tratamento foi considerada a característica típica do efluente, com vazão determinada.

### **3.3 JUSTIFICATIVA PARA O SISTEMA DE TRATAMENTO ADOTADO**

As alternativas de tratamento estudadas buscaram aliar simplicidade operacional com técnicas reconhecidas e sustentáveis. Foram avaliados processos de tratamento que proporcionassem a qualidade mínima desejada para o efluente e que se adequassem à situação específica local. A alternativa mais adequada foi o Tratamento por Zona de Raízes (ZR).

Optou-se pelo Sistema Zona de Raízes por este ser eficiente na remoção de coliformes, matérias orgânicas e nutrientes dos efluentes, além da simplicidade e baixo custo de instalação e operação.

Quando a operação da estação (zona de raízes) é efetuada corretamente:

- a emissão de odor poderá ser controlada pelo controle do nível da lâmina;
- gasto de energia elétrica mínimo;
- todos os parâmetros de emissão se enquadrarão dentro dos padrões estabelecidos pelos Órgãos Ambientais.

Dentre as vantagens do Sistema de Zona de Raízes encontram-se: o seu baixo custo de instalação, manutenção e operação; a qualidade na remoção de DBO, DQO e nutrientes, comparado a sistemas simples como Fossa/Filtro; e a eficiência na eliminação de coliformes que chega a 99,99%.

Outro item a destacar é a estética visual do sistema que pode ser incorporado ao paisagismo, consistindo-se em um jardim.

Com relação às plantas, específicas e adaptadas para locais alagados, com alta performance em tratamento de efluentes, realizam a aeração da rizosfera fornecendo oxigênio à flora bacteriana, absorvem nutrientes e formam uma rede de raízes que filtram e retêm resíduos do efluente, tornando-o límpido e de boa qualidade, podendo ser reutilizado na irrigação, na formação de lagos, etc.

No leito de zona de raízes foram plantadas mudas da espécie vegetal da família de *Vetiveria zizanioidess*.

Destaca-se que as espécie foi selecionada de modo a não representar um risco potencial para o ambiente, uma vez que espécies inadequadas podem se dispersar de tal forma que se perca a possibilidade de seu controle ou erradicação. O risco deixa de existir quando se utilizam espécies nativas ou exóticas selecionadas de acordo com os princípios supracitados, ou mesmo as naturalizadas, uma vez que já fazem parte do ecossistema local.

### 3.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema de tratamento projetado visa atender todas as unidades do empreendimento. Durante a fase de elaboração do projeto o cliente não sabia informar a quantidade e de pessoas que estariam utilizando os equipamentos sanitários, , deste modo, optou-se em superestimar o sistema para que pudesse atender o maior número de pessoas que poderiam frequentar os ambientes durante a fase de operação. Dividindo entre população fixa e flutuante as vazões foram definidas conforme descritas na tabela 3.1:

Tabela 3.1: Unidade produtora e suas respectivas contribuições de esgoto doméstico.

<b>UNIDADE</b>	<b>n. de pessoas</b>	<b>vazão unitária (l/pessoa)</b>	<b>vazão total (litros)</b>
Administração Etapa I pessoa fixa	10	100	1.000
Administração Etapa I pessoa flutuante	100	25	2.500
Administração Etapa II pessoa fixa	10	50	500

Administração Etapa II pessoa flutuante	50	25	1.250
Galpão Reuniões	400	10	4.000
Galpão de Produção de mudas	5	100	500
<b>TOTAL</b>			<b>10.250</b>

O padrão de emissão será compatível com o disposto na resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA para corpos receptores Classe 2, inclusive em termos de potencial hidrogeniônico – pH, oxigênio dissolvido – OD, demanda bioquímica de oxigênio - DBO e de coliformes termotolerantes (tabela 3.2). Todavia, o efluente da estação será encaminhado a um corpo receptor e sim disposto em solo vegetado onde poluentes remanescentes serão adsorvidos na matriz do solo e, ou, absorvidos pelas plantas.

O tratamento previsto deverá garantir as características físico-químicas e biológicas necessárias, desde que em estado normal de funcionamento.

Tabela 3.2 – Limites de atributos para as classes de corpos d água brasileiros.

EXAME	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
OD	6,0	5,0	4,0
DBO 5 dias	3,0	5,0	10,0
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	200,0	1.000,0	4.000,0

Fonte: Resolução CONAMA 357

O tratamento será precedido por fossa séptica, poço de acumulação e elevatória seguido dos módulos de zona de raízes, o efluente tratado será acumulado em lagunho ornamental e bombeado para reservatório de reuso conforme representado no esquema abaixo (figura 3.2).

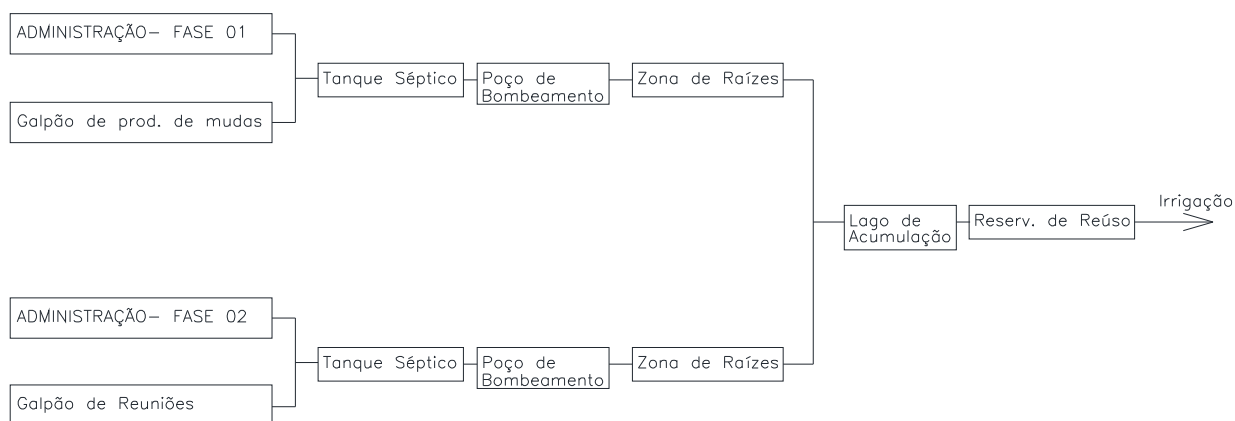


Figura 3.2: Esquema do sistema implantado

A disposição de todo o sistema pode ser observado nas figuras 3.3 e 3.4, com a locação dos prédios (unidades contribuintes) e os módulos de Zona de Raízes. A opção de construir o empreendimento em etapas foi um fator determinante para a disposição dos módulos de Zona de Raízes. A obra iniciou-se pela parte superior do bloco da Administração, sendo construído apenas o módulo de Zona de Raízes também posicionado na parte superior da Figura 3.3, além do lago de acumulação localizado entre os módulos. A segunda fase, em conclusão no mês de fevereiro de 2014, finalizará todo o empreendimento.

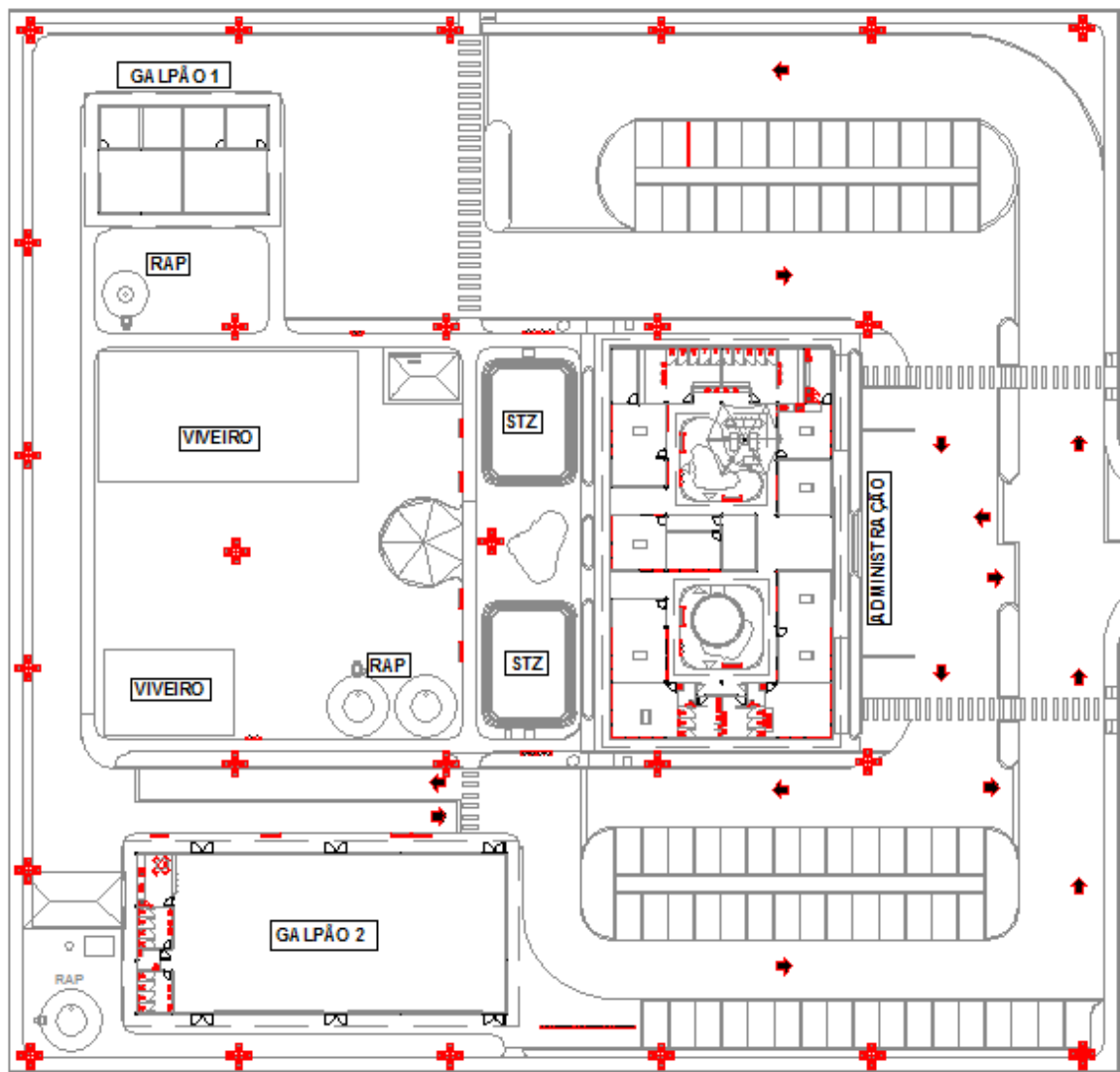


Figura 3.3: Planta de Implantação do empreendimento

RAP – Reservatório de águas pluviais

STZ – Sistema de Zona de Raízes

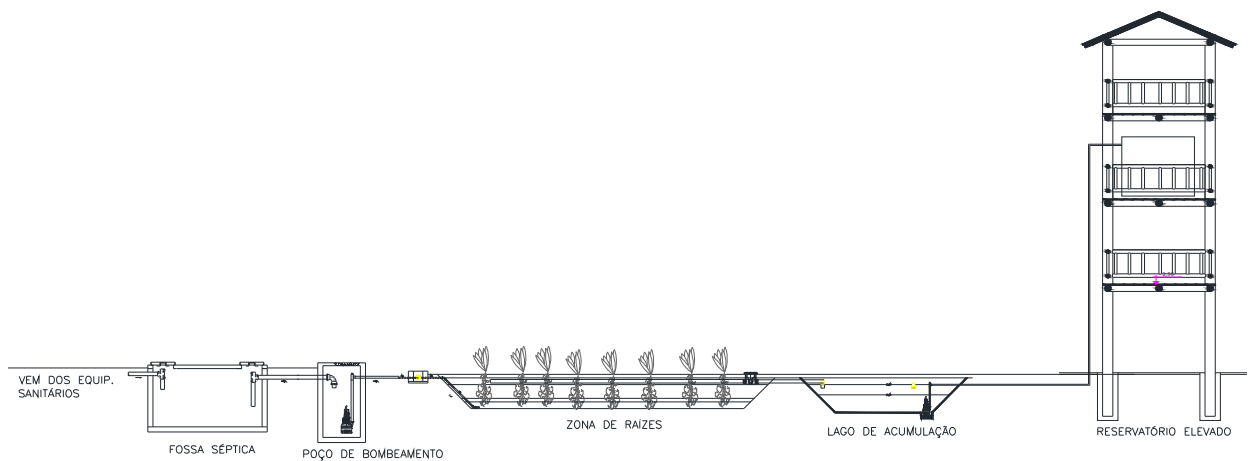


Figura 3.4: Corte esquemático do sistema

### 3.4.1 Tratamento Preliminar – Tanque Séptico

Na Fossa Séptica (figura 3.5), as águas servidas sofrem a ação das bactérias anaeróbias—microrganismos que só atuam onde não circula o ar. Sob a ação dessas bactérias, parte da matéria orgânica sólida é convertida em gases ou em substâncias solúveis que, dissolvidas no líquido contido na fossa, são esgotadas e lançadas no tratamento ecológico. Durante o processo, depositam-se, no fundo da fossa, as partículas minerais sólidas (lodo) e forma-se, na superfície do líquido uma camada de espuma ou crosta constituída de substâncias insolúveis mais leve que contribui para evitar a circulação do ar, facilitando a ação das bactérias. Sua eficiência de redução de carga orgânica pode chegar a 40-50%.

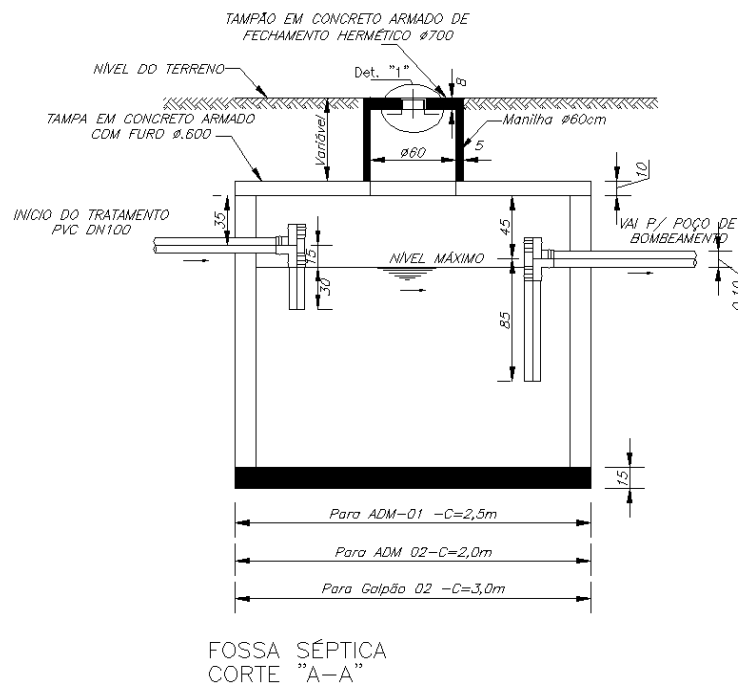


Figura 3.5: Tanque séptico utilizado no sistema

### 3.4.2 Tanque de acumulação/bombeamento

Para o sistema proposto, é utilizado a caixa de bombeamento (figura 3.6), a qual tem a função de acumular o efluente pré tratado no Tanque séptico para que



este seja bombeado periodicamente para a seção inferior do tanque de zona de raízes, funcionando também como uma estação elevatória. Outra função deste dispositivo é o de evitar que o sistema colmate ou as tubulações acumulem sedimento pela baixa velocidade do efluente.

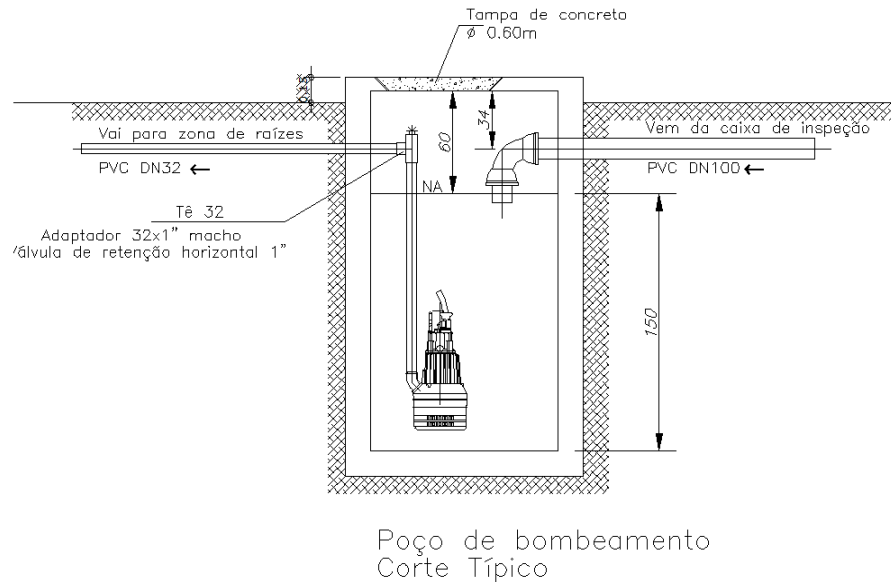


Figura 3.6: Poço de bombeamento

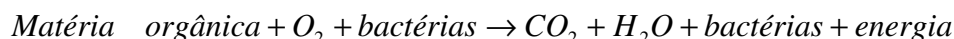
### 3.4.3 Tratamento em Zona de Raízes

O Sistema Zona de Raízes utiliza a capacidade depuradora do sistema radicular das plantas, devido à oxigenação, à absorção de nutrientes e à decomposição de matéria orgânica, a qual serve de alimento para as colônias de bactérias. A decomposição e estabilização dos resíduos se processam no substrato, não só pela microflora que compõe o sistema radicular, mas também por processos físico-químicos, anaeróbios e aeróbios.

Todas as espécies vegetais utilizadas devem ser morfológicamente adaptadas para se desenvolver em ambientes inundados em decorrência dos grandes volumes de espaços internos capazes de transportar oxigênio para o sistema radicular (aerênquimas). Parte do oxigênio pode ainda sair do sistema radicular para a área em torno da rizosfera, oferecendo condições de oxidação para os sedimentos, que de outra forma, seriam anaeróbios. Dessa forma, são criadas

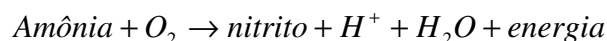
condições para a decomposição de matéria orgânica, bem como para o crescimento de bactérias nitrificadoras.

A oxidação da matéria orgânica corresponde ao principal fator de consumo de oxigênio. Este deve-se à respiração dos microrganismos decompositores, principalmente as bactérias heterotróficas aeróbias. A equação simplificada da estabilização da matéria orgânica é:

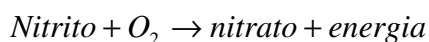


As bactérias, na presença de oxigênio, convertem a matéria orgânica a compostos simples, como água e gás carbônico. Com isto, elas tendem a crescer e se reproduzir, gerando mais bactérias, enquanto houver disponibilidade de alimento (matéria orgânica) e oxigênio no meio. O oxigênio é fornecido pelas raízes das plantas.

Um outro processo de oxidação é o referente às formas nitrogenadas, responsável pela transformação da amônia em nitritos e estes em nitratos, no fenômeno denominado nitrificação. Os microrganismos envolvidos neste processo são autótrofos quimiossintetizantes, para os quais o dióxido de carbono é a principal fonte de carbono. A energia é obtida através da oxidação de um substrato inorgânico, como a amônia. A transformação da amônia em nitritos dá-se segundo a reação simplificada:



A transformação do nitrito em nitrato ocorre a seguir, de acordo com a reação simplificada:



Observa-se que, em ambas as reações há consumo de oxigênio. Este consumo é referido como demanda nitrogenada e ocorre posteriormente às reações de desoxigenação carbonácea, uma vez que as bactérias nitrificantes têm uma taxa de crescimento mais lenta do que as bactérias heterotróficas, implicando em que a nitrificação ocorra também mais lentamente.

A unidade do tratamento projetada e implantada constitui-se em dois módulos de Zona de Raízes, escavados no terreno, respeitando a topografia local, e preenchido com substratos em camadas sucessivas, a fim de se obter melhor relação de tratamento por volume, e plantado com espécies vegetais de ambiente alagado; considerando-se as condições de projeto.

A unidade do tratamento secundário será construída em módulos de Zona de Raízes construídas através de escavação do terreno, impermeabilização com uso de lona de PVC e lançamento de camadas contendo rede de distribuição do afluente (esgoto a ser tratado) e tubulação para drenagem do efluente (água proveniente do tratamento).

Um módulo é um plano nivelado de substratos variados. O nivelamento na superfície é de suma importância para a completa utilização de cada metro quadrado de área. Foi adotado para esse projeto o uso de módulos com dimensões de 12,0m de comprimento por 10,0m de largura por 1,0m de profundidade com camada inferior de 20 cm por onde será distribuído o esgoto (figura 3.7).

No interior dos módulos o líquido fará a trajetória ascendente a partir de uma camada inferior composta por brita No 04 ou de pedra equivalente, brita No 01 e areia, até ser drenado próximo à superfície, o que permitirá uma melhor distribuição do líquido em todo o módulo.

Para a construção das unidades de Zona de Raízes (ZR) foram utilizadas lonas de PVC de 0,42mm de espessura o que oferecerá condições seguras de impermeabilidade para permitir o funcionamento correto do sistema.

Dessa forma conseguiremos ter melhor aproveitamento de todo o volume e conseqüentemente melhor eficiência que será função de todo o volume e não somente da área como seria se fosse utilizado fluxo descendente. Esse sistema também é vantajoso na implantação e manutenção, além da possibilidade da instalação até mesmo acima do nível do terreno.

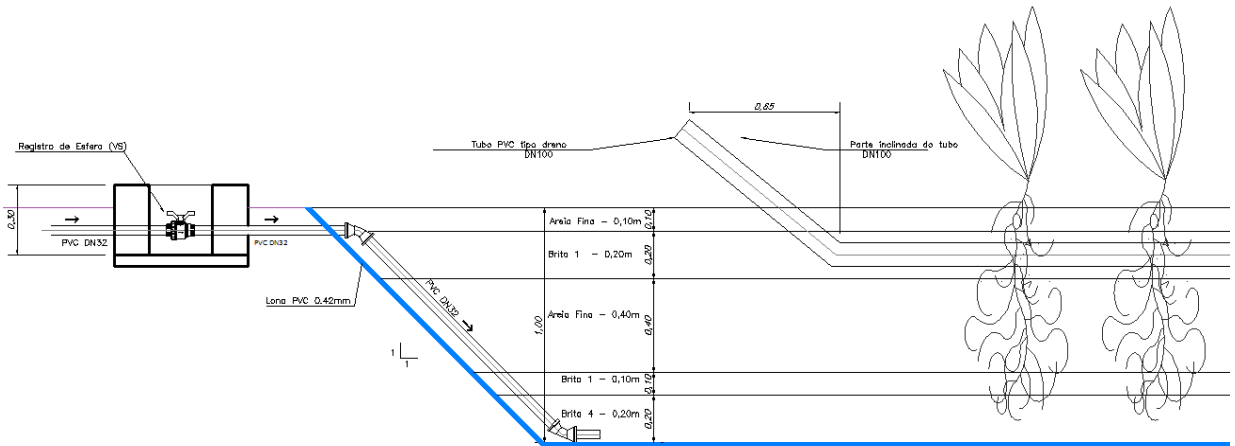


Figura 3.7: Corte esquemático do sistema de Zona de Raízes

### 3.4.4 Polimento final

Pelo dimensionamento proposto, a vazão do esgoto remanescente do processo de tratamento sofrerá redução de no mínimo 25% por processo de evapotranspiração das plantas, sendo o restante conduzido por gravidade a um lago de acumulação com 15 m<sup>2</sup> e profundidade útil de 80 cm (figura 3.8).

Neste lago serão plantadas macrófitas do tipo Alface d'água (*Pistia stratiotes*), Aguapé (*Eichhornia crassipes*) entre outras, as quais complementaram o processo de tratamento.

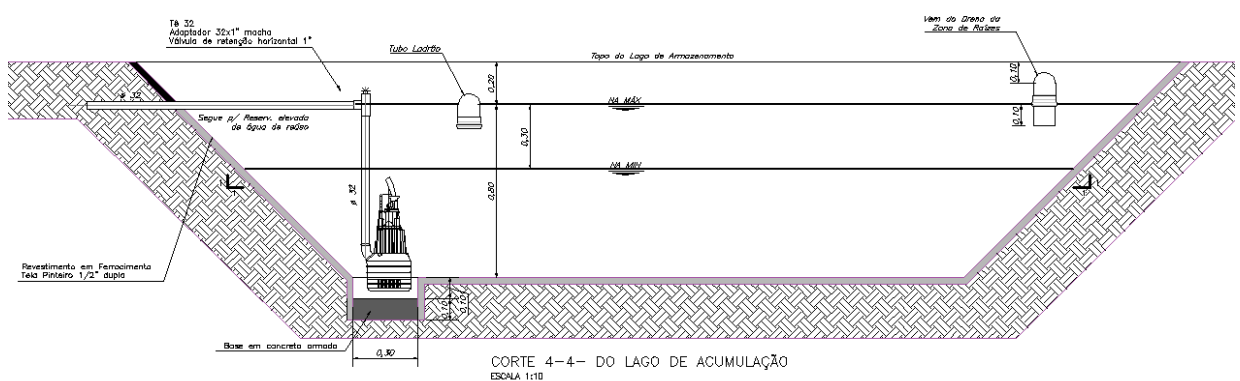


Figura 3.8: Corte esquemático do Lago de Acumulação (ornamental)

### **3.4.5 Desinfecção**

O efluente tratado acumulado na lagoa de acumulação será bombeado para o reservatório de água de reuso o qual será dotado de clorador de pastilhas do tipo Flutuador, a fim de realizar a desinfecção da água previamente a sua utilização na irrigação dos jardins e cobertura verde.

### **3.4.6 Sistema de reutilização do efluente tratado**

O efluente tratado terá uma vazão aproximada de 75% do volume do esgoto inicial, sua redução é oriunda de processos de evaporação e ou transpiração. Este volume já tratado é destinado à irrigação dos jardins e na irrigação das áreas destinada à produção de mudas de árvores nativas. Caso seja necessário, o mesmo poderá ser lançado na rede água pluvial, já que não apresenta características que impeçam essa disposição.

É possível estimar a economia de água neste processo, pois, ao invés de utilizar água da CAESB na irrigação será utilizada a água de reuso. Para tanto, estima-se que o volume de água de reuso disponível para a irrigação seja de aproximadamente 3,0 m<sup>3</sup>/dia, isso se toda esta água de reuso for utilizada, significando uma economia mensal de R\$ 600,00, valor mais que o dobro dos custos com a manutenção do sistema.

### **3.4.7 Paisagismo**

Os módulos de Zona de Raízes terão aspecto de Jardins, podendo ser feitas inserções florísticas e outros elementos para melhor compor o paisagismo sem prejuízo da eficiência do tratamento. A beleza do paisagismo e os ângulos fotogênicos serão resultado não de concepção abstrata, mas de observação, modelagem e implantação local, dialética das condições fornecidas pela fauna e flora do local.



Figura 3.9: Vista do Sistema em funcionamento e as plantas cultivadas

### 3.4.8 Operação do Sistema de Tratamento

A partir do início da operação é necessário um período mínimo de 30 dias para o ajuste do sistema às condições de operação, após 15 dias as bactérias previamente estabelecidas terão condições necessárias para a remoção de DBO, etc. As plantas implantadas terão adicionado um substrato especial que ajudará no crescimento rápido da raiz.

Para acelerar o desenvolvimento de uma população microbiana ativa, é aconselhável regular na fase da implantação a vazão conforme o desenvolvimento das plantas.

Quando da limpeza da fossa séptica, cerca de 10% do lodo digerido deverá permanecer na mesma. A limpeza do Lodo e espuma deve ser feita por pessoas treinadas e com o uso de equipamentos para evitar o contato direto das pessoas com o lodo.

O material retirado da Fossa jamais poderá ser lançado em rios ou galerias pluviais, devendo ser destinados somente aos locais autorizados pelos órgãos responsáveis pelo meio ambiente saúde e saneamento básico.

Retirar as obstruções ocasionais uma vez ao mês e retirar as bombas e limpar com água limpa as mesmas. Verificar a bóia da bomba se encontra-se em bom funcionamento. Verificar no quadro de comando os contadores e se for necessário, ajusta-los.

Realizar a poda do *Vetiveria zizanioides* uma vez ao ano (preferencialmente no inverno ).

Nos primeiros meses da implantação poderá ser necessário irrigar o *Vetiveria zizanioides* frequentemente igual à um jardim ornamental. Este detalhe foi observado na implantação do sistema do Centro de Prática Sustentáveis, no qual não foi observada a necessidade de irrigar o capim, o qual foi plantado no período de seca, ocasionando a morte dos capins plantados (figura3.10), obrigando a realização de novo plantio e a retardação da operação em máxima eficiência do sistema.



Figura 3.10: Capim Vetiver morto devido a falta de rega

O *Vetiveria zizanioides* (no caso o Capim Vetiver) se encarrega de realizar o processo que cabe às plantas no sistema de tratamento por zona de raízes, deste modo, quando utilizar plantas ornamentais, dar prioridade as com pouco desenvolvimento de raízes profundas. Deve-se levar em consideração que os

Vetiveria zizanioides levam oxigênio para a terra o que geralmente não ocorre com outras espécies.

Devido à característica e a natureza deste tratamento de esgoto doméstico, não é necessário a inclusão de equipamentos de controle de emissões atmosféricas, dada a inexistência de emissões desta natureza.

Todas as saídas do tratamento deverão ser conforme projeto, mantidas sempre tampadas com tampas, grades e etc., para evitar a entrada de animais tipo rato, sapo e rãs.

A operação do sistema, embora simples, deve ser realizado por pessoa capacitada para este fim, que, com o auxílio de uma espécie de check list constando todos os item que deverão ser verificados para o bom funcionamento do sistema, realiza a inspeção conforme apresentado no quadro abaixo:

Item de Inspeção	Executado		Observação	Data Semana	Assinatura
	Sim	Não			
Verificar funcionamento da bomba				01 Janeiro	
Lavagem da caixa de Inspeção					
Verificar visual qualidade da água de saída					
Verificar funcionamento da bomba				02	
Verificar visual qualidade da água de saída					
Verificar funcionamento da bomba				03	
Verificar visual qualidade da água de saída					
Verificar funcionamento da bomba				04	
Verificar visual qualidade da água de saída					
Verificar funcionamento da bomba				05 Fevereiro	
Lavagem da caixa de Inspeção					
Verificar visual qualidade da água de saída					
Verificar funcionamento da bomba				06	
Verificar visual qualidade da água de saída					
Verificar a plantação			Se necessário, irrigação		
Item de Inspeção	Executado	Observação	Observação	Data Semana	Assinatura
	Sim	Não			
Verificar funcionamento da bomba				07	
Verificar visual qualidade da água					

Figura 3.10: Check liste para operação e manutenção do sistema



### **3.4.9 Análise da água**

Esta operação é importante principalmente quando o objetivo é atingir padrões de lançamento compatíveis com a legislação local, para tanto, Trimestralmente deverá ser efetuada uma análise de esgoto tratado, coletado na saída-caixa de inspeção.

As análises deverão demonstrar a eficiência do sistema em relação aos parâmetros definidos para o padrão desejado de uso reuso do efluente, neste caso, compatível com o padrão de emissão disposto na resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA para corpos receptores Classe 2, inclusive em termos de potencial hidrogeniônico – pH, oxigênio dissolvido – OD, demanda bioquímica de oxigênio - DBO e de coliformes termotolerantes (ver tabela abaixo e norma em anexo)..

## **4 CUSTOS ENVOLVIDOS NA CONCEPÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA**

Foram discutidos nos itens anteriores os diversos benefícios que um sistema de tratamento por zona de raízes pode trazer, tanto do ponto de vista social, na beleza paisagística, sustentabilidade, entre outros benefícios, quanto no econômico, reuso de água.

Com isso, pretende-se a seguir, avaliar os custos envolvidos na utilização desta tecnologia para o tratamento de resíduos domésticos considerando o custo de projeto, implantação e manutenção, como forma de subsidiar projetistas e interessados para a tomada de decisão quanto a implantação ou não deste tipo de sistema.

### **4.1 CUSTOS DE PROJETOS**

No Brasil existem poucas empresas e profissionais que possuem o conhecimento técnico e prático para projetar sistemas de wetlands construídos, visto que os sistemas implantados no País ainda são recentes e de pequenos e sua grande maioria de pequeno porte. Deste modo, não existe uma tabela de preços ou qualquer parâmetro de custo para a elaboração deste tipo de projeto, contudo, cada projetista possui sua própria metodologia para estimar o custo de um projeto, baseado em experiências práticas convertidas em horas técnicas de trabalho dos profissionais.

Para o projeto do Centro de Prática Sustentáveis, com uma vazão máxima de 10.250 litros dia de esgoto doméstico, o custo foi de R\$ 6.000,00. Neste valor

estão incluídos uma visita inicial de reconhecimento e vista de orientação na execução da obra. Não estão inclusos gastos com deslocamentos e custeio de estadias (no caso de viagens) e também uma visita durante a operação para avaliação do sistema.

## 4.2 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

Os custos de implantação geralmente são os maiores, pois nesta etapa estão envolvidos toda obra para execução do sistema, equipamentos eletromecânicos.

É comum as pessoas imaginarem que o custo para implantação deste tipo de sistema é menor que o que realmente é, talvez por pensar que por ser um sistema com plantas, poderia ser mais barato.

A diversidade de tipos de sistemas convencionais de tratamento de esgotos domésticos dificulta a comparação de custo com os sistemas naturais por Zona de Raízes, ainda que este seria um tema complexo a ser abordado em outro trabalho.

No caso do sistema Implantado no Centro de Prática Sustentáveis. , os gastos com a implantação somaram um total de R\$ 101.597,00 (\$ 42.000,00) e são resumidos na tabela abaixo:

Quadro 4.1: Resumo total dos gastos com a implantação do sistema de Zona de raízes no Centro de Prática Sustentáveis.

<b>Resumo TOTAL</b>		
Escavação		R\$ 17.425,00
Caixa de Bombeamento		R\$ 3.645,00
Fossa Septica		R\$ 20.960,00
Zona de Raízes		R\$ 26.260,00
Tubulação e Conexões		R\$ 6.855,50
Mão de Obra e Encargos Sociais		R\$ 13.200,00
BDI		R\$ 13.251,83
		<b>R\$ 101.597,33</b>

### 4.3 CUSTOS DE OPERAÇÃO

Os custos com a operação do sistema podem ser considerados como o principal atrativo para a implantação deste tipo de sistema. Conforme descrito no item 4.2, a manutenção deste sistema é bastante simples, consiste basicamente:

- Na da limpeza da fossa séptica anualmente, com o auxílio de um caminhão limpa fossa, com um custo aproximado de R\$ 200 por ano.
- Retirar as obstruções ocasionais uma vez ao mês.
- Nos primeiros meses da implantação poderá ser necessário irrigar o Vetiveria zizanioides frequentemente.
- Realizar a poda do Vetiveria zizanioides uma vez ao ano (preferencialmente no inverno).
- Manutenção de bombas

Quadro 4.2: Custo de operação e manutenção

<b>serviço</b>	<b>unidade</b>	<b>quant</b>	<b>valor unit</b>	<b>Valor total</b>
limpeza anual da fossa	operações/ano	1,00	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Retirada de obstruções 1	operações/ano	12,00	R\$ 200,00	R\$ 2.400,00
Poda da Macrófita	operações/ano	2,00	R\$ 150,00	R\$ 300,00
manutenção de bombas	operações/ano	1,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00
				<b>R\$ 3.250,00</b>

### 4.4 RESUMO DOS CUSTOS ENVOLVIDOS

Estima-se que a vida útil de um sistema como o projetado pode ser superior a 30 anos, considerando a correta manutenção, deste modo, para efeito de ordem de grandeza, resumimos os custos envolvidos para um período de 20 anos de operação, considerando os custos de projeto, implantação e manutenção/operação do sistema.

Quadro 4.3 – Resumo dos custos envolvidos no sistema implantado

ETAPA	Valor total
PROJETO	R\$ 6.000,00
IMPLANTAÇÃO	R\$ 101.597,33
OPERAÇÃO	R\$ 65.000,00

#### 4.5 COMPARATIVO DE CUSTOS EM RELAÇÃO A SISTEMAS CONVENCIONAIS

Os custos envolvidos na construção de um sistema de Zona de Raízes pode variar em função de alguns fatores:

- Dimensão e tipo do sistema – as wetlands de fluxo horizontal superficial que não necessitam de substrato costumam ser as mais baratas
- Existência de plantas macrófitas no local – esta disponibilidade além de baixar os custos para aquisição das plantas, favorece o êxito do sistema pois as plantas já são adaptadas as condições locais;
- Disponibilidade de material local - existência de solos impermeáveis que podem ser utilizados para impermeabilizar os tanques e material granular para enchimento dos leitos.

Segundo pesquisas os custos de envolvidos na concepção, implantação e operação podem chegar a 50% menor que sistemas convencionais de tratamento de esgotos, tendo como vantagens o baixo custo de operação e a possibilidade de remoção de nutrientes, o que equivaleria a sistemas terciários dos sistemas de zona de raízes (Estiveda). A Tabela 4.3, mostra o custo de implantação de uma estação de tratamento convencional.

Sistema de Tratamento de Esgoto	Vazões	Custo
Lodos ativados convencional	1.000 e 5.000 L/s	R\$130 a R\$310/hab
Lodos ativados por batelada	7 e 233 L/s	R\$120 a R\$200/hab
Lagoas de estabilização	8 a 86 L/s	R\$40 a R\$90/hab
Reatores UASB com pós-tratamento por lagoas aeradas, lagoas de polimento, filtros submersos aerados e filtros anaeróbios	10 e 320 L/s	R\$40 a R\$100/hab

Quadro 4.4 - Custos de Implantação de ETEs convencional

Fonte: von Sperling (2007) adaptado de Jordão & Pessoa (2005))

Se considerarmos apenas o custo de implantação do sistema de zona de raízes em estudo, de R\$ 102.000,00, para uma vazão estimada de 10.250 m<sup>3</sup>/dia, e estimando entre população fixa e flutuante um total de 30litros/hab/dia considerando uso comercial, ou seja, uma população de população estimada de 350 pessoas, temos um custo estimado por habitante de R\$ 290,00/hab.A economia certamente se dá na operação e manutenção dos sistemas.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Até o presente momento deste estudo, a unidade implantada não havia extravasado efluente tratado para o lago de acumulação, pois a vazão despejada na Wetland ainda era pequena considerando que o empreendimento estava sendo construído em fases, e apenas uma pequena parte dos equipamentos sanitários, vasos, pias, etc, estavam sendo usados. Deste modo, não foi possível avaliar a eficiência do sistema por meio da análise de água. O mesmo se aplica ao efluente doméstico lançado no leito de Zona de Raízes, o qual não fora analisado pelos proprietários do empreendimento.

O fato de este sistema ser o primeiro deste porte a ser projetado no Distrito Federal e ainda haverem poucos implantados no Brasil, favoreceu a descrença das pessoas na utilização dos Alagados Construídos para o tratamento de efluentes domésticos, deste modo, é importante a difusão deste conhecimento, aliado a estudos e pesquisas que garantam a credibilidade das Wetlands construídas.

Outro grande empecilho para a adoção desta alternativa é a necessidade de grandes áreas para a implantação desta tecnologia, superior a de sistemas convencionais, a aquisição da área para a implantação oneram substancialmente o custo de implantação do sistema.

Pelo sistema Zona de Raízes, se faz necessário um acompanhamento técnico de no mínimo de 02 ( dois) anos após sua implantação, prazo esse necessário para que atinja sua eficiência máxima esperada.

Para o bom funcionamento é importante que a vazão e qualidade dos esgotos/efluentes estejam dentro de um padrão já previsto no projeto e construção do sistema, bem como o aumento das vazões em dias de chuva.

Contudo, sistemas que apresentam maior sustentabilidade do ponto de vista econômico e ambiental devem ser cada vez mais adotados, seguindo a corrente mundial onde o desenvolvimento de sistemas que demandem menor consumo energético, favoreçam a conservação dos recursos naturais e emitam menores quantidades de Gases de Efeito Estufa – GEE em seus processos é colocado como premissa para o desenvolvimento de novos projetos e exigido a empreendimentos que se encontram em desacordo com esta necessidade do mundial

## 6 BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, R.A. Substratos e plantas no tratamento de esgoto por zona de raízes. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005. 108 f.

ANTIA ARROYAVE, A. Estudio de aptitud de los suelos para el cultivo de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) em el departamento de Caldas. Vol. 4, Nº 1 (ener-abr 1983); p. 61-70.

Fundação Nacional de Saúde. Aplicação controlada de água residuária e lodo de esgoto no solo, para melhorar e incrementar a agricultura do semi-árido nordestino – Brasília: Funasa, 2007.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A.L.B.; Velocidade de crescimento dos colmos de algumas espécies de bambu. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, S.P. 1981.

Babatunde, A ; Abiola, O; Osideco,O; Kinetic and equilibrium studies on absorption of  $Cu^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  ions from aqueous solutions by bamboo roots biomass, 3 february 2009

CAMPOS, J.R. et al. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999 – 464p.: il. Projeto PROSAB.

Carlos Chernicharo, Luiz Antonio Daniel, Maurício Sens e Bruno Coraucci Filho, PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES ANAERÓBIOS POR SISTEMAS DE DESINFECÇÃO – 2007

CASAGRANDE JR., E. F.; UMEZAWA, H. A.; TAKEDA, J. Arranjo produtivo local sustentável: estudo de caso para o uso do potencial do bambu na geração de emprego e renda no Paraná. Disponível em: <  
[http://www.ppgte.cefetpr.br/semanatecnologia/grupo\\_tema/arranjo\\_produtivo\\_local.pdf](http://www.ppgte.cefetpr.br/semanatecnologia/grupo_tema/arranjo_produtivo_local.pdf)>. Acesso em: 15 janeiro. 2009.

CORAUCCI FILHO, B. et al. Disposição no solo. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). Desinfecção de efluentes sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 438 p. (Projeto PROSAB).



M. A. dos R. PEREIRA<sup>1</sup>, L.V.GARBINO <sup>2</sup> - DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO BAMBU GIGANTE (*Dendrocalamus giganteus*) CULTIVADO NA UNESP/CAMPUS DE BAURU - S.P., COM VISTAS À SUA UTILIZAÇÃO NA ENGENHARIA AGRÍCOLA Escrito para apresentação XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2003 - 28 de julho a 01 de agosto de 2003 - Goiânia-GO

NETO, C. ONOFRE at all; DISPOSIÇÃO CONTROLADA DE ESGOTOS EM SOLO PREPARADO COM COBERTURA VEGETAL ATRAVÉS DO ESCOAMENTO SUBSUPERFICIAL. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (FINEP/CNPq/CEF);

NETTO at al - Determinação das emissões e estoque de CO<sub>2</sub> em uma plantação comercial de bambu, Universidade Paulista.

NOGUEIRA, S FURLAN – Balanço de nutrientes e avaliação de parâmetro biogeoquímico em áreas alagadas construídas para o tratamento de esgoto – Piracicaba 2003

PAGANINI, W. da S. Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície. São Paulo: Fundo Editorial da AESANESP, 1997m.

PLANO DIRETOR DE ÁGUA E ESGOTOS DO DISTRITO FEDERAL; Parâmetros de custos para Estudo de Alternativas de Sistemas de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário, Magna Engenharia, Brasília, 2003.

SANTOS, A. RICARDO; CONTABILIDADE AMBIENTAL: UMA CONTRIBUIÇÃO DA CIÊNCIA CONTÁBIL A SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO AMBIENTAL- Faculdade Salesianas de Lins

TELLES, D.D. Aspectos da utilização de corpos d'água que recebem esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. In: NUVOLARI, A. (Coord.). Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: E. Blücher, 2003. p. 467-484.

VERONIQUE, A; Dijela, B; Nathalie, K; Initial efficiency off a bamboo grove based treatment system for winery wastewater, September 20

VOS, Joris; Potential of bamboo in phytoremediation the portuguese technology - COBELGAL Company - Portugal devos@mail.telepac.pt VII World Bamboo Congress - New Delhi – India - March 2004

WESTERHOFF, G. P. Un update of research needs for water reuse. In: WATER REUSE SYMPOSIUM, 3., 1984, San Diego. Proceedings... San Diego, Califórnia, 1984.

SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTOS. - Mark J. Hammer, Rio de Janeiro 1979.

STANDART HANDBOOK OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING, Robert A. Corbit, 1989.

Entfernung und Umsetzung von Schwefelverbindungen aus dem Abwasser in Wurzelraumkläranlagen - Margarita Irene Winter, Kassel 1985.

Lehrbuch der Bodenkunde, P. Schachtschabel, Stuttgart, 1992.

Biologie der Abwasserreinigung, Klaus Mudrack, Stuttgart, 1988.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA (Brasil). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.