

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL

POTIRA SOARES DE ABREU

IMPLANTAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE
RAÍZES NA COMUNIDADE RURAL DA SEÇÃO JACARÉ DO MUNICÍPIO DE
FRANCISCO BELTRÃO

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2013

POTIRA SOARES DE ABREU

IMPLANTAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE
RAÍZES NA COMUNIDADE RURAL DA SEÇÃO JACARÉ DO MUNICÍPIO DE
FRANCISCO BELTRÃO

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Regional, do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de concentração: Desenvolvimento Regional Sustentável. Linha de pesquisa: Ambiente e Sustentabilidade.

Orientadora: Prof. Dra. Elisete Guimarães
Co-orientador: Prof. Dr. Marcio Barreto Rodrigues

PATO BRANCO

2013

A162i Abreu, Potira Soares

Implantação de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes na comunidade rural da Seção Jacaré do município de Francisco Beltrão / Potira Soares Abreu. — Pato Branco : UTFPR, 2013.

87 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Profa. Dra. Elisete Guimarães

Coorientador: Prof. Dr. Márcio Barreto Rodrigues

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Pato Branco, PR, 2013.

Bibliografia: f. 77 - 81

1. Saneamento básico. 2. Educação ambiental. 3. Tecnologia alternativa. 4. Zona de raízes. I. Guimarães, Elisete, orient. II. Rodrigues, Márcio Barreto, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. IV. Título.

CDD 22. ed. 330

Aos meus pais, Alcion e Yara
Aos meus irmãos Içara,
Alcion Jr. e Paraguassu.

AGRADECIMENTOS

Aqui gostaria de deixar meus agradecimentos a todos àqueles que estiveram presentes durante esta etapa da minha vida. Este trabalho somente foi possível pelo apoio, ajuda e dedicação dessas pessoas, talvez não seja possível mencionar todos, mas quero deixar registrado meu agradecimento a todos que de certa forma se fizeram presentes.

Primeiramente agradeço à minha família, meus pais Yara e Alcion que por toda a vida incentivaram meus estudos, sempre demonstrando carinho e orgulho e me apoiando em todos os momentos. E aos meus irmãos Içara, Alcion Jr. e Paraguassu por serem companheiros e amigos em todas as horas.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional, pela oportunidade de realização desse curso.

A amiga Eliane Bee Boldrini que me ajudou na elaboração do pré-projeto e pelo incentivo em participar do processo seletivo de mestrado.

A minha orientadora Eliste Guimarães, pela orientação, compreensão e por ter aceito o desafio deste trabalho.

Ao diretor Vanderlei Nesi por ter me recebido de braços abertos, pelo incentivo e apoio dispensados. As professoras, alunos, e toda a equipe da Escola Municipal Epitácio Pessoa, pela ajuda e por me fazerem sentir acolhida e em família.

Aos funcionários da Secretaria Municipal de Meio ambiente de Francisco Beltrão, em especial ao Engenheiro Ambiental Gustavo, pela imensa ajuda nos trabalhos de campo e na execução do projeto, e também, aos membros do Conselho Municipal de Meio Ambiente que aprovaram o custeio do projeto através do FUNDEMA.

As colegas Nayara Pasqualato, Danielle Cadorin pelo companheirismo durante o curso e, e principalmente a minha querida Ligiane Corso Favarim e seu marido, pela hospedagem oferecida e pela amizade.

A todos os professores do curso pelos conhecimentos repassados, em especial à Professora Nilvania pela ajuda nos artigos publicados e Professores Andréa Sartori e Ney Lizandro Tabalipa pelo apoio na construção da maquete da ETE.

A Capes pelo fornecimento da bolsa.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.
Cora Coralina, 1983.

RESUMO

ABREU, Potira Soares. **Implantação de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes na comunidade rural da Seção Jacaré do município de Francisco Beltrão**. 2013. 87f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento regional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

Palavras-chaves: Saneamento básico, Educação ambiental, Tecnologia alternativa, Zona de raízes.

O presente trabalho consiste na implantação de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes na Escola Municipal Epiácio Pessoa localizada na Comunidade rural da Seção Jacaré em Francisco Beltrão, Paraná. No município, apenas a população urbana possui rede de coleta e tratamento de esgoto, e neste aspecto, sabendo que a infraestrutura de saneamento básico é inexistente nesta comunidade, buscou-se desenvolver um trabalho de educação ambiental junto aos alunos e professores da escola, sobre assuntos relacionados à poluição dos recursos hídricos, saneamento ambiental e doenças transmitidas pela água. A sensibilização realizada e a troca de informações entre os envolvidos promoveram grande aceitação por parte da comunidade local, tornando possível a transferência desta tecnologia alternativa para o tratamento de esgoto. A parceria realizada com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, foi fundamental para o repasse de recursos financeiros pelo FUNDEMA (Fundo Municipal de meio Ambiente) para o desenvolvimento do projeto. A ETE por zona de raízes foi projetada para atender 160 pessoas e teve um custo de R\$ 3.833,53, o que representa uma média de R\$ 24,00 por pessoa. Por se tratar de um método simples que não necessita de mão de obra especializada, ser de baixo custo, e por ser descentralizada a construção da ETE por zona de Raízes, serviu como um instrumento de mobilização social, que promoveu a participação e a inserção da comunidade na busca de soluções aos problemas locais. Além disso, a ETE pôde servir como apoio na educação ambiental, sendo esta utilizada para esclarecer a importância da preservação da qualidade das águas, permitindo assim, a inserção do conceito de desenvolvimento sustentável na pequena comunidade da Seção Jacaré. As dificuldades encontradas na execução do projeto serviram como aprendizado e como comprovação de que a implantação de uma ETE por zona de raízes é possível, apesar das piores condições de solo, terreno, e tempo. O uso dessa tecnologia alternativa mostrou-se ser uma solução eficaz no tratamento de esgotos de comunidades rurais que sofrem com as consequências da falta deste serviço.

ABSTRACT

ABREU, Potira Soares. **Implantação de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes na comunidade rural da Seção Jacaré do município de Francisco Beltrão**. 2013. 87f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento regional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

Keywords: Sanitation, Environmental education, Alternative technology, Root zone.

This work presents the implementation of a Sewage Treatment Station by roots zone in the school Eptacio Pessoa, located in Rural Community at Jacaré Seccion for the municipality Francisco Beltrao in the state of Parana. In this municipaly, only the urban population has sewage collection and treatment of sewage and knowing that the infrastructure is nonexistent sanitation in this community, developed a work of the environmental education with students and teachers at the school with subjects related to water pollution, environmental sanitation and diseases transmitted by water. The sensivity and exchange of information between those involved promoted a large acceptance by the local community, being possible to transfer this alternative technology to the sewage treatment. The partnership made with Environment Municipal Secretariat was substantial in the transfer of funds by FUNDEMA (Municipal Fund for the Environment) for project development. The STS (Sewage Treatment Station) by root zone was projected to serve 160 people and had a cost of R\$ 3.833,53, which represents an average of R\$ 24,00 by person. By treating of the simple method that does require skilled labor, be low cost and construction of the STS by roots zone to be decentralized, served as an instrument of social mobilization that promoted the participation and inclusion of the community in finding solutions to local problems. The SWT could serve as support environmental education which is used to clarify the importance of preserving water quality, allowing the inclusion of the concept of sustainable development in the small community of Jacaré Seccion. The difficulties that was arrived in implementing the project served as a learning and as evidence that the deployment of the STS by roots zone is possible, although worst soil conditions, terrain, and weather. The use of this alternative technology proved to be an effective solution in sewage treatment in rural communities who suffer the consequences of the lack of this service.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Desenho esquemático do sistema com raízes.....	37
Figura 02 - Sistema de escoamento superficial com macrófitas emergentes.....	38
Figura 03 - Sistema de escoamento superficial com macrófitas flutuantes.....	39
Figura 04 - Sistema de escoamento superficial com macrófitas submersas.....	39
Figura 05 - Sistema de escoamento sub-superficial levando em conta o fluxo.....	40
Figura 06 - Fenômenos ocorridos no tanque séptico.....	44
Figura 07 - Mapa de localização do município de Francisco Beltrão.....	54
Figura 08 - Palestras de educação ambiental na Escola Municipal Eptácio Pessoa.....	55
Figura 09 - Maquete da ETE por zona de raízes construída pelos alunos.....	57
Figura 10 - Medições e levantamento topográfico do terreno.....	58
Figura 11 - Modelo do tanque de raízes.....	61
Figura 12 - Escavações no terreno.....	65
Figura 13 - Preparação da tubulação de 100 mm para distribuição do esgoto.....	66
Figura 14 - Preparação da tubulação de 75 mm que irá coletar o efluente tratado e enviá-lo para fora da ETE.....	67
Figura 15 - Fossa séptica.....	68
Figura 16 - Colocação da lona.....	69
Figura 17 - Preenchimento do filtro.....	70
Figura 18 - Plantio de mudas.....	71
Figura 19 - ETE por zona de raízes na Escola Municipal Eptácio Pessoa concluída.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Papel das macrófitas em <i>wetlands</i>	46
------------------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Valores de condutividade hidráulica para diferentes materiais filtrantes empregados no tratamento de águas residuárias.....	48
Tabela 02 - Dados para cálculo da fossa séptica.....	61
Tabela 03 - Profundidade útil mínima e máxima por faixa de volume útil.....	62
Tabela 04 - Dados para cálculo de dimensionamento do tanque de raízes.....	63
Tabela 05 - Materiais e custos.....	74

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASSESSOAR - Associação de Estudos, Orientação e Assistência Rural

ACEFB – Associação Comercial e Empresarial de Francisco Beltrão

AT – Área de demanda (m²)

C - Contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia

cm - Centímetros

cm²- Centímetros quadrados

CMDR - Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e extensão Rural

EMEP - Escola Municipal Epitácio Pessoa

ETE - Estação de tratamento de esgoto

FUNDEMA – Fundo Municipal de Meio Ambiente

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social

K - Taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco

L - Litros

Lf - Contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia

L.h⁻¹ - Litros por Hora

mg - Miligrama

m² - Metro quadrado

m³ - Metro cúbico

N - Número de pessoas

NBR - Norma Brasileira

N-NH₃ – Amônia

N-NO₃⁻ - Nitrato

N-NO₂⁻ - Nitrito

N₂O - Óxido Nitroso

N₂ – Nitrogênio Gasoso

NTK - Nitrogênio Total Kjeldahl

OD – Oxigênio Dissolvido

O₂ - Oxigênio Gasoso

OMS - Organização Mundial de Saúde

pH – Potencial Hidrogeniônico

PO₄³⁻ Ortofosfato

Pop. – População atendida

Q - Vazão m³/ dia

SEMA - Secretaria de Meio Ambiente

T – Período de detenção em dias

TC – Tecnologia Convencional

TS – Tecnologia Social

TDH – Tempo de detenção Hidráulica (dias)

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

V – Volume útil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	18
2.1	Degradação dos recursos naturais.....	18
2.2	O Recurso natural água.....	21
2.3	Saneamento básico.....	24
2.4	Sustentabilidade.....	27
2.5	Educação ambiental e cidadania.....	31
2.6	Ciência e tecnologia para o desenvolvimento.....	33
2.7	Tecnologia do tratamento de esgoto por zona de raízes.....	36
2.7.1	Classificação dos <i>wetlands</i> construídos.....	38
2.7.2	Característica de uma ETE por zona de raízes.....	41
2.7.3	Fossa séptica.....	43
2.7.4	Macrófitas.....	44
2.7.5	Material filtrante.....	47
2.7.6	Fauna.....	48
2.7.7	Saneamento descentralizado.....	50
3	OBJETIVOS.....	52
3.1	Objetivo geral.....	52
3.2	Objetivos específicos.....	52
4	METODOLOGIA.....	53
4.1	Escolha da localidade e da propriedade.....	53
4.2	Localização	54
4.3	Educação ambiental e sensibilização.....	55
4.4	Parcerias e recursos para o projeto.....	58
4.5	Aspectos construtivos e dimensionamento do sistema.....	59
4.5.1	Dimensionamento fossa séptica.....	60
4.5.2	Dimensionamento tanque de raízes.....	62
4.6	Construção da Estação de tratamento de esgoto por zona de raízes na escola.....	63
4.6.1	Passo a passo da construção.....	65
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
6	CONCLUSÃO.....	75
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
	APÊNDICES.....	82
	ANEXO.....	86

1 INTRODUÇÃO

A saúde e o bem estar da sociedade humana são influenciados por perturbações naturais, e pelas atividades humanas, sendo estas as principais responsáveis, pelas grandes mudanças ocorridas no planeta. Atualmente, tais atividades são responsáveis por uma crise ambiental mundial expressada pela esgotabilidade dos recursos naturais que ao expandir-se globalmente tornou-se responsável por várias formas de degradação sócio-ambiental.

A utilização desenfreada e acelerada dos recursos naturais ficou muito bem registrada no século passado, pois o progresso científico, o desenvolvimento tecnológico das atividades produtivas, a expansão da economia, aliados ao crescimento populacional acarretaram numa expressiva deterioração do equilíbrio ecológico, com prejuízos para o meio ambiente e para a qualidade de vida.

A insensibilidade e o descaso com que o homem vem tratando o meio ambiente hoje estão refletindo uma grave situação acerca dos recursos naturais que vem sendo utilizados de forma intensa. Hoje a grande maioria da população está concentrada em centros urbanos e por esse motivo, acreditam que se tornaram independentes da natureza, mas os recursos naturais como os alimentos, a água, e o ar, se tornam fundamentais para sua sobrevivência.

Dentre os recursos naturais dispostos na natureza um que de fato tem se tornado o centro de discussões nesse início de século, é a água. Essencial para a manutenção da biodiversidade é um dos principais elementos presentes na natureza e responsável pelo equilíbrio natural dos ecossistemas, tornando-se um recurso estratégico para a humanidade. Além de manter a vida no planeta, este recurso é fundamental na produção de alimentos, na agricultura, nas indústrias, na geração de energia, transporte e etc.

Em função de seu uso indiscriminado, várias partes da Terra não dispõem deste recurso, seja pela sua escassez ou pela sua falta de qualidade. Segundo Reis et al (2005), “a água tem sido explorada até pouco tempo sem critério algum, e, em muitos casos, de forma inadequada como motor de desenvolvimento em muitos países, seja na agricultura, na geração de energia, na indústria e entre outros setores.”

Nas cidades, os problemas de abastecimento estão diretamente relacionados ao crescimento urbano, ao desperdício e a urbanização não planejada. Na zona rural, os recursos hídricos também são explorados de forma irregular, além de parte da vegetação em torno dos rios ser destruída para a realização de atividades como agricultura e pecuária, existem os agrotóxicos e dejetos, que também acabam por poluir a água, impactando diretamente na sua qualidade. Atualmente, grandes centros urbanos, industriais e áreas de desenvolvimento

agrícola com grande uso de adubos químicos e agrotóxicos já enfrentam a falta de água de qualidade, o que pode gerar graves problemas de saúde pública.

A disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos também vêm sendo afetada pela contínua degradação ambiental, e conseqüentemente afetando a saúde pública. Para Moraes e Jordão (2002),

“Sua dimensão pode ser estimada quando se examinam, por exemplo, a precariedade do sistema de água e de esgotos sanitários e industriais; o uso abusivo de defensivos agrícolas; a inadequação das soluções utilizadas para o destino do lixo; a ausência ou insuficiência de medidas de proteção contra enchentes, erosão e desproteção dos mananciais; e os níveis de poluição e contaminação hídrica, atmosférica, do solo, do subsolo e alimentar.”

No Brasil, um dos maiores responsáveis pela poluição das águas é o lançamento indiscriminado de esgoto sanitário, onde grande parte dos municípios não é atendida com serviços de coleta e tratamento. As conseqüências ocasionadas pelo lançamento de efluentes domésticos com concentrações elevadas de poluentes alteram a qualidade da água, restringindo seu uso para fins nobres como o abastecimento humano e causando graves danos a saúde pública.

Conforme, LEMES, et al (2008)

“quase 100 milhões de habitantes não dispõem desses serviços; o problema é ainda mais grave nas comunidades rurais e de baixa renda. O Estado do Paraná não está muito diferente da situação atual brasileira, onde 3,6% dos domicílios são atendidos pelos serviços de abastecimento de água potável, mas apenas 37,6% são atendidos por rede coletora de esgoto e o percentual é ainda mais reduzido quando se trata de tratamento adequado do esgoto coletado”.

Tais informações comprovam que em comunidades rurais e agrícolas a falta de investimentos e de políticas públicas neste sentido, só faz agravar o problema, trazendo sérias conseqüências à saúde humana e ao meio ambiente. Isso ressalta a importância e a urgência do desenvolvimento de tecnologias para solucionar este problema.

Uma alternativa que vem sendo muito utilizada para o tratamento de esgotos domésticos e que tem apresentado grande eficiência é o tratamento com plantas conhecido como filtro plantado com macrófitas ou simplesmente zona de raízes, e conforme descreve Olijnyk et al (2007),

“este sistema apresenta as vantagens de baixo custo de implantação e operação e simplicidade operacional. Também são sistemas ditos naturais, ou seja, se baseiam na capacidade de ciclagem dos elementos contidos nos esgotos em ecossistemas naturais, sem o fornecimento de qualquer fonte de energia induzida para acelerar os processos bioquímicos, os quais ocorrem de forma espontânea”.

Essa tecnologia alternativa de tratamento de esgoto tem sido aplicada em diversas regiões do Brasil e no exterior a qual, visa preservar a qualidade da água, tendo como princípio o baixo custo de energia, sendo ideal para comunidades rurais.

Nestes sistemas de tratamento, o esgoto entra em contato com as raízes de plantas, nas quais “fixam-se as bactérias que recebem oxigênio e nitrogênio e que são conduzidos por meio do arênquima do caule até as raízes, em troca, as bactérias decompõem a matéria orgânica, transformando em nutrientes que são repassados às plantas” (KAICK, 2002).

O objetivo principal do presente trabalho foi construir uma ETE por zona de raízes na Escola Municipal Epitácio Pessoa, localizada na comunidade rural da Seção Jacaré, no município de Francisco Beltrão, promovendo a mobilização desta comunidade e a disseminação de uma tecnologia alternativa no tratamento de esgoto.

Nesse aspecto, desenvolveu-se um trabalho de educação ambiental na Escola Municipal Epitácio Pessoa (EMEP), com a participação de alunos, professores e comunidade local, onde os temas abordados esclareciam assuntos que abordam temáticas como: poluição dos recursos hídricos, doenças veiculadas na água e a tecnologia empregada no tratamento por zona de raízes.

A implantação da ETE por zona de raízes na Escola teve uma utilização social de grande impacto em relação à saúde e a preservação ambiental, pois na prática pode-se perceber a simplicidade e também a eficiência do sistema, o que despertou o interesse dos moradores da comunidade em replicar esse projeto em suas propriedades.

O desenvolvimento deste projeto teve apoio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município e foi financiado com recursos do FUNDEMA (Fundo Municipal de Meio Ambiente), e a ETE foi projetada para tratar o efluente de 160 pessoas, tendo um custo de R\$ 3.833,53, o que represente cerca de R\$ 24,00 por pessoa.

O presente trabalho será está dividido da seguinte maneira: Na primeira parte, apresentado o referencial teórico que aborda diversos assuntos como recursos naturais, a água, a problemática que envolve o saneamento básico, a questão da sustentabilidade, a educação ambiental, o uso da ciência e da tecnologia para o desenvolvimento e ainda, o histórico, tipos, características, funcionamento e operação da tecnologia de tratamento de esgoto por zona de raízes.

A segunda parte abrange os objetivos de desenvolvimento deste projeto, e a terceira parte descreve a metodologia utilizada para a implantação da ETE por zona de raízes na EMEP, desde a escolha da localidade no município de Francisco Beltrão, passando pelo

trabalho de educação ambiental e ainda, cada etapa de construção do sistema. Na última parte deste trabalho, são apresentados os resultados e as conclusões obtidas com o projeto.

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1 Degradação dos recursos naturais

Recursos naturais são os elementos da natureza como a água, o sol, oxigênio, energia, florestas, animais, petróleo entre outros, e com utilidade ao homem. Esses recursos disponíveis na natureza e que estão à disposição do homem, servem como elementos capazes de propiciar o desenvolvimento da civilização, a sobrevivência e conforto da sociedade em geral. Ou, como menciona Carvalho e Oliveira (2003), “ao longo de toda sua história, o homem vem transformando a natureza para fins de moradia, alimentação, vestuário, etc. Todo o progresso humano baseia-se no uso de diferentes recursos naturais – tanto da água, do solo, dos gases da atmosfera quanto dos minerais e minérios existentes no subsolo”. Por isso, o homem precisa trabalhar para transformar os recursos naturais em bens capazes de satisfazer alguma necessidade humana.

Historicamente, o homem mantém uma estreita relação com os recursos que a natureza disponibiliza, extraindo dela meios para sua sobrevivência. Com o passar do tempo essa relação foi se transformando. Basicamente o século XVIII foi testemunho da radicalização da sociedade burguesa e de seu domínio sobre o meio ambiente, que se tornaram reais através dos progressos técnicos e científicos que culminaram na Revolução Industrial, que trouxe o triunfo das indústrias, mas também uma imensa degradação ambiental (LOUREIRO, 2002).

Foi a partir dessa época que se estabeleceu a ideia do poder do homem sobre a natureza, ou como descreve Oliveira (2009), “a natureza torna-se uma grande máquina, uma engrenagem de movimentos precisos e perfeitos que o homem pode controlar, transformar em artefatos técnicos e explorar para fins econômicos”.

Este modelo típico da modernidade traduz uma total separação das relações entre o homem e a natureza, pois na urgência de responder todas as necessidades humanas, concentra-se um modelo de desenvolvimento que toma para si o controle de bens naturais que não lhe pertencem, deteriorando tudo aquilo que pudesse ter valor nas relações econômicas e sociais.

Para Leff (2009), o desenvolvimento científico moderno promoveu uma tecnologização da vida e uma economização da natureza, substituindo valores da natureza por valores subjetivos individuais e pessoais, transformando bens de uso em bens de negócio e de livre mercado, produzindo-se uma "crise de civilização, marcada pelo modelo de modernidade regido pelo predomínio de desenvolvimento da razão tecnológica sobre a organização da natureza".

Conforme Leff (2009),

“A visão mecanicista da razão cartesiana converteu-se no princípio constitutivo de uma teoria econômica que predominou sobre os paradigmas organicistas dos processos de vida, legitimando uma falsa idéia de progresso da civilização moderna. Desta forma, a racionalidade econômica banuiu a natureza da esfera da produção, gerando processos de destruição ecológica e degradação ambiental”.

O uso incontrolável e predatório dos recursos naturais por parte dos seres humanos, fez com que a presença humana fosse sentida em todas as partes, apresentando como resultado uma expressiva deterioração do equilíbrio ecológico, com prejuízos para a sua qualidade de vida. Segundo Duarte (2003), “o Homem tornou-se capaz de alterar a composição da atmosfera, de mudar o curso dos rios, de interferir na composição dos solos, de desmatar florestas, de extinguir espécies, de criar novos seres em laboratório, enfim, de interferir no ambiente natural conforme seus interesses e necessidades” deixando mais claro quando cita-se Leff (2009),

“a super exploração dos ecossistemas, que os processos produtivos mantinham sob silêncio, desencadeou uma força destrutiva que em seus efeitos sinérgicos e acumulativos geram as mudanças globais que ameaçam a estabilidade e sustentabilidade do planeta: a destruição da biodiversidade, a rarefação da camada de ozônio, o aquecimento global. O impacto dessas mudanças ambientais na ordem ecológica e social do mundo ameaça a economia como um câncer generalizado e incontrolável, mais grave ainda que as crises cíclicas do capital”.

Toda e qualquer tipo de atividade provoca alterações no ambiente e isso, demonstra que os recursos existentes não são capazes de acompanhar o crescimento e o desenvolvimento das atividades produzidas pelo homem, começando a preocupar aqueles que, de alguma forma, foram afetados por sua diminuição ou falta.

A partir das quatro últimas décadas, estamos vivendo a “crise ambiental”. Crise essa que está sendo combatida com a mudança de percepção quanto à necessidade de preservação do meio ambiente. Leff (2009) menciona que a percepção desta crise ecológica, possibilitou a formação de um novo conceito de ambiente, onde uma nova visão de desenvolvimento humano reintegra os valores e potenciais da natureza com os valores sociais e de diversos saberes, os quais foram perdidos pelo modelo racional e mecanicista de modernização.

A necessidade de preservar a natureza, mantendo os recursos naturais e a biodiversidade é algo que gera muitas discussões sobre os modelos, tanto de desenvolvimento quanto de preservação. Neste sentido, Lewinsohn e Prado (2008) elaboraram três desafios, onde o primeiro é conhecer a biodiversidade, o segundo é encontrar caminhos para preservá-la e o terceiro e mais complexo é criar um modelo ideal de desenvolvimento que possibilite a utilização sustentável dos componentes da biodiversidade. Neste sentido, existe um importante desafio que é promover o desenvolvimento humano da sociedade sem danificar a base biológica para a sobrevivência humana.

O debate sobre preservação ambiental e uso racional dos recursos naturais está constantemente presente na mídia e no ambiente acadêmico. Essa temática ganhou notoriedade a partir da Conferência de Estocolmo realizada em 1972 que disseminou a crítica ambientalista ao modo de vida contemporâneo visando a necessidade de se discutirem, bem como, desenvolverem estratégias para a sustentabilidade social, econômica e ecológica ou ainda como menciona Tozoni Reis (2008), “nessa conferência, a educação dos indivíduos para o uso mais equilibrado dos recursos naturais foi apontada como uma das estratégias para a solução dos problemas ambientais.”

No Brasil, destaca-se a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada em 1992 na cidade do Rio de Janeiro. Esse evento ficou mundialmente conhecido como Eco-92 ou Rio-92 e fez um balanço dos problemas existentes propondo ações através da elaboração de importantes documentos com destaque para a Agenda 21, que nada mais significa que os compromissos para o século 21, assumidos pelos países participantes, em relação ao meio ambiente e suas relações com o desenvolvimento. (LEFF, 2009).

Mediante isso, preocupados com a poluição industrial, a escassez de recursos energéticos, a decadência de suas cidades e outros problemas advindos de seus processos de desenvolvimento, muitos países apreensivos com a manutenção do bem estar da natureza e da sua população, começaram a estabelecer regras de relação do homem com a natureza. Loureiro (2002) concorda quando descreve:

“poderíamos dizer que vivemos hoje, numa outra escala e com outras especificidades, um momento onde as sensibilidades estéticas e políticas garantem à natureza e às questões ambientais um lugar de indubitável notoriedade. A difusão da questão ambiental seja nas lutas sociais, nas práticas pedagógicas ou ainda em ações de organismos governamentais e internacionais, não deixa dúvidas sobre a visibilidade desta problemática na esfera pública”.

Por isso, garantimos que o surgimento de novas perspectivas de desenvolvimento e crescimento econômico, aliadas com a preservação do meio ambiente resultou num crescente

envolvimento do governo com a implantação de novos programas, projetos e políticas ambientais, voltadas para a preservação do meio ambiente. Aliado a isso, estabelece-se uma ponte com o aspecto social, econômico e cultural da sociedade envolvida nessa mudança. Temas totalmente distintos, mas que estão intimamente ligados em prol da construção de uma sociedade menos propensa a destruição.

2.2 O Recurso Natural Água

Entre os mais importantes e essenciais recursos que a natureza nos disponibiliza está a água, “seja como um componente dos seres vivos ou como meio de vida para espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais, seja como fator de produção de bens de consumo e produtos agrícolas” (PHILIPPI e PELICIONI, 2005).

A água é o elemento fundamental da vida e a importância desse recurso natural foi expressa de maneira clara, através da Carta Européia da água. Cita-se a seguir um trecho dessa carta, criada pelo Conselho da Europa (1965), onde de forma objetiva podemos entender a indispensável força que esse recurso representa no ecossistema e na manutenção da vida.

“Não há vida sem água. A água é um bem precioso, indispensável a todas as atividades humanas. A água cai da atmosfera sobre a terra, aonde chega principalmente sob a forma de chuva ou neve. Os córregos, rios, lagos, galerias, constituem a grande estrada através das quais a água atinge os oceanos. Durante sua viagem ela é contida pelo solo, pela vegetação, pelos animais. A água retorna a atmosfera, principalmente por evaporação e transpiração vegetal. Ela é para os homens e para os animais e para as plantas um elemento de primeira necessidade. Realmente a água constitui os dois terços do peso do homem e ate os nove décimos do peso dos vegetais”

O trecho da carta descreve o ciclo hidrológico da água, que é a substância mais abundante na biosfera. A troca e a permuta que essa substância realiza são fundamentais para manter o equilíbrio necessário de muitos ecossistemas, pois a cada ciclo completo ela se renova. Através das chuvas, a água é capaz de formar rios, córregos e lagos, a infiltração no solo disponibiliza a água para a vegetação terrestre e recarrega os lençóis freáticos (DERÍSIO, 2007).

Todos esses processos ocorrem de forma natural há milhares de anos, garantindo a distribuição da água por todo o globo. Mas esse processo vem sendo alterado de forma muito rápida pela ação do homem, pois qualquer alteração ocorrida durante o ciclo realizado pela água é capaz de interferir em sua qualidade, ou como esclarece Derísio (2007),

“a presença, lançamento ou liberação nas águas, ar ou no solo de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, quantidade e concentração ou

características em desacordo com os padrões de qualidade ambiental estabelecidos por legislação, ocasionando assim interferência prejudicial aos usos preponderantes das águas, ar e solo”.

Hoje no planeta, a água doce disponível para o consumo é extremamente escassa, sendo que 97% da água é salgada e está em oceanos e mares, e 3% é doce. Da água doce utilizada pelo homem, 68,9% é formada pelas calotas polares, geleiras e neves que cobrem os cumes das montanhas. Do restante, 29,9% é constituído por águas subterrâneas de difícil acesso, 0,3% é encontrada em rios, lagos e na atmosfera e 0,9% em outros reservatórios (REIS, et al, 2005). Este fato torna a água um recurso natural muito vulnerável, ou como esclarece Demoliner (2008),

“a constante e intensa poluição dos corpos hídricos vai acabar inviabilizando-os como ponto de captação, causando sérios problemas para a presente e futura gerações, da mesma forma que a exploração agressiva e irracional poderá levar à morte os rios, os lagos e reservas subterrâneas”.

Além da pouca quantidade de água doce disponível passível de ser utilizada pelo ser humano e aproveitada para fins econômicos, outro fator a ser considerado é a má distribuição deste recurso no ambiente. Enquanto algumas regiões são privilegiadas, outras sofrem com sua falta ou escassez, sendo motivo de preocupação e de diversos conflitos no mundo.

Entre os países, o Brasil é privilegiado, pois detém 12% da água disponível no planeta, ocupando a 25ª posição, porém a distribuição de águas entre as regiões do país não é ideal. Como exemplo disto, citamos a região nordeste que é formada por áreas secas e com baixa umidade de solo, diferente da região norte que é considerada a maior região hidrográfica do Brasil (CARVALHO et al, 2003).

Por isso, a idéia de abundância gerou a formação de uma cultura de uso abusivo dos rios e lagos e a sua distribuição desigual gera problemas no abastecimento e no acesso à água potável, favorecendo um grande desequilíbrio entre a disponibilidade e a demanda de água nas regiões brasileiras.

O uso da água tem sido normatizado a fim de que a sua disponibilidade para diversos usos seja alcançada. A principal norma brasileira é a Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Em seu artigo 1º, considera a água como:

“um bem de domínio público; um recurso natural limitado e dotado de valor econômico; em caso de escassez, os usos prioritários dos recursos hídricos são consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e para a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades”.

Para Demoliner (2005), essa lei foi instituída com o “objetivo de garantir o desenvolvimento humano, econômico e social consciente e sustentável, rompendo definitivamente com o modelo anterior de crescimento desordenado, irracionalmente estimulado a qualquer custo”.

Em função de sua qualidade e quantidade a água propicia diversos usos que são indispensáveis a inúmeras atividades humanas, onde se destacam, entre outros: o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica, as atividades de lazer, recreação e pesca (MORAES E JORDÃO, 2002).

A água tem, portanto, importância ecológica, econômica e social. Todas as civilizações, desde a mais antiga até a atual, dependem e dependerão da água para sua sobrevivência econômica e biológica, e para o desenvolvimento econômico e cultural.

Carvalho, et al (2003), comentam que “a partir da década de 1950, o homem tem interferido nos ecossistemas de maneira drástica, sendo a água um dos recursos naturais que mais tem sofrido os impactos da ação do homem”. Portanto, podemos perceber que apesar da extrema necessidade e dependência da água para sobrevivência e para o desenvolvimento econômico e social, as sociedades humanas, com o passar dos tempos vem poluindo, degradando e acabando com este recurso. Ou como menciona Demoliner (2005),

“...toda a forma de uso da água pode ser (e de fato, ainda é) altamente danosa aos corpos hídricos, visto que até o momento é realizada de forma não razoável. Parece-nos que falta ao homem a consciência de que na natureza tudo está interligado, de sorte que a degradação de um bem ambiental irá refletir automaticamente na qualidade/produção de outro recurso, se levada ao extremo, inviabilizará a vida na terra”.

Além do grande debate que cerca a quantidade de água disponível, atualmente, a discussão envolve a qualidade para o consumo humano, pois para cada tipo de necessidade a água deve possuir um nível de qualidade. Toda e qualquer alteração na qualidade desse recurso, corre o risco de tornar-se nociva para o homem e para os outros seres vivos, o que envolve também um debate ainda mais importante acerca da saúde pública.

Conforme menciona Demoliner (2005), em estudos desenvolvidos pela Organização mundial de saúde (OMS), para cada dólar investido em saneamento, economiza-se cinco dólares em saúde. Os diversos tipos de atividades antropogênicas, a deposição de resíduos sólidos e líquidos em rios e lagos, a ocupação desordenada do solo, o desmatamento, e a diversificação de usos múltiplos da água têm produzido crises de abastecimento e redução na qualidade das águas. Nesse sentido, a poluição das águas esta intimamente ligada a saúde

pública, pois a manutenção do meio ambiente é uma das condições necessárias para a qualidade de vida.

2.3 Saneamento básico

Buscando um significado para a palavra saneamento em qualquer dicionário, a primeira palavra que surge é sanear, verbo que significa “são”, “habitável”. Mas na prática, saneamento básico é um conjunto de procedimentos adotados que visa uma situação de higiene saudável para os habitantes de uma região. Tais procedimentos referem-se à captação, tratamento e distribuição de água potável, coleta e tratamento de esgotos, limpeza urbana, coleta de resíduos e ainda drenagem de águas pluviais. O conjunto dessas atividades é realizado com o intuito de garantir a população melhores condições de saúde, evitar a proliferação de vetores e doenças e ainda preservar o meio ambiente (FREITAS et al., 2011).

A Lei federal 11.445 de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico considera em seu artigo 3º:

“I - saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas”.

O saneamento básico é um dos componentes mais importantes da infraestrutura e apresenta forte interação com o meio ambiente, ou ainda como menciona Carvalho, et al (2003),

“Uma coleta de esgotos eficiente complementada por tratamento adequado é fundamental para a sustentabilidade, sendo um dos grandes problemas das grandes cidades, onde o constante e significativo aumento da população e o conseqüente aumento de efluentes impõem desafios especiais, por outro lado, a coleta somente, sem o posterior tratamento, pode causar a contaminação dos lençóis freáticos e a poluição dos rios – acabando com importante reservatório de água para abastecimento, além de opções de lazer, pesca e irrigação associados – e também pode contribuir para o aumento das enchentes, contrapondo-se a investimentos de outros benefícios em saúde”.

A falta de saneamento básico atualmente implica num dos mais agravantes problemas à saúde pública e à poluição das águas. Por conta disso, as águas do planeta estão cada vez mais poluídas e é cada vez maior o número de pessoas, na grande maioria crianças que morrem por doenças transmitidas pela água contaminada. Ou ainda como relata Lemes et al. (2008),

“A qualidade e o acesso aos serviços de saneamento estão diretamente relacionados à saúde pública. Água encanada e tratada é considerada um grande benefício para as comunidades, mas se esse serviço não vier acompanhado de um sistema de tratamento de esgoto adequado poderá, em certos casos, não acabar com os problemas de saúde relacionados à veiculação hídrica, tal como verminoses, hepatite e diarreia”.

A falta de rede coletora de esgoto afeta boa parte dos municípios brasileiros, e segundo o IBGE (Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008), o Brasil possui 3.069 municípios com coleta de esgoto, mas apenas 1.587 municípios tratam o seu esgoto. Por outro lado, mais de quatro milhões de propriedades rurais brasileiras utilizam sistemas de esgotamento sanitário baseados em buracos rudimentares cavados no solo, promovendo a contaminação de poços e lençóis freáticos contribuindo para a proliferação de doenças como diarreia, cólera e hepatite.

Em 2010 o IBGE divulgou os Indicadores do Desenvolvimento Sustentável colocando à disposição da sociedade um conjunto de informações sobre a realidade brasileira, em suas dimensões ambiental, social, econômica e institucional, cujo objetivo era disponibilizar um sistema de informações para o acompanhamento da sustentabilidade do padrão do desenvolvimento do país. Dentre os indicadores avaliados, está o de Saneamento, o qual foi analisado os serviços de abastecimento de água e acesso ao esgotamento sanitário.

Trata-se de um indicador muito importante, tanto para a caracterização básica da qualidade de vida da população residente em um território quanto para o acompanhamento das políticas públicas de saneamento básico e ambiental, avaliando o percentual, entre a população com acesso a esgotamento sanitário e o total da população, subdividida nos segmentos urbano e rural. As informações ainda descrevem os diversos tipos de esgotamento sanitário (rede coletora, fossa séptica, fossa rudimentar, vala, direto para rio ou lago). Tais indicadores que vem sendo avaliados desde 1992 demonstram que no último ano da série, mais de 80% dos moradores em áreas urbanas eram providos de rede geral de esgotamento sanitário ou de fossa séptica. Enquanto o percentual de domicílios atendidos por rede coletora tem aumentado continuamente, o percentual dos atendidos por fossa séptica tem se mantido estável, com tendência de queda. Conforme este indicador de saneamento, na zona rural, a predominância entre os dois tipos de esgotamento sanitários considerados adequados é da

fossa séptica, que tem crescido ao longo do tempo. A rede coletora tem apresentado valores baixos e oscilantes. Há, ainda, a ausência de instalações sanitárias nos domicílios de mais de 1/5 dos habitantes da zona rural. Tanto para áreas urbanas quanto rurais, a situação dos estados do Sul e Sudeste é melhor que a daqueles do Centro-Oeste, Norte e Nordeste do País (IBGE, 2010).

Na área rural os problemas relativos ao saneamento podem ser ainda maiores, pois além da dificuldade existente na ligação com a rede coletora de esgoto, algumas atividades realizadas podem agravar a poluição. Para exemplificar, cita-se a atividade da suinocultura, a utilização de fertilizantes, agrotóxicos, a uso abusivo de água na irrigação. Isto demonstra claramente que os impactos decorrentes de uma estrutura de saneamento inadequada no meio rural podem ser superiores àqueles produzidos nos grandes centros urbanos.

No Estado do Paraná, a situação não é diferente, dados do IPARDES (2012), indicam que 85% dos domicílios são atendidos pelo serviço de abastecimento de água e apenas 52% são atendidos por rede coletora de esgoto.

No município de Francisco Beltrão, segundo o IPARDES (2012), existem 27.909 domicílios, dos quais 25.872, ou seja, 92% são atendidos pelo serviço de abastecimento de água, e apenas 16.213 atendidos pela rede coletora de esgoto o que corresponde a 58% do total. Um detalhe importante no que se refere à rede coleta de esgoto é que esse serviço é prestado apenas aos domicílios localizados na região urbana do município.

A partir destes dados pode-se afirmar que a zona rural do município é totalmente descoberta pelo serviço de coleta e tratamento de esgoto. A comunidade rural da Seção Jacaré está localizada a 10 km do centro urbano de Francisco Beltrão e nessa localidade, o abastecimento da água é feito por poços artesianos e o serviço de coleta e tratamento de esgoto é inexistente.

Dados coletados no escritório do IBGE do município de Francisco Beltrão, mostram que segundo o último censo (2010) realizado, a população da comunidade da Seção Jacaré totaliza 1.348 pessoas, dividida em 434 domicílios, onde todos praticamente possuem apenas fossa rudimentar, ou seja, os efluentes domésticos e as instalações sanitárias são ligados diretamente a um buraco ou poço. Esses tipos de instalações também conhecidos como fossa negra, promovem contaminação dos solos e lençóis freáticos desta comunidade.

Nesse sentido, percebe-se a falta de investimentos de infraestrutura em saneamento básico em comunidades rurais, fato esse que tem propiciado a evolução de estudos e pesquisas de métodos alternativos aos convencionais para o tratamento de esgotos em regiões que não são atendidas por esse serviço. Nesse caso, se faz referência aos sistemas de tratamento de

esgoto por zona de raízes, pois tal sistema quando comparado com os sistemas convencionais, apresenta inúmeras vantagens, segundo Lemes et al (2008) “esses sistemas podem ser implementados no mesmo local onde o efluente é produzido, podendo ser operados por mão de obra não especializada, possuem baixo custo energético e são menos susceptíveis às variações nas taxas de aplicação de esgoto”.

Tal sistema utiliza um método simples e que pode ser empregado tanto em áreas urbanas quanto rurais, funcionando como tratamento eficiente de esgoto sanitário, sendo uma tecnologia alternativa com alto índice de replicabilidade sócio ambiental.

A busca de meios e soluções que priorizem o cumprimento dos itens fundamentais descritos na Lei 11.445 de 2007, não precisa necessariamente seguir tecnologias avançadas ou um grau de conhecimento muito elevado. O uso de técnicas e métodos simples também pode garantir o cumprimento destes direitos previstos da referida lei, cabendo apenas ao poder público e os cidadãos a obrigatoriedade da participação e envolvimento nas ações que minimizem ou solucionem tais problemas.

2.4 Sustentabilidade

Há mais de 40 anos o termo Sustentabilidade vem sendo empregado de muitas formas, invadindo o vocabulário popular, com completo esquecimento da maneira como foi censurado nas décadas passadas. Desde que o adjetivo “sustentável” surgiu, ele vem sendo rejeitado por muitos que suspeitam de sua real importância no processo de desenvolvimento atual (VEIGA, 2010).

Ao longo de muitas décadas, muitos foram os acontecimentos que marcaram a evolução do conceito de desenvolvimento sustentável. Podemos citar primeiramente, a formação do Clube de Roma em 1968, composta por cientistas e políticos entre outros, e que tinha como principal objetivo discutir questões relacionadas com os limites do crescimento econômico e a preservação dos recursos naturais (ARAÚJO et al, 2006).

Deste evento, resultou a publicação do relatório “Os limites do crescimento”, que conforme Araújo et al (2006), “defendia a necessidade de se conquistar um equilíbrio global baseado em limites ao crescimento da população, no desenvolvimento econômico dos países menos desenvolvidos e em uma atenção aos problemas ambientais”.

Pode-se dizer que este evento em Estocolmo, foi uma das primeiras tentativas mundiais de se tentar entender e organizar as relações do Homem com o meio ambiente, pois nesta época, já era possível perceber o surgimento de problemas futuros em detrimento da

poluição e destruição ocasionada pelo processo industrial. Portanto, a ideia de sustentabilidade ou de desenvolvimento sustentável começava a mostrar sua face, através das manifestações e discussões daquela década acerca deste tema e as quais apontavam também para a insustentabilidade do modelo de desenvolvimento baseado no ideal de consumo e crescimento econômico acelerado (JÚNIOR E SAMPAIO, 2010).

Inicialmente, este termo “não passava de um jargão técnico usado por algumas comunidades científicas para evocar a possibilidade de um ecossistema não perder sua resiliência, mesmo estando sujeito a agressão humana recorrente” (VEIGA, 2010).

Sem ter uma definição precisa até os dias atuais, o conceito de sustentabilidade foi realmente legitimado nos anos de 1980 na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento em 1992, no Rio de Janeiro (ECO-92). Outro acontecimento muito importante onde os problemas sociais e ambientais passaram a ser realmente relacionados com o desenvolvimento.

A ECO-92 mudou a maneira de como o mundo via o meio ambiente, pois a presença e a participação dos representantes da grande maioria das nações, que discutiam formas de conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental, passou a ser entendida e aceita. Daí surgiu documentos de grande importância para a discussão sobre sustentabilidade, como a Carta da Terra e a Agenda 21 entre outros, dando início a um grande processo de conscientização e educação ambiental e o mais importante foi o surgimento de uma responsabilidade assumida pelos países mais poluidores (LEFF, 2009).

Estas conferências foram de extrema importância para controlar o uso dos recursos naturais pelo homem, pois como resultado desses eventos, o surgimento de documentos, tratados, acordos e ainda a formação de organizações e comissões voltadas à preservação ambiental, promoveram a elaboração de diversos planos, metas e programas ambientais que seriam utilizados para nortear as atividades políticas, econômicas e sociais dos países, sejam eles desenvolvidos ou em desenvolvimento. Ou seja, a proposta de programas e projetos internacionais com foco na preservação dos recursos naturais representa uma mudança de comportamento com relação à ação humana sobre a natureza.

Leff (2009) descreve o seguinte:

“O princípio da sustentabilidade surge no contexto da globalização como marca de um limite e o sinal que reorienta o processo civilizatório da humanidade. A crise ambiental veio questionar a racionalidade e os paradigmas teóricos que impulsionaram e legitimaram o crescimento econômico, negando a natureza. A sustentabilidade ecológica aparece assim com um critério normativo para a reconstrução da ordem econômica como uma condição para a sobrevivência humana e um suporte para chegar a um desenvolvimento duradouro, questionando as próprias bases da produção”.

A partir de então, a humanidade deixou de ver a natureza como algo alheio e passou a entender que todos os recursos são peças integrantes no modo de vida e que grande parte destes recursos não são renováveis, pois quando extraídos da natureza deixam lacunas enormes e irreversíveis, cujas conseqüências são e serão sentidas pelas atuais e futuras gerações.

Tal conceito assumiu muitas formas e significados desde o seu surgimento. Alguns colocam em prática a palavra sustentável, reciclando o lixo, economizando energia e água, e até mesmo diminuindo seu próprio consumo. Para esta pequena parcela da população, que percebe a importância do uso racional dos recursos naturais disponíveis e que dissemina suas atitudes por mais simples que sejam a sustentabilidade está representada em suas ações. Acreditando que economizando hoje, teremos amanhã, estas pessoas demonstram ações com o intuito e a preocupação uma maneira de garantir as suas necessidades atuais e a qualidade de vida das futuras gerações.

Nas empresas, o termo sustentabilidade aparece como parte integrante dos negócios, onde a questão ambiental passou de um ponto negativo para positivo em empresas altamente poluidoras. A busca por produtos e serviços ambientalmente corretos ou sustentáveis apresentou um aumento importante, onde se acredita que a busca de soluções sustentáveis e ecológicas são cruciais para melhorar a imagem da empresa e para aumentar a competitividade. Dessa forma, a procura de empresas por selos e certificados ambientais também aumentou e a preocupação com a sustentabilidade e com atitudes mais conscientes, nesse caso, surge através de métodos e critérios que diminuam o impacto ambiental originado das atividades industriais (ARAÚJO et al, 2006).

A adoção de métodos, técnicas, equipamentos, procedimentos e atitudes que controlem a poluição ou diminua o impacto de atividades poluidoras, com certeza é fundamental para diminuir os danos causados aos recursos naturais, porém não resolverão a questão ambiental do planeta. De certa forma a sustentabilidade não se restringe apenas a isso, ou seja, vai além de pequenas atitudes e ações que são incluídas em nossas atividades de rotina ou na minimização dos impactos produzidos pelas empresas.

Leff (2009), diz o seguinte:

“A questão ambiental não se esgota na necessidade de dar bases ecológicas aos processos produtivos, de inovar tecnologias para reciclar os rejeitos contaminantes, de incorporar normas ecológicas aos agentes econômicos, ou de valorizar o patrimônio dos recursos naturais e culturais para passar um desenvolvimento sustentável. Não só responde à necessidade de preservar a diversidade biológica para manter o equilíbrio biológico do planeta, mas de valorizar a diversidade étnica e

cultural da espécie humana e fomentar diferentes formas de manejo produtivo da biodiversidade em harmonia com a natureza”.

A sustentabilidade envolve questões e problemas maiores como moradia, saúde, educação, justiça, cultura, emprego e renda. A questão ambiental, social, econômica e cultural, precisa ser inserida como um todo no caminho em busca da sustentabilidade.

A verdade é que hoje, muitas vezes certos conceitos são tantas vezes repetidos e usados deliberadamente que perdem o seu real sentido. Pode-se contextualizando o desenvolvimento sustentável a partir de algumas dimensões que necessariamente precisam andar juntas para se alcançar a sustentabilidade, quais sejam: ambiental, social e econômico. O conceito de sustentabilidade definido no Relatório Brundtland, intitulado de Nosso Futuro Comum, publicado em 1987 diz:

“O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais”.

Por este caminho que anda o termo “desenvolvimento sustentável”, tão comum na boca de políticos, empresários, organizações ambientais e até mesmo da população em geral. De certa forma, o conceito definido acima nos mostra que o desenvolvimento somente será sustentável se necessariamente as dimensões sociais, ambientais e econômicas andarem juntas.

De acordo com Carvalho, et al (2003),

“o modelo de desenvolvimento sustentável deve ser capaz não só de contribuir para a superação dos atuais problemas, mas também de garantir a própria vida, por meio da proteção e manutenção dos sistemas naturais que a tornam possível. Esses objetivos implicam em profundas mudanças nos atuais sistemas de produção, organização da sociedade humana e de utilização de recursos naturais essenciais à vida no planeta”.

Acredita-se que ainda será necessário muito tempo para que a palavra sustentabilidade seja bem entendida. Não importando o sentido com que é empregada, sempre nos leva a pensar sobre o futuro. Dessa maneira, pressupõe que o desenvolvimento sustentável seja alcançado, mas para que isso realmente aconteça se faz necessário educar ambientalmente a todos. A utilização de projetos em pequena escala, ou a nível local, é uma opção muito empregada atualmente no que diz respeito à mudança da percepção ambiental com relação aos problemas ambientais. A mudança de comportamento e principalmente a consciência de preservação para garantir o futuro das novas gerações, surge através de pequenos projetos desenvolvidos em parcerias com órgãos públicos e privados, universidades

e comunidade local. A importância da educação ambiental para a promoção do desenvolvimento sustentável será abordada no item a seguir.

2.5 Educação Ambiental

Há algumas décadas o planeta começou a demonstrar os sintomas de sua vulnerabilidade perante as transformações promovidas pela ação degradante do homem e desde então, os mais variados níveis da sociedade tem demonstrado interesse e preocupação perante essas consequências. Essa preocupação fez “acender” a luz vermelha perante os nossos olhos, alertando-nos sobre os perigos trazidos pelas atitudes devastadoras do homem como meio ambiente.

Ciente dos danos e da necessidade de mudança perante esse comportamento devastador surge a necessidade de frear esse abismo aberto na relação do homem com a natureza, através de meios que disseminem o conhecimento sobre o ambiente, a fim de ajudar à sua preservação e utilização sustentável dos seus recursos. Segundo Tozoni-Reis (2008) a década de 60 pode ser considerada uma referência quanto à origem das preocupações com as perdas da qualidade ambiental.

Nesse sentido, o surgimento de uma reorientação sobre os valores da natureza são expressos através da educação ambiental, tema que vem completando muitas décadas de discussão. Segundo Pelicioni (1998), “a educação ambiental tem como objetivo, formar a consciência dos cidadãos e transformar-se em filosofia de vida de modo à levar a adoção de comportamentos ambientalmente adequados, investindo nos recursos e processos ecológicos do meio ambiente. A educação ambiental, deve necessariamente transformar-se em ação.”

A ação compete aos órgãos públicos, privados, organizações e população em geral, direcionando atitudes que viabilizem a participação, envolvimento e parceria de todos em busca de uma relação harmoniosa com a natureza e os seus recursos. Por isso, devem-se criar condições que permitam um nível de desenvolvimento que não comprometa os bens naturais, garantindo um futuro mais sustentável para a humanidade tão propensa a destruição.

Nesse sentido, a educação ambiental deve ser empregada no sentido de mudanças comportamentais que consigam atingir o objetivo de reverter a degradação ambiental e por isso, Jacobi (2003), descreve que “nesse sentido cabe destacar que a educação ambiental assume cada vez mais uma função transformadora, na qual a co-responsabilização dos indivíduos torna-se um objetivo essencial para promover um novo tipo de desenvolvimento, o desenvolvimento sustentável.”

Entre os mais variados sentidos que a educação ambiental assume, encontramos o sentido voltado para o exercício da cidadania, onde as mudanças de comportamento não sejam aquelas que compreendam apenas o conhecimento dos problemas ambientais, mas sim, àquela educação onde o indivíduo se insira em sua realidade e que através disso consiga participar ativamente de decisões que interfiram em sua qualidade de vida e do ambiente. Leff (2009), quando se refere à gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável, menciona que a participação “oferece novos princípios aos processos de democratização da sociedade que induzem à participação direta das comunidades na apropriação e transformação de seus recursos ambientais”.

Conforme Layrargues (2000),

“a educação ambiental, na medida em que inclui o ambiente humano em suas práticas, incorpora os processos decisórios participativos como um valor fundamental a ser considerado na proteção ambiental. E dessa forma, torna-se uma prática que não se reduz à esfera comportamental. Assim a educação ambiental abre-se para desenvolver a cidadania”.

A educação ambiental para a cidadania e a relação entre o meio ambiente e educação assumem um papel cada vez mais desafiador, onde se refere a uma nova forma de enxergar a relação do homem com a natureza, propondo uma adição de valores morais e éticos (JACOBI, 2003), sendo esse ponto o maior desafio na busca do desenvolvimento sustentável.

Para que a sustentabilidade de qualquer sistema seja eficaz não se exige apenas o emprego da melhor solução técnica, mas sim que se propicie a mudança do comportamento da comunidade em relação à responsabilidade ambiental e a compreensão da importância de manter o ambiente saudável.

Dessa maneira, acredita-se que a educação ambiental tenha que seguir no sentido do menor para o maior, onde a partir de projetos locais, que mobilizem e propiciem mudanças comportamentais na relação do homem com a natureza, os resultados sejam repercutidos e inseridas em outras comunidades sucessivamente. A valorização dos aspectos sociais de cada localidade propicia o envolvimento da população o que gera um espaço democrático e participativo voltado para a melhoria de uma coletividade, promovendo um desenvolvimento harmônico, saudável e sustentável. Nesse contexto, Jacobi (2003) descreve o seguinte:

“Entende-se que essa generalização de práticas ambientais só será possível se estiver inserida no contexto de valores sociais, mesmo que se refira a mudanças de hábitos cotidianos. A problemática socioambiental, ao questionar ideologias teóricas e práticas, propõe a participação democrática da sociedade na gestão dos seus recursos atuais e potenciais, assim como no processo de tomada de decisões para a escolha de novos estilos de vida e a construção de futuros possíveis, sob a ótica da sustentabilidade ecológica e a equidade social”.

As pessoas são a chave para o desenvolvimento sustentável, por isso a participação, a educação, o envolvimento e o fortalecimento das pessoas, são fundamentais para o sucesso de qualquer ação ambiental. Dessa forma, a educação ambiental além de focar a relação do homem com o ambiente, também devem estar ligadas à cultura, história, economia e padrões sociais do local onde é aplicada.

2. 6 Ciência e tecnologia para o desenvolvimento

O uso de tecnologias alternativas para a promoção do desenvolvimento local vem de encontro com a necessidade de unir a ciência e a tecnologia para o bem comum, e que a mesma seja utilizada para trazer benefícios as comunidade e ainda a inclusão social. Para tanto, considera-se que a tecnologia que está em uso hoje, de muitas maneiras justifica a sua participação na exclusão social (DAGNINO, 2004).

Um dos grandes desafios atualmente é conciliar o desenvolvimento tecnológico e a sua repercussão e influência na sociedade a fim de transformá-lo em conhecimentos e em benefícios para a humanidade.

Segundo NUNES (2008), “é inegável que vivemos numa era que se diferencia das demais, em face da rapidez das mudanças, em todas as áreas da compreensão humana. As evoluções e revoluções que estão ocorrendo nas ciências, na tecnologia e nos mais diversos campos, trazem conseqüências quase que imediatas em todas as áreas”.

Primeiramente faz-se necessárias algumas colocações a respeito da utilização da tecnologia na sociedade moderna. De fato, não existe uma maneira de desenvolver novas tecnologias, sem que estas representem implicações em algumas dimensões das atividades humanas. O que muda nesse aspecto é a maneira como essa tecnologia é apresentada e absorvida pela sociedade.

Para Dagnino, et al (2008) “as máquinas, estruturas e sistemas devem ser julgados, não apenas por suas contribuições à eficiência, à produtividade e por seus efeitos ambientalmente positivos ou negativos, mas também pela forma que podem incorporar formas específicas de poder e autoridade.” Pode-se perceber através dessa colocação que a Tecnologia convencional (TC) utilizada hoje, condiciona o estilo de desenvolvimento das sociedades contemporâneas e segundo Dias (2006), “para que se possa construir uma sociedade distinta, é de essencial importância que a tecnologia seja modificada. Dessa maneira, como alternativa à tecnologia capitalista convencional (e tomando como pressuposto que tal mudança é possível), coloca-se a tecnologia social.”

De um modo geral a TC é aquela utilizada hoje pelas grandes empresas privadas, ou seja, a TC, conforme descrito por Dagnino, et al (2008),

“é aquela com a qual geralmente nos deparamos; a que é desenvolvida e determinada, principalmente, pelos objetivos das grandes empresas que dominam os setores produtivos mais importantes da economia mundial, e/ou voltada para aumentar a produção e otimizar processos de setores empresariais de elevada escala”.

DAGNINO (2004) apresenta outras características da TC, uma delas é que é mais poupadora de mão-de-obra, por acontecer uma constante substituição do trabalho humano pelo trabalho mecânico, ou seja, maximizando a produtividade em relação a mão de obra utilizada, o lucro é aumentado consideravelmente. Outra é que a TC é segmentada, não permitindo que os trabalhadores tenham acesso direto ao processo, ocorrendo a divisão em níveis e cargos, sendo responsável também pela hierarquização do trabalho. Ela também é alienante, pois inibe a criatividade e potencialidade do produtor, também apresenta padrões orientados pelo mercado externos de alta renda, ou seja, a TC serve para atender as demandas produzidas pelos países ricos, e a tecnologia que serve para atender as populações dos países em desenvolvimento geralmente está defasada. Comprovando também que a TC está monopolizada nas mãos dos que detém o poder econômico. Outro ponto importante na caracterização da TC é que é ambientalmente insustentável, pois o modo de produção capitalista não leva em consideração a degradação dos recursos naturais em seu processo.

De acordo com Dias (2006), “a tecnologia capitalista convencional reforça a dualidade capitalista, submetendo trabalhadores a detentores dos meios de produção e países subdesenvolvidos a países desenvolvidos, perpetuando e ampliando as assimetrias de poder dentro das relações sociais e políticas”.

Contrapondo uma das características da TC apresentadas, a Tecnologia Social (TS) permite uma participação mais ativa e democrática, ou como menciona DIAS (2006), “através dos empreendimentos autogestionários, os trabalhadores poderiam, por exemplo, utilizar seu potencial criativo em sua totalidade, além de poderem participar diretamente das decisões de sua empresa ou cooperativa”.

Apresentar-se-á aqui elementos da TS, mas primeiramente traremos o seu conceito, expressado em Dagnino, et al (2008),

“No plano conceitual, a TS propõe uma forma participativa de construir o conhecimento, de fazer ciência e tecnologia. Propõe uma alternativa de intervenção na sociedade, que aponte para o desenvolvimento no sentido amplo desta palavra, de realização das possibilidades do ser humano. No plano material, as experiências estão aplicando a idéia de TS na construção de soluções para questões sociais variadas. Esses dois planos deveriam estar articulados, gerando um ciclo virtuoso,

no qual a experiência obtida no plano material demonstrasse a viabilidade e eficácia da TS como conceito, criando a base de uma nova concepção de intervenção social”.

Segundo DAGNINO (2004) muitas são as características que fundamentam a TS, primeiramente é a capacidade de produção de tecnologia com inclusão social sendo adaptada ao tamanho físico e financeiro e a pequenos produtores e consumidores de baixo poder econômico, não é segmentada e hierarquizada, portanto não faz a distinção entre patrão e empregado, também é voltado para atender ao mercado interno da massa, e como citado anteriormente é libertadora do potencial e da criatividade do produtor direto. Ainda deve ter a capacidade de promover a formação e criação de cooperativas.

A partir da colocação do seu plano conceitual e de suas características é importante salientar que a construção da TS deve ser de acordo com a realidade, limitações e possibilidades de cada comunidade ou local. Sua efetividade depende da maneira como é construída, pois deve ser diferente daquela forma difundida pelo capital. Não deve ser vista meramente como uma metodologia a ser aplicada em qualquer atividade ou projeto para minimizar a exclusão social, mas sim como um projeto que tenha como foco a produção de bens e serviços e conseqüentemente a melhoria da qualidade de vida daqueles que estão inseridos neste processo.

Trazendo para um campo de discussão mais concreta e utilizando a TC e TS como base de referência, faz-se uma breve comparação entre as tecnologias convencionais utilizadas atualmente no tratamento de esgoto é a tecnologia alternativa por zona de raízes.

As técnicas de tratamento utilizadas nos sistemas convencionais são pouco conhecidas pela população que é atendida por este serviço. Por se tratar de um processo extremamente técnico, os métodos aplicados nesse sistema apresentam nomenclaturas complicadas e fases de tratamento que exigem um nível de conhecimento mais técnico. Somente os que detêm o conhecimento da tecnologia empregada conseguem compreender o seu funcionamento, pois se trata de uma metodologia que não se insere no cotidiano das pessoas comuns.

Por tudo que foi apresentado até o momento, afirma-se que a tecnologia convencional de tratamento de esgoto baseia-se na concepção de um conhecimento técnico e neutro, pois assume características de tecnicidade e neutralidade. Geralmente são tecnologias desenvolvidas para atender uma grande quantidade de pessoas, mas que leva em consideração a ciência como um fator neutro, alheio ao senso comum, onde o conhecimento desta ciência serve a poucos.

Contraopondo-se à tecnologia dominante, a tecnologia alternativa para o tratamento de efluentes sanitários, exige uma estratégia onde a própria comunidade participe do processo de implantação e acompanhamento. Desde o planejamento, escolha dos materiais e da planta, construção e operação da ETE por zona de raízes, é possível a aquisição de conhecimento pelos envolvidos, permitindo ainda que esta tecnologia seja transmitida e aplicada em outras comunidades. A tecnologia passa a ser conhecida e a população envolvida desenvolve uma percepção maior a respeito de vários assuntos, a saber: a importância da estrutura de saneamento básico na prevenção de doenças e nos impactos que a sua falta causa aos recursos hídricos, o conhecimento acerca de tecnologias alternativas na promoção do desenvolvimento sustentável, a importância da preservação e conservação dos recursos naturais e ainda a percepção dos impactos que suas atividades causam ao ambiente quem que vivem.

2.7 Tecnologia para o tratamento de esgoto por zona de raízes

A tecnologia de tratamento de esgoto utilizando plantas é bastante antiga e segundo Philippi e Sezerino (2004), essa técnica já era utilizada pelos Astecas no passado, porém as zonas úmidas naturais (*wetlands*) usadas para o tratamento de esgoto vêm sendo utilizadas desde o início do século XX em diversos países como nos Estados Unidos e na Alemanha, porém, segundo os autores, as primeiras experiências com a utilização de *wetlands* no Brasil foram registradas a no início dos anos 80.

A tecnologia *wetland* é muito discutida quando o assunto é o tratamento de águas residuárias. De acordo com Philippi e Sezerino (2004), os sistemas *wetlands* podem ser naturais ou construídos, onde basicamente os elementos que compõem um ambiente tipo *wetland* são o solo, as plantas, o regime hidráulico e a fauna. Esse termo em inglês é traduzido literalmente pelos autores como terra úmida, e ainda explica da seguinte forma:

“pode ser definido como um ecossistema de transição entre ambientes terrestres e aquáticos. São áreas inundáveis (zonas úmidas) onde inúmeros processos e agentes (animais, plantas, solo, luz solar) interagem, recebendo, doando e reciclando nutrientes e matéria orgânica, continuamente. Esses nutrientes servem de suporte a uma abundância de macro e micro espécies de organismos fotossintetizantes que convertem compostos inorgânicos em compostos orgânicos (biomassa vegetal, utilizada direta ou indiretamente como alimento para animais ou microrganismos)”.

Philipp e Sezerino (2004) ainda esclarecem que *wetlands* construídos têm as mesmas características que as zonas úmidas naturais, porém com a vantagem que seus aspectos negativos podem ser controlados, tornando os *wetlands* uma alternativa barata para o tratamento de águas residuárias, considerando as limitações da natureza.

No Brasil ainda não se tem uma tradução específica para o termo *wetlands*, e por isso esse tipo de tratamento com plantas também é conhecido como “filtro plantados com macrófitas”, “tratamento de esgoto por zona de raízes”, ou ainda como “jardim ecológico”. O que existe em comum entre esses termos são as plantas utilizadas. Conforme Weiss (1994) citado por Kaick (2008), “as plantas, independentemente do gênero a que pertençam, devem ter no mínimo características básicas como: aerênquimas bem desenvolvidos no caule, e raízes que devem ser em forma de cabeleira”.

Segundo Andrade, et al (2010),

“Os sistemas de zonas de raízes ou *wetlands* construídos são representações de áreas alagáveis naturais (brejos e várzeas), edificados para realizar a depuração de águas residuárias, que se apresentam como uma alternativa factível para o tratamento de efluentes de origem doméstica, pois utilizam processos naturais ou de fitorremediação. Sua simplicidade de design, de operação e de manutenção caracteriza esta tecnologia como uma das mais promissoras em aplicação nos países desenvolvidos”.

A problemática que envolve a contaminação dos recursos hídricos pelo lançamento indiscriminado de esgoto, tem promovido a busca por tecnologias alternativas e de baixo custo para minimizar ou até mesmo solucionar tal problema. Nesse âmbito, insere-se o tratamento de esgoto realizado por plantas (Figura 01).

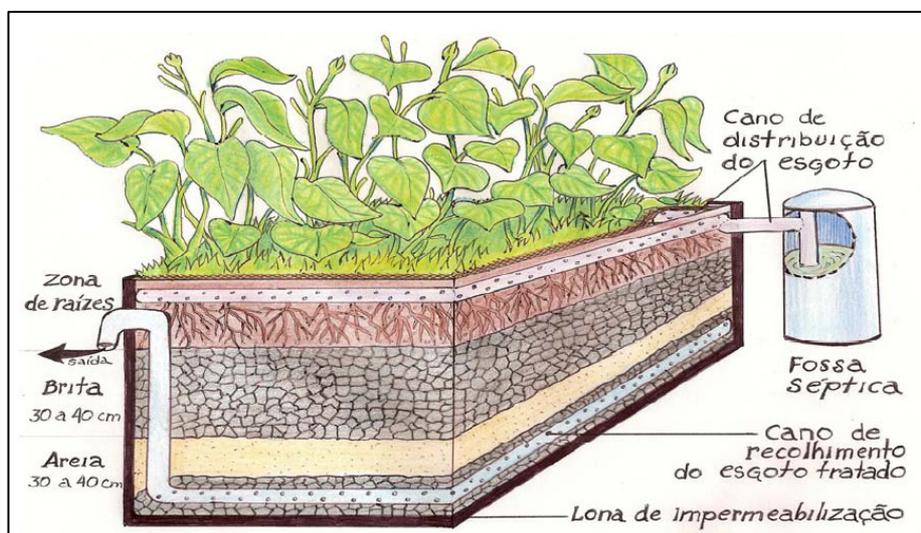


Figura 01: Desenho esquemático do sistema de zona de raízes
Fonte: Andrade, et al (2010).

2.7.1 Classificação dos *wetlands* construídos

Diferente dos *wetlands* naturais, os *wetlands* construídos precisaram ser divididos em diversos segmentos “com o propósito de relacionar às finalidades de uso, ou seja, diferentes configurações e princípios de funcionamento foram associados aos seus objetivos” (PHILIPPI E SEZERINO, 2004).

Ainda, de acordo com os autores citados acima, os *wetlands* construídos são classificados em dois grupos, quais sejam: sistemas de escoamento superficial e sistemas de escoamento sub- superficial. Os sistemas de escoamento superficial, segundo Philippi e Sezerino (2004), compreendem um reservatório construído no solo que servirá de suporte para o desenvolvimento das raízes das macrófitas, que possuem uma estrutura de controle de nível da água e do efluente. Estes sistemas podem ainda serem divididos de acordo com a predominância das macrófitas no sistema, da seguinte maneira:

1. **Sistemas de escoamento superficial com macrófitas emergentes** (Figura 2): Nesse tipo de *wetland* construído, o caule, folhas e flores se estendem acima da massa líquida, e o efluente a ser tratado percorre a superfície do solo cultivado vagarosamente, formando uma lâmina de água variável (SALATI, 1997).

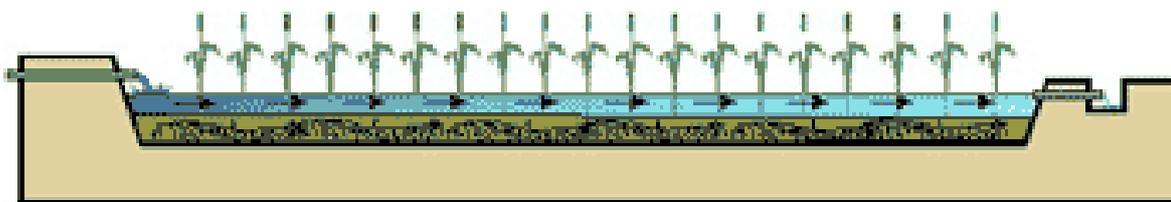


Figura 2: Sistemas de escoamento superficial com macrófitas emergentes

Fonte: Salati (1997)

2. **Sistemas de escoamento superficial com macrófitas flutuantes** (Figura 3): Trata-se de um sistema onde se desenvolvem uma ou várias espécies de plantas flutuantes, sendo a mais comum conhecida popularmente como aguapé. Segundo Salati (1997), a utilização desta planta é devida a sua capacidade de suportar águas altamente poluídas, com grande variedade de nutrientes, pH, substâncias tóxicas, metais pesados e variações de temperatura.

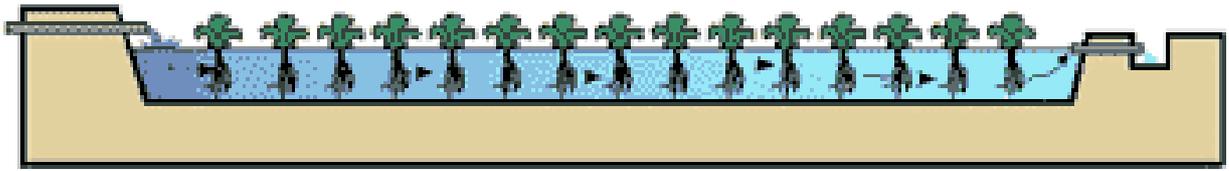


Figura 3: Sistemas de escoamento superficial com macrófitas flutuantes
Fonte: Salati (1997)

3. **Sistemas de escoamento superficial com macrófitas submersas** (Figura 04): Neste sistema, alguns tipos de macrófitas permanecem suspensas na massa líquida, e que podem não estar enraizadas no sedimento do fundo.

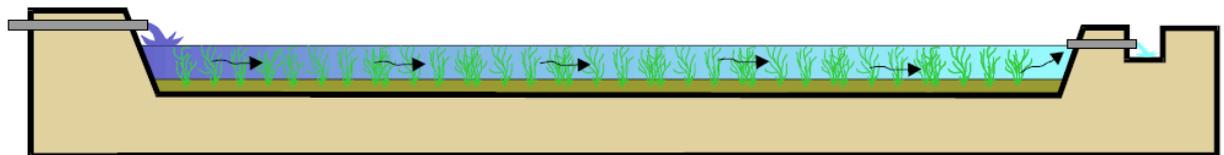


Figura 04: Sistema de escoamento superficial com macrófitas submersas.
Fonte: Salati (1997)

4. **Sistemas de escoamento superficial com macrófitas de folhas flutuantes e solo enraizado**: Este tipo de *wetland* apresenta as mesmas características que os modelos mencionados anteriormente, e muitas vezes podem ser classificadas como tal, porém a diferença está nas raízes que permanecem enraizadas no substrato (PHILIPPI E SEZERINO, 2004).
5. **Sistemas de escoamento superficial com substrato flutuante**: Algumas plantas têm a capacidade de formar um substrato flutuante, composto basicamente de tecidos mortos das próprias macrófitas, formando assim um emaranhado de matéria orgânica que promovem a fixação e o crescimento de novas espécies (PHILIPPI E SEZERINO, 2004).

Philippi e Sezerino (2004) ainda esclarecem que “entre os sistemas de escoamento superficial e sub-superficial existem semelhanças quanto aos mecanismos de depuração e diferenças quanto à forma e concepção”. Para os sistemas de escoamento sub-superficial a divisão leva em consideração a direção do fluxo, que são: Filtros com macrófitas de fluxo horizontal, fluxo vertical ou filtros híbridos (Figura 05). Conforme Olynyk et al (2007),

“Os princípios básicos do 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. O oxigênio requerido é suprido pelas macrófitas e pela convecção e difusão atmosférica”.

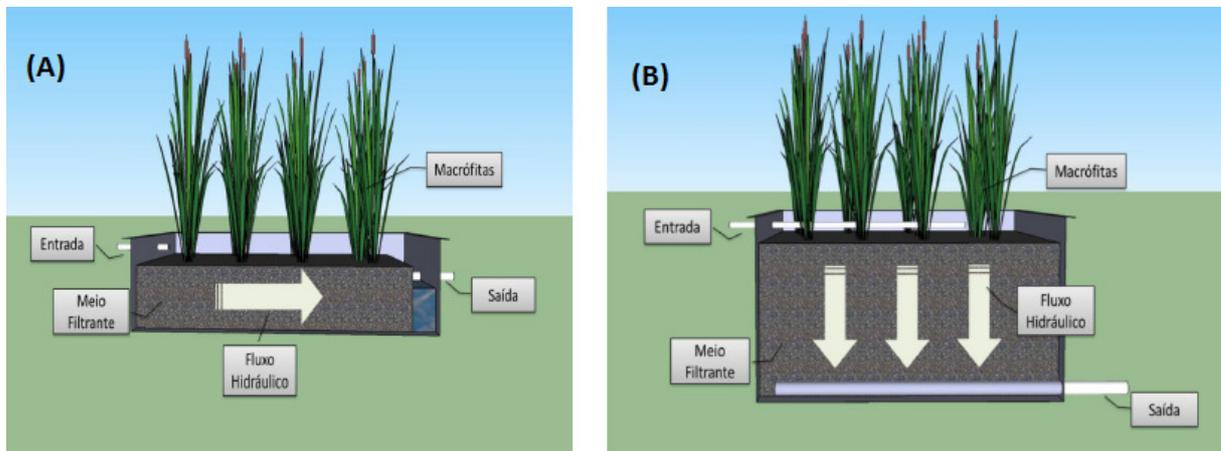


Figura 05: Sistema de escoamento sub-superficial levando em conta o fluxo. (A): Modelo de fluxo horizontal; (B): modelo de fluxo vertical.

Fonte: Andrade et al, 2012.

Dessa forma, nos filtros construídos com fluxo horizontal a região aeróbia se localiza ao redor das raízes das macrófitas, sendo nas primeiras camadas do filtro, e as regiões anóxicas e anaeróbias ficam mais evidentes no fundo do leito e ainda, segundo Philippi e Sezerino (2004),

“o efluente a ser tratado é disposto na porção inicial do leito, denominado zona de entrada – geralmente composta por brita, de onde irão percolar vagarosamente pelo material filtrante até atingir a porção final, também composta por brita e chamada de zona de saída. Esta percolação tende a ser horizontal e é impulsionada por uma declividade de fundo. Durante a percolação o esgoto entrará em contato com regiões aeróbias, anóxicas e anaeróbias”.

No sistema de fluxo vertical, segundo Philippi e Sezerino (2004), “as macrófitas emergentes são plantadas diretamente no material de recheio sendo o efluente disposto, intermitentemente, sob a superfície do módulo inundando-o e percorrendo verticalmente ao longo de todo o perfil vertical do módulo de tratamento, sendo coletado no fundo por meio de um sistema de drenagem/coleta”. Dessa maneira, segundo os autores o fluxo intermitente promove um arraste maior de oxigênio para o material filtrante. Fator fundamental para a degradação da matéria orgânica. O filtro vertical apresenta certa vantagem com relação ao filtro de fluxo horizontal, pois além de possuir maior capacidade de transferência de oxigênio, podem ser consideravelmente menores (entre 1 e 2 m² por habitante, enquanto que o filtro de fluxo horizontal considera 5 a 10 m² por habitante).

Segundo Silva (2007), “são satisfatórios para a nitrificação no tratamento secundário devido à sua alta capacidade de transferência de oxigênio, ligada à dosagem intermitente da carga e à taxa de aplicação hidráulica que também contribui para a remoção da carga de DBO e DQO”.

E ainda, conforme Platzer et al (2007),

“A alimentação em intervalos possibilita a entrada de certas quantidades de ar (oxigênio) e entre os intervalos, ocorre certa secagem da área de entrada, fatores esses que também aumentam a eficiência de processos biológicos e diminuem o perigo de colmatação. Por essas importantes vantagens se recomenda a implantação de wetland de fluxo vertical sempre que possível”.

Nesse sentido, há algum tempo tem-se investido em pesquisas no desenvolvimento de sistemas que possuam o filtro com fluxos híbridos, ou seja, que combinem os dois tipos citados acima. Conforme Philippi e Sezerino (2004), “o interesse de tal associação é obter uma boa nitrificação nos filtros verticais que são bem oxigenados, mas também, uma desnitrificação nos filtros horizontais onde se encontram condições de anoxia necessárias a esta reação”.

Independente da nomenclatura encontrada na literatura para definir o tratamento de esgoto com plantas neste trabalho será utilizado o termo ETE (Estação de tratamento de esgoto) por zona de raízes e conforme a classificação descrita acima, utilizaremos o sistema classificado como sub-superficial de fluxo vertical.

2.7.2 Características de uma ETE por zona de raízes

A ETE por zona de raízes se comparada aos métodos convencionais vem apresentando altos índices de eficiência e muitas vantagens, pois além de apresentar baixo custo de instalação, fácil manutenção, é ecologicamente correta e pode ser instalada no local onde o esgoto é produzido, sendo ideal para áreas que não são atendidas pelos serviços de coleta e tratamento de esgoto, ou que se localizam longe dos centros urbanos. Além disso, outra vantagem importante deste sistema é a ausência da produção de lodo, tão comum em sistemas convencionais.

Comparando os sistemas convencionais com os sistemas naturais Philippi e Sezarino (2004) esclarecem que,

“nestes sistemas convencionais, os processos biológicos que atuam sobre os poluentes são geralmente contidos em estruturas de concreto, aço ou plástico (fibra de poliéster ou PVC), e são induzidas por aeração forçada, por misturadores mecânicos e ou por produtos químicos. Em função da intensidade de potência utilizada num sistema convencional, o espaço requerido para as transformações

biológicas diminuí consideravelmente, comparado com a necessidade de área para os mesmos processos em sistemas naturais de processamento. Os sistemas naturais de tratamento requerem a mesma quantidade de energia global que os sistemas biológicos convencionais de tratamento (lodos ativados, biodiscos, lagoas aeradas) para cada kg de poluente a degradar. Entretanto a fonte de energia é diferente nos sistemas naturais. Os sistemas naturais baseiam-se em energia renováveis como a radiação solar, a energia cinética dos ventos, a energia química das águas (características intrínsecas da água), da superfície de água (gradiente hidráulico) e do subsolo, e ainda, do potencial de energia contida na biomassa do solo”.

Dessa forma, a ETE por zona de raízes é um sistema físico-biológico, com parte do filtro constituído de plantas. O esgoto bruto é lançado através de uma rede de tubulações perfuradas que é instalada logo abaixo da zona de raízes, área plantada. Esta área é dimensionada de acordo com a demanda de esgoto já pré-determinada (KAICK, 2002).

O tanque de zona de raízes pode ser feito a partir de escavações no terreno, devendo ser impermeabilizadas para evitar que o efluente atinja e contamine o solo. Dependendo do tipo de terreno e da profundidade do lençol freático, os tanques podem ser impermeabilizados com estruturas de concreto ou até mesmo uma lona plástica grossa (KAICK, 2002).

Para implantar este tipo de tratamento de esgoto, a fossa séptica precisa estar localizada de forma mais elevada do que o local do tanque de zona de raízes, para que o efluente líquido atinja o tanque por gravidade. Nesse tipo de sistema, o efluente bruto passa por um tratamento primário, ou seja, passa pela fossa séptica onde os sólidos sedimentáveis ficam retidos e sofrem a ação das bactérias. Somente o efluente líquido é lançado no tanque de raízes (KAICK, 2002).

Nesse sentido, o tratamento do esgoto por zona de raízes além de apresentar inúmeras vantagens já descritas anteriormente, é capaz de reduzir com muita eficiência a presença de organismos patogênicos, tornando-se um grande aliado da população na disseminação de doenças veiculadas pela água, o que acarreta em graves problemas à saúde pública (PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

Além disso, a ETE por zona de raízes se insere na paisagem, pois a utilização de recursos naturais próprios e plantas com potencial paisagístico fazem com o sistema se torne um elemento estético integrado ao jardim, justamente por não exalar odores, possibilitando transformá-lo em um local de observação.

Como o tratamento é biológico, a manutenção realizada compreende apenas a limpeza ou esgotamento da fossa séptica que pode ocorrer numa frequência variada, (dependendo da vazão do efluente e do tamanho da fossa), a poda das plantas e retirada de ervas daninhas pode ser feita numa frequência bimensal. Outra característica fundamental deste sistema é que

a manutenção não precisa ser executada por pessoas especializadas, podendo ser realizada pela própria comunidade, não gerando custos com mão de obra.

O uso de bomba elétrica para conduzir o efluente ao sistema, somente é necessário caso a localização da fossa séptica seja num ponto menos elevado que a ETE, caso contrário o sistema funciona sem a utilização de energia, não gerando custos neste sentido. Por estes motivos a ETE torna-se um sistema de baixo custo operacional (KAICK, 2002).

Com o aproveitamento de recursos locais para o desenvolvimento desta tecnologia, a ETE por zona de raízes torna-se um sistema totalmente viável, com baixo custo de instalação e de fácil operação. Tal sistema vem de encontro com a necessidade da população em melhorar sua qualidade de vida, principalmente em relação à contaminação dos recursos hídricos.

2.7.3 Fossa séptica

Fossas sépticas são unidades de tratamento primário de esgoto doméstico, onde é realizada a separação e a transformação da matéria sólida contida no esgoto. São fundamentais no combate a doenças, pois evita que os dejetos sejam dispostos diretamente no solo ou na água, sendo essenciais para a manutenção da higiene e saúde.

Borges (2009) menciona que tanque séptico é uma câmara construída de modo a receber a contribuição de esgoto de um ou mais domicílios armazenando-o por um período de tempo especificamente estabelecido, a fim de obter a sedimentação dos sólidos e a remoção de óleo e graxas contidos nos esgotos transformando-os bioquimicamente em substâncias estáveis.

Em uma ETE por zona de raízes a utilização da fossa séptica como tratamento primário do efluente é fundamental, ou como esclarece Philippi e Sezerino (2004),

“o tratamento a montante aos filtros plantados com macrófitas faz-se estritamente necessário devido, entre outras questões, a quantidade de sólidos provenientes dos esgotos domésticos, que se não forem retidos antes do efluente ser encaminhado à unidade de tratamento que utiliza-se do potencial de filtração em solo e/ou material reconstituído, como é o caso verificado junto aos filtros plantados com macrófitas, poderão comprometer o bom funcionamento da unidade de tratamento, bem como promover desconfortos estéticos e odoríficos”.

Dentro dos tanques sépticos ocorrem simultaneamente diversos processos e operações, quais sejam: a retenção da matéria sólida (sólidos em suspensão), onde através do processo de sedimentação, os sólidos em suspensão se depositarão no fundo do tanque, formando o lodo. Ocorre ainda o processo de flotação, onde boa parte dos líquidos, óleos,

gorduras, graxas e outros materiais misturados, formam a espuma ou um tipo de crosta, constituídas de substâncias mais leves que evitam a circulação de ar, propiciando a existência de bactérias capazes de destruir parcial ou totalmente organismos patogênicos. A Figura 06 destaca os principais fenômenos ocorridos no interior de um tanque séptico.

Seguindo esta etapa, ocorre a digestão anaeróbia, onde o lodo sofre ação das bactérias anaeróbias, que reduzem as substâncias orgânicas a formas pouco oxidadas com dissolução ou liquefação de alguns sólidos (BORGES, 2009).

Philippi e Sezerino (2004) mencionam que esse fenômeno é essencial, pois permite que um período mais elevado para o enchimento dos tanques e também na redução na frequência de limpeza ou esgotamento dos tanques.

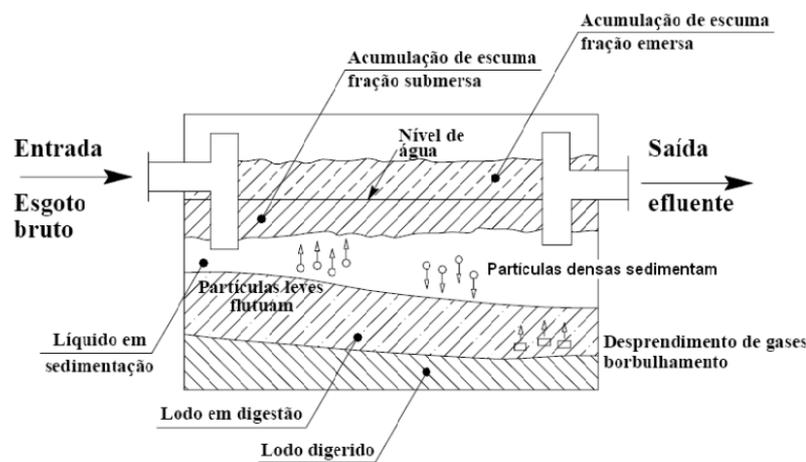


Figura 06: Fenômenos ocorridos no tanque séptico
Fonte: ABNT – NBR 7229 (1993)

2.7.4 Macrófitas

Algumas generalidades são consideradas por Philippi e Sezerino (2004) quando se trata desses sistemas de filtros plantados com macrófitas, pois basicamente todos os sistemas possuem um material de recheio como brita areia e cascalho, por onde o efluente a ser tratado é disposto e irá percolar e ainda as macrófitas que são plantadas diretamente nesse material de recheio. O processo de descontaminação é realizado por princípio físico, através da filtragem que as pedras britas e areia farão; pelo princípio químico, através da fixação dos nutrientes realizada pela planta na medida em que se desenvolve; e pelo princípio biológico, através das bactérias que se desenvolvem nas raízes da planta e se alimentam do esgoto.

As macrófitas são fundamentais para a manutenção de uma ETE por zona de raízes, sendo plantas que crescem em ambientes úmidos e até mesmo saturados ou inundados de

água. Nas ETE por zona de raízes, o sistema sempre estará inundando com o efluente sanitário e por isso, se faz necessária a utilização de plantas com capacidade de desenvolvimento nesses ambientes. Dessa maneira, nas macrófitas, através de uma rede de canais chamados de aerênquima, e que estão presentes na estrutura dessas plantas, o oxigênio atmosférico captado pelas folhas é transportado através do caule até as suas raízes (KAICK, 2002).

Inúmeras podem ser a espécies empregadas nestes sistemas, sendo as mais utilizadas as da família das Juncáceas, Ciperáceas, Tifáceas e Gramíneas. Já os gêneros mais amplamente utilizados, são: *Thypha spp.*, *Juncus spp.*, *Phragmites spp.*, *Scirpus spp.* (PHILIPPI E SEZERINO, 2004). Conforme Weiss (1994), citado por Kaick (2008), “independente do gênero a que pertençam devem ter no mínimo características básicas como: aerênquimas bem desenvolvidos no caule e raízes que tenham forma de cabeleira”.

Conforme Philippi e Sezerino (2004), as macrófitas são plantas as quais se destacam duas funções básicas:

- “(a): as raízes, rizomas e caules podem suportar uma grande quantidade de microorganismos, aumentando significativamente a área de contato e aderência para a formação do biofilme (aglomerado de matéria orgânica e microorganismos que se fixam a um meio suporte onde irão atuar na degradação aeróbia e/ou anaeróbia da matéria orgânica e na quebra de compostos mais complexos em elementos mais simples e assimiláveis pela própria planta) na rizosfera – região onde as raízes e o solo estão intimamente ligados;
- (b): são capazes de transportar gases atmosféricos, inclusive o oxigênio, da sua parte aérea – folhas até as raízes, promovendo assim condições favoráveis à degradação aeróbia da matéria orgânica e à transformação de nutrientes – como exemplo, a oxidação da amônia para nitrito e, finalmente nitrato”.

Além das duas funções básicas descritas acima, as macrófitas possuem a função de estabilizar o meio filtrante, promover boas condições para o processo físico da filtração e ainda tem o embelezamento paisagístico (OLIJNYK et al, 2007).

O Quadro 01 descreve resumidamente o papel desempenhado pelas macrófitas em sistemas de wetlands construídos:

Quadro 01: Papel das macrófitas em wetlands construídos

<i>Propriedade das macrófitas</i>	Ação de auxílio no tratamento de esgoto
Parte aérea (tecidos)	<ul style="list-style-type: none"> - atenuação da luminescência = redução do crescimento do fitoplâncton - redução da velocidade do vento = redução da ressuspensão de material sólido (verificado em wetlands de escoamento superficial) - potencial estético – embelezamento paisagístico - armazenamento de nutrientes.
Tecido da planta em contato com a água (esgoto)	<ul style="list-style-type: none"> - promoção da filtração - redução da velocidade de escoamento = aumento da taxa de sedimentação e evita a resuspensão de sólidos - dispõem grande área para aderência de microorganismos - liberação de oxigênio devido a fotossíntese = aumento na taxa de degradação aeróbia da matéria orgânica - retirada de nutrientes
Raízes e rizomas em contato com o solo	<ul style="list-style-type: none"> - prevenção contra erosão Prevenção contra a colmatação em unidades de fluxo vertical - liberação de oxigênio = auxílio na degradação aeróbia da matéria orgânica e na nitrificação - retirada de nutrientes - liberação de antibióticos

Fonte: Philippi e Sezerino (2004)

Segundo Brix (1994) citado por Lemes et al (2008), “o oxigênio captado pelas folhas das macrófitas é levado através do caule até as raízes, não apenas para suprir a demanda respiratório dos tecidos das raízes, mas também para oxigenar sua rizosfera. A saída do oxigênio das raízes para ao filtro cria condições do oxidação do meio, possibilitando assim a decomposição da matéria orgânica.”

A espécie *Zantedeschia aethiopica* (copo-de-leite) é muito utilizada em ETE por zona de raízes. Apesar de ser uma planta exótica, originária da África do sul, a *Zantedeschia aethiopica*, pertencente à família das Araceae, é muito utilizada e comercializada no Brasil como plantas domésticas e ainda para decoração de jardim. Segundo Lemes et al (2008), “sua família botânica é composta por 107 gêneros e cerca de 3.000 espécies, a maioria característica de solos ricos em matéria orgânica e brejos, ou seja, ecossistemas úmidos. Essas plantas podem chegar a 1m de altura e crescem na presença de sol intenso”.

Em um trabalho desenvolvido por Kaick et al (2008), os resultados demonstraram que o copo-de-leite utilizado numa ETE por zona de raízes no município de Campos de Jordão – SP, foi muito eficiente, onde o valor encontrado para a DBO (Demanda bioquímica de oxigênio) foi de 20 mg/L, e DQO (Demanda química de oxigênio), foi de 57 mg/L, os resultados apresentam valores abaixo dos limites estabelecidos na legislação ambiental vigente.

Outro dado apresentado por Castro, et al (2003), de uma ETE implantada na cidade de Jacareí, estado de São Paulo, utilizando a mesma planta, demonstra que o sistema teve

eficiência de 83,9% na redução da matéria orgânica, quando se compara o efluente bruto com o tratado.

Através de conversas com moradores da comunidade da Seção Jacaré, descobriu-se que esta espécie existe em grande quantidade em algumas propriedades, estando bem adaptadas ao clima local, e ainda, a partir da análise desses dados demonstrados nos estudos desenvolvidos pelos autores mencionados, e pela sua fácil adaptação em ambientes com clima quente e úmido, além de seu enorme potencial paisagístico, considerou-se que a planta *Zantedeschia aethiopica* (copo-de-leite) pode ser adequada para o uso em ETE por zona de raízes.

2.7.5 Material Filtrante

Philippi e Sezerino (2004) descrevem o seguinte: “por se tratarem de sistemas de tratamento de águas residuárias baseados no processo de filtração, o conhecimento das características dos materiais a serem empregados, bem como a utilização de unidades de tratamento primário (cujo objetivo é a maximização da redução de materiais sólidos grosseiros e a gordura), tornam-se fundamentais.”

A escolha do material de recheio deve levar em consideração a finalidade do tratamento, e ainda dar prioridade ao uso de materiais economicamente viáveis e de fácil obtenção (PHILIPPI E SEZERINO, 2004).

O meio filtrante em uma ETE por zona de raízes, oferece uma área de superfície estável para adesão microbiana, um substrato sólido para o crescimento da planta, e estas funções atuam diretamente na purificação de águas residuais por meio de processos físicos e químicos (BRIX, 1987).

As características físicas do material utilizado para a construção do filtro numa ETE por zona de raízes conforme Andrade (2012), deve considerar o seguinte: “busca-se um material capaz de manter ao longo do tempo, boas condições de condutividade hidráulica aliado a um potencial reativo, ou seja, capaz de promover adsorção de compostos inorgânicos presentes nas águas residuárias, tais como a amônia (NH_3) e ortofosfato (PO_4^{-3}) além de servir de suporte para as plantas e biofilme microbiológico”.

Além disso, fatores como porosidade, permeabilidade, textura, granulometria e adsorção, entre outros, deve ser considerado. Os solos em geral diferem muito em sua porosidade, mas em geral, os solos orgânicos e argilosos têm maior capacidade de troca do que solos grosseiramente texturizados. É por isso que não é aconselhável utilizar os solos com texturas grosseiras a fim de garantir uma boa condutividade hidráulica (BRIX, 1987).

Referindo-se agora a condutividade hidráulica, que pode ser definida como a capacidade de escoar a água, a qual é função do tamanho, da continuidade e da irregularidade da porosidade. Sendo este um fator fundamental na escolha do material de recheio, abaixo, apresentaremos os resultados de ensaios de condutividade hidráulica, para diferentes materiais utilizados no tratamento de água residuárias (Tabela 01). Os valores de $K(\text{cm/s})$, representam a condutividade hidráulica.

Tabela 01: Valores de condutividade hidráulica para diferentes materiais filtrantes empregados no tratamento de águas residuárias.

<i>Material filtrante</i>	K (cm/s)
Cascalho com pouca areia – Alta permeabilidade	Na orde de 1
Areia grossa – Boa permeabilidade	Na ordem de 10^{-2}
Areia média e fina – Permeabilidade baixa	Na ordem de 10^{-3}
Areia fina com alto teor de argila – Permeabilidade dificultada	Na ordem de 10^{-6}

Fonte: Philippi e Sezerino, 2004

Com relação a granulometria, Philippi e Sezerino (2004), descrevem o seguinte:

“Pela sua granulometria, o material de enchimento ou suporte, tem um papel evidente na filtração de sólidos em suspensão presentes nos efluentes de esgotos, e daí seu nome de filtro. Sua eficácia depende em grande parte da textura do material que é dado aproximadamente pela sua granulometria e que intervirá particularmente sobre as características hidrodinâmicas (condutividade hidráulica, por exemplo) em meio saturado”.

Dessa forma, o material filtrante desempenha um papel fundamental no controle da poluição, pois promove a remoção de compostos orgânicos e inorgânicos através de processos físicos como a filtração e a sedimentação, e processos químicos como a sorção de compostos orgânicos dissolvidos, nitrogênio, fósforo, entre outros e ainda passa por processos biológicos, através das transformações bioquímicas e bioacumulação de elementos químicos. Por isso, o conhecimento das propriedades físicas e químicas dos materiais utilizados como meio de suporte em uma ETE por zona de raízes (areia, brita ou qualquer outro material alternativo como bambu ou plástico), é fundamental a fim de entender e prever o processo de depuração e tratamento realizado nesses sistemas (PHILIPPI E SEZERINO, 2004).

2.7.6 Fauna

Muitos são os microorganismos presentes e envolvidos nos processos de tratamento de esgoto por zona de raízes, mas os mais representativos compreende o grupo das bactérias, responsáveis pelos processos de decomposição da matéria orgânica e de nitrificação e desnitrificação. Segundo Olijnyk (2008) “estes microrganismos, encontrados nos filtros

plantados, estão presentes suspensos no esgoto e aderidos ao meio suporte do leito filtrante e nas raízes das plantas, formando o biofilme”.

Philippi e Sezerino (2004) definem o biofilme da seguinte forma: “aglomerado de matéria orgânica e microorganismos que se fixam a um meio de suporte onde irão atuar na degradação aeróbia e/ou anaeróbia da matéria orgânica e na quebra de compostos em elementos mais simples e assimiláveis pela própria planta”.

A degradação da matéria orgânica e a remoção de nitrogênio em uma ETE por zona de raízes são mediados por microorganismos. O oxigênio difundido pelas macrófitas cria zonas oxidantes ao redor das raízes, permitindo que parte da matéria orgânica no efluente seja rapidamente decomposta por microrganismos aeróbios a elas aderidos (BRIX, 1987).

De acordo com Olijnyk (2008),

“Nos reatores aeróbios com biomassa aderida, o oxigênio é consumido à medida que penetra no biofilme até atingir valores que definem condições anóxicas ou anaeróbias. Pode-se ter, portanto, uma camada externa com oxigênio e outra interna desprovida de oxigênio. Na região aeróbia do biofilme, por exemplo, o nitrogênio amoniacal poderá ser convertido a nitrito e, posteriormente, a nitrato. Na camada em condições anóxicas, ocorrerá a redução de nitratos. Em condições anaeróbias, ter-se-á a formação de ácidos orgânicos e a redução de sulfatos”.

Uma grande quantidade de processos biológicos, físicos e químicos ocorrem durante o processo de transformação do nitrogênio. O primeiro deles é a amonificação, onde o N (nitrogênio) orgânico é convertido a N inorgânico (nitrogênio amoniacal), a partir de uma sequência de decomposição da matéria orgânica realizada por microorganismos aeróbios e anaeróbios (OLIJNYK, 2008).

O processo de nitrificação ocorre sob condições aeróbias, as quais as bactérias nitrificantes utilizam o dióxido de carbono e oxigênio como fonte de energia. Tal processo ocorre em duas etapas, onde na primeira etapa, bactérias do gênero *Nitrosomonas* (estritamente aeróbias), convertem a amônia em nitrito (Equação 1) e na segunda o nitrito é convertido em nitrato (Equação 2) por meio das *Nitrobacter* (PHILIPPI E SEZERINO, 2004).

As etapas descritas acima são demonstradas nas equações 1 e 2, sendo a equação 3, a equação global:



Com relação ao processo de desnitrificação bactérias quimioheterotróficas, sob condições anóxicas (onde o oxigênio não está presente, mas é disponibilizado de fontes como o nitrato, nitrito, fosfato ou até mesmo sulfato), reduzem o nitrato a óxido nítrico, óxido nitroso e finalmente nitrogênio gás (OLIJNYK et al, 2007).

A equação 4, que demonstra o processo de desnitrificação é representada abaixo:



A existência simultânea de zonas aeróbias, anóxicas e anaeróbias, e a interação entre os diferentes tipos de processos de degradação microbiana, é essencial para uma decomposição eficiente da matéria orgânica e remoção de nutrientes promovida pelas raízes das plantas. Além disso, tais interações podem ser favoráveis para a decomposição de compostos bastante persistentes, tais como hidrocarbonetos clorados (BRIX, 1987).

2.7.7 Saneamento descentralizado

A ciência e a tecnologia sempre foram vistas como verdadeiras e capazes de resolver todos os problemas da humanidade, e dessa mesma forma o desenvolvimento somente será alcançado a partir do progresso industrial e avanço tecnológico a qualquer custo. Porém não é isso que é visto. O progresso, a modernidade e os benefícios consequentes disso, não atingem a todos, pois os problemas sociais e ambientais ocasionados pela busca constante do desenvolvimento econômico refletem grandes problemas que muitas vezes são atribuídos a esse processo.

Como exemplo, cita-se as grandes diferenças existentes entre campo e cidade, com relação à qualidade de vida e a poluição gerada nesses diferentes locais. A poluição que afeta os grandes centros possui uma estrutura composta de tecnologia e conhecimento ao seu dispor para tratar e controlar a poluição, diferente da situação que encontramos no campo ou em áreas rurais. As tecnologias disponíveis para o controle da poluição não estão acessíveis a todos, como exemplo, pode-se citar as tecnologias utilizadas para o tratamento de efluentes, onde a tecnologia convencional não consegue atingir as populações do campo por muitos fatores mesmo com a existência de soluções alternativas para o tratamento de esgoto.

Philippi (2000) descreve que “esta incapacidade de resolver a grande pressão exercida pela população sobre os recursos hídricos, principalmente em função da inexistência de sistemas de saneamento adequados, deveria produzir uma readequação de abordagens e arranjos de modo a permitir a descentralização destes serviços”.

De certa forma, a população atualmente está mais informada e mais ciente de seus direitos e por isso estão em buscas de respostas para os problemas socioambientais que a falta do serviço de coleta e tratamento de esgoto estão acarretando para a saúde e qualidade de vida. Nessa questão convém comentar a importância de uma gestão mais democrática e participativa onde as pessoas possam opinar e esclarecer suas dúvidas a cerca de políticas públicas e outros fatores que são fundamentais para o exercício da cidadania.

Philippi (2000), esclarece que “a situação do saneamento básico no Brasil continua sendo um dos problemas mais desafiadores para a próxima década, a manter-se o estado atual das políticas públicas incapazes de dar conta das demandas produzidas pelo crescimento das áreas urbanas e o agravamento da situação de saúde pública no país.”

A tecnologia utilizada numa ETE por zona de raízes é vista como uma tecnologia social, pois além de ser uma tecnologia disponível para qualquer classe social, ela cumpre com seu objetivo de solucionar o problema proposto, justamente por ser descentralizada.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Implantar uma ETE por zona de raízes, na Escola Municipal Eptácio Pessoa da Comunidade Rural da Seção Jacaré, localizada no município de Francisco Beltrão, promovendo a mobilização da comunidade e a disseminação de uma tecnologia social para o tratamento de esgoto.

3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver atividades de educação ambiental na Escola da comunidade selecionada salientando a importância para a preservação das águas e para a manutenção da qualidade de vida;
- Promover a participação de alunos e professores da Escola Municipal, em atividades dentro e fora da sala de aula, que abordem o tema de “recursos hídricos”, “saneamento” e “preservação ambiental”;
- Identificar plantas locais que produzam zona de raízes para o tratamento de esgoto;
- Envolver a comunidade local na construção do sistema;
- Planejar o monitoramento e manutenção da ETE junto aos funcionários da escola e da comunidade;

4 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho integra pesquisa de campo com pesquisa bibliográfica e documental na área de tratamento de efluentes por meio de tecnologias alternativas, em particular por zona de raízes. Dessa forma, as etapas de desenvolvimento da pesquisa serão descritas abaixo:

4.1 Escolha da localidade e da propriedade rural.

Para escolher o local de implantação da ETE por zona de raízes, foram estudados diversos locais:

Inicialmente avaliou-se a possibilidade de desenvolver a pesquisa, em alguns municípios da região sudoeste do Paraná. As cidades como Manfrinópolis e Salgado Filho foram cogitadas, pois são municípios que não possuem rede de coleta e tratamento de esgoto, mas devido à distância e as dificuldades em relação a locomoção, e ao estabelecimento de parcerias com órgãos públicos, foi necessário a mudança de estratégia.

Em um segundo estudo levantou-se a hipótese de desenvolvimento o projeto na UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), campus de Francisco Beltrão, pois a mesma está localizada numa área rural que também não possui rede coletora de esgoto. Dentro do campus existem diversos laboratórios que são divididos por estruturas (prédios) diferenciados para cada curso. O efluente produzido pelos laboratórios apresentam resíduos que dificultariam o tratamento e a eficiência do sistema, pois a presença de metais pesados e poluentes químicos comprometem a proliferação e desenvolvimento das bactérias presentes no efluente, e dessa forma esta hipótese foi descartada.

Outra possibilidade foi desenvolver o projeto em outra estrutura do campus chamada de “sala de estudos” dos professores, mas devido ao pouco uso do ambiente, a produção de efluente não seria suficiente para alimentar o sistema.

Alguns órgãos públicos como a EMATER (Empresa de Assistência Técnica e extensão Rural) e a ONG ASSESSOAR (Associação de Estudos, Orientação e Assistência Rural), ambas localizadas no município de Francisco Beltrão foram consultados. Os requisitos levados em consideração nesta etapa, foi o tamanho da comunidade, a proximidade dos rios e problemas de ligação com rede coletora de esgoto, e também a facilidade de acesso e a parceria com órgãos públicos.

A assistente social da EMATER apresentou diversas sugestões, onde uma delas seria uma propriedade localizada na linha Santa Bárbara, próxima ao campus da UTFPR de Francisco Beltrão. Essa propriedade se caracteriza pela atividade de turismo rural ecológico e por isso, a implantação de uma ETE por zona de raízes poderia funcionar como um instrumento de divulgação do negócio. Sendo assim, não atingiria o objetivo real da pesquisa, que seria a disseminação e transferência de uma tecnologia social.

Depois de analisar todas as sugestões, o local escolhido para a implantação do projeto piloto foi a Comunidade da Seção Jacaré, pois se enquadra nos requisitos estabelecidos e ainda apresenta uma comunidade participativa e aberta ao desenvolvimento de pesquisas e estudos.

A Escola Municipal Epirácio Pessoa (EMEP) está localizada no centro da comunidade e foi referência na busca dessa propriedade. O primeiro contato foi feito com o Diretor da escola, que promoveu um encontro com a comunidade, onde o projeto seria apresentado aos moradores, e dessa maneira identificar os possíveis interessados em desenvolver a ETE por zona de raízes em sua propriedade. O fato dos custos de implantação ficar sobre a responsabilidade do proprietário, impossibilitou a execução do projeto nas propriedades.

Sendo assim, por sugestão da comunidade, a ETE foi desenvolvida na Escola e dessa forma, todos se beneficiariam e poderiam participar e acompanhar a construção do sistema, além de propiciar uma facilidade na busca de recursos financeiros para a sua execução.

4.2 Localização

A cidade de Francisco Beltrão está localizada na região sudoeste do Paraná (Figura 07), e segundo dados do IPARDES (2012) sua população residente no município é de 78.943 habitantes, sendo 67.449 moradores da região urbana e 11.494 da região rural.

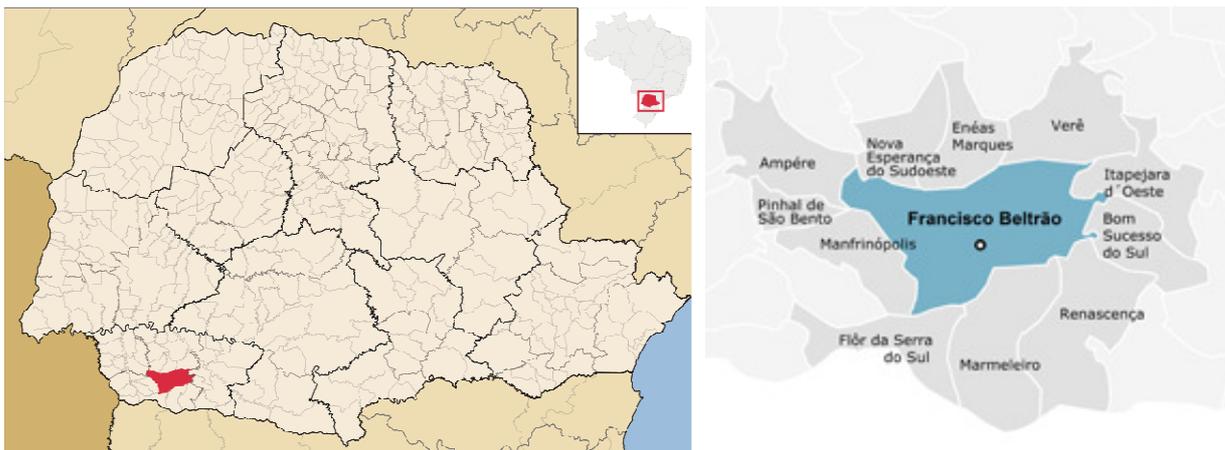


Figura 07: Mapas de localização do município de Francisco Beltrão
Fonte: IPARDES (2012)

Localizada a 10 km do centro da cidade de Francisco Beltrão, a comunidade da Seção Jacaré foi escolhida para a implantação do sistema piloto de tratamento de esgoto por zona de raízes. Esta Comunidade possui 1.378 habitantes, sendo que apenas 28 pessoas residem na área central da Comunidade, e os 1.350 restantes na área rural.

A EMEP, localizada no centro da Comunidade é a propriedade que foi desenvolvida o projeto piloto de tratamento de efluentes por zona de raízes. Fundada em 1978, a escola trabalha com dois turnos, onde pela manhã recebe alunos do Ensino Fundamental do 5º ao 8º ano e no período da tarde, alunos da Educação infantil ao 4º ano, totalizando 157 pessoas entre alunos e funcionários.

4.3 Sensibilização com alunos e professores da Escola Municipal Epitácio Pessoa

Durante o mês de junho de 2012, desenvolveu-se um trabalho de sensibilização e educação ambiental junto aos alunos e professores de 5ª a 8ª série do ensino fundamental da EMEP desta comunidade. Aulas e palestras foram realizadas onde os temas abordados relacionavam preservação e poluição das águas, saneamento básico, saúde e a tecnologia alternativa para tratamento de esgoto por zona de raízes.

Foram realizadas quatro visitas a escola, nas aulas das disciplinas de Ciências e Desenvolvimento rural, sempre na terça e quarta-feira, durante 50 minutos em todas as turmas, as palestras eram realizadas (Figura 08). A escolha em desenvolver a sensibilização dos alunos durante as aulas das referidas disciplinas se deu pelo motivo de que as mesmas possuem conteúdos semelhantes aos que seriam abordados nas palestras. A ETE por zona de raízes se torna um grande instrumento a ser utilizado em aulas práticas, onde os

conhecimentos adquiridos em sala de aula poderiam ser aplicados durante as aulas de Ciências e Desenvolvimento regional.

Para o desenvolvimento das atividades de educação ambiental com os alunos e professores, foi desenvolvido planos de aulas que foram repassados às professoras das disciplinas para que as mesmas pudessem inserir os assuntos abordados em seus planos de aula, para que se fosse necessário realizar avaliações ou trabalhos sobre os conteúdos.

A metodologia utilizada nas palestras foram apresentações preparadas em power point que continham imagens, vídeos e histórias para que de forma clara e atrativa o objetivo de participação, envolvimento e conscientização fossem alcançados. Logo após as palestras, um debate era iniciado para que todos pudessem argumentar, comentar e ainda fazer sugestões.



Figura 08: Palestras de Educação ambiental na Escola Municipal Epitácio Pessoa. (A, B e C): Turmas do 5º ao 7º ano; (D): Turma do 8º ano. Fonte: Autora (2012).

No primeiro encontro com os alunos, foi abordado o tema da poluição (Apêndice 01), onde foi apresentado aos alunos conceitos e definições básicas sobre poluição, os tipos e

principais causas, além de questioná-los sobre as fontes de poluição existentes na comunidade e as possíveis consequências trazidas no âmbito local e global. O objetivo com essa temática, é que os alunos entendam as principais fontes de poluição causadas pelas atividades antrópicas e suas reais consequências para o meio ambiente e à saúde e ainda, a importância da preservação e manutenção dos recursos hídricos.

O segundo tema abordado foi saneamento ambiental (Apêndice 02) e os assuntos debatidos em sala de aula esclareciam sobre os procedimentos utilizados e a estrutura necessária para garantir um ambiente saudável, que são: abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, gestão de resíduos sólidos e drenagem urbana. Repassados de forma clara, através de imagens e filmes, os alunos puderam compreender a importância de todos os itens abordados para garantir a saúde do ambiente e das pessoas, e ainda questionar sobre a falta da estrutura de saneamento na comunidade.

No terceiro encontro (Apêndice 03), o assunto abordado foi as doenças transmitidas através do contato ou da ingestão de água contaminada. Com o intuito de esclarecer, informar, as principais doenças, seus vetores, forma de contágio e tratamento foram comentados.

No quarto e último encontro (Apêndice 04) tratou-se sobre a tecnologia alternativa que utiliza plantas para o tratamento de esgoto. O objetivo desta palestra foi o de apresentar a ETE por zona de raízes que seria construída na escola, como seria construída, sua forma de operação e manutenção e a sua importância como uma tecnologia alternativa à tradicional na problemática que envolve a falta de saneamento básico nas áreas rurais do município de Francisco Beltrão.

Os alunos do 8º ano puderam construir uma maquete que representa o sistema (Figura 09), e assim utilizá-la como um instrumento de disseminação e divulgação do projeto em outras escolas ou comunidades que não possuam rede de coleta e tratamento de esgoto.



Figura 09: Maquete da ETE por zona de raízes construída pelos alunos
Fonte: Autora (2012)

4.4 Parcerias e recursos financeiros no projeto

Durante esta etapa, foi necessário buscar parcerias que pudessem contribuir com o desenvolvimento do projeto. Por ser uma Escola municipal, a Prefeitura poderia ser uma parceira no que diz respeito ao fornecimento de mão-de-obra, e ainda os recursos financeiros, materiais e humanos para a implantação do projeto.

Nesse sentido, foi necessário desenvolver um projeto simples que justificasse a implantação da ETE na EMEP e que apresentasse os custos e materiais necessários. Por isso, no mês de agosto, algumas informações, que serão apresentadas nos próximos itens (dimensionamento da fossa séptica e do tanque de raízes), foram essenciais para fazer o levantamento dos materiais e o custo de cada um.

Dessa forma, no mês de setembro, o projeto foi encaminhado à Secretaria de Meio ambiente da Prefeitura municipal de Francisco Beltrão e após algumas conversas e encontros com o Secretário de Meio ambiente e o Engenheiro ambiental responsável a parceria foi firmada.

Sabendo da dificuldade em conseguir recursos financeiros para a construção da ETE por zona de raízes, o projeto foi encaminhado ao Conselho Municipal de Meio Ambiente, o qual foi criado em 2007 com a atribuição de elaborar, indicar e promover projetos que visem a preservação ambiental. Estão representadas no conselho os seguintes órgãos e entidades: Prefeitura Municipal, Associação Empresarial de Francisco Beltrão (ACEFB), Instituto

Ambiental do Paraná (IAP), Sanepar, União das Associações de Francisco Beltrão (UNIBEL), Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural (CMDR), Rotarys, Unioeste, Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Paraná (SEMA), UTFPR e Polícia Ambiental.

Sendo assim, no dia 23 de outubro de 2012, conforme a Ata da reunião (Anexo 01), o Conselho aprovou o desenvolvimento do projeto e o recurso financeiro para a aquisição de materiais seria proveniente do FUNDEMA (Fundo municipal de Meio ambiente).

4.5 Aspectos construtivos e dimensionamento da ETE por zona de raízes

O terreno onde foi construída a ETE por zona de raízes se localiza nos fundos da EMEP e para que fosse possível a instalação do sistema, primeiramente foi realizada a medição e o levantamento topográfico do terreno utilizando um aparelho denominado Estação total (Figura 10). A partir das informações obtidas com o uso do aparelho foi possível prever a localização para a instalação da nova fossa séptica e do tanque de raízes e ainda a declividade.



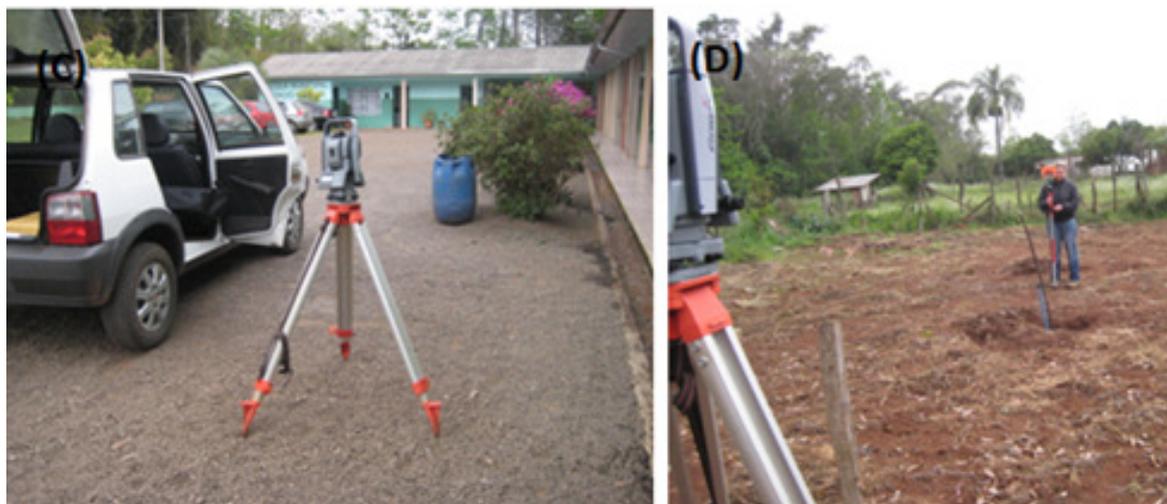


Figura 10: Medições e levantamento topográfico do terreno. (A): Distância da escola até a ETE; (B): Distância entre os buracos da fossa e do tanque; (C): Equipamento estação total; (D): Levantamento topográfico.

Fonte: Autora (2012).

4.5.1 Dimensionamento da Fossa séptica

Como mencionado anteriormente, a EMEP foi fundada em 1978, e a fossa existente foi construída logo na sua fundação, portanto possui cerca de 34 anos e desde então nunca foi feita a manutenção. A fossa foi construída a partir de um buraco no solo cheio de pedras, caracterizada então como uma fossa rudimentar ou “vala negra” como é conhecida. Esse tipo de fossa contribui muito com a contaminação do solo e das águas, pois não possui nenhum tipo de impermeabilização que impeça a percolação do efluente sanitário. Para que o funcionamento e tratamento da ETE de raízes sejam eficazes, foi preciso isolar essa fossa rudimentar para a construção de uma fossa séptica dentro dos padrões e normas estabelecidos.

Conforme Borges (2009), “os tanques sépticos podem ser adquiridos pré fabricados ou construídos pelo próprio interessado. Sendo que suas dimensões devem atender satisfatoriamente a vazão afluente e o armazenamento do lodo, e além disso, permita manutenção fácil, segura e econômica”.

Para o dimensionamento da fossa séptica da Escola utilizamos como parâmetro a NBR 7229/93 – Projeto, Construção e operação de sistemas de tanque séptico. Segundo a norma, o dimensionamento, construção deve levar em consideração alguns aspectos muito importantes, tais como: a quantidade de pessoas, o consumo diário de água e o intervalo entre as limpezas, entre outros fatores.

Para isso, o levantamento de alguns dados foi fundamental para o correto dimensionamento da fossa séptica. Para o levantamento de água consumida por dia, foi

confeccionada uma planilha para controle diário, onde o Diretor da escola fazia a leitura do hidrômetro e anotava os valores na planilha. O controle foi feito por 10 dias, onde pode-se obter uma média de 4,07 m³ por dia.

Segundo a NBR 7229 (1993), o volume útil total do tanque séptico deve ser calculado pela seguinte fórmula (Equação 05):

$$V = 1000 + N (CT + K Lf) \quad (5)$$

Onde:

V = volume útil, em litros.

N = número de pessoas ou unidades de contribuição.

C = contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia.

T = período de detenção, em dias.

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco.

Lf = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia.

Assim, apresentamos abaixo a Tabela 02 com dados para o cálculo da fossa séptica na Escola Municipal Epitácio Pessoa.

Tabela 02: Dados para cálculo da Fossa séptica

<i>Dados</i>	<i>Números</i>
Nº de pessoas atendidas (N)	160
Média de consumo diário de água	4,07 m ³
Contribuição em litros por pessoa/dia (C)	25,4 L/pessoa/dia
Tempo de Detenção (T) Tabela 2 NBR7229/93	0,75
Lodo Fresco (Lf) Tabela 1 NBR7229/93	0,10
Taxa de Acumulação Total de Lodo (K) Tabela 3 – NBR7229/93 - Considerando intervalo de limpeza de 1 ano.	57

Fonte: Autora (2012).

Sendo assim, o cálculo para o volume e dimensionamento do tanque da Escola Municipal Epitácio Pessoa é descrita abaixo (Equação 06):

$$\begin{aligned}
 V &= 1000 + 160 (25,4 \times 0,83 + 57 \times 0,1) && (06) \\
 V &= 1000 + 160 (21,08 + 6,5) \\
 V &= 1000 + 160 (27,58) \\
 V &= 1000 + 4412,8 \\
 V &= 5.412,8 \text{ litros } \mathbf{V= 5,5 m^3}
 \end{aligned}$$

Outro item seguido a partir da NBR 7229 (1993), é o que refere-se à profundidade da fossa séptica e como seu volume é de 5,5 m³, usamos a Tabela 04 da referida NBR para determinarmos a profundidade da fossa séptica.

A partir da determinação do volume da fossa séptica, a questão é como deveria ser construída e que tipo de materiais seriam utilizados. Com o objetivo de reduzir custos optou-se pela escolha de materiais mais simples como, por exemplo, caixa de fibra ao invés da construção da fossa séptica em alvenaria. Sendo assim, utilizou-se um reservatório de fibra com capacidade de 5.000 litros.

Percebe-se que o tamanho do reservatório (de 5m³) é menor que o volume determinado na Equação 06 (de 5,5 m³), mas por se tratar de uma escola, onde a ocupação é temporária e por permanecer desocupada durante o período de férias (cerca de três meses no ano), a capacidade do reservatório pode ser reduzida. As medidas da caixa de fibra de 5.000 litros são as seguintes: 2,10 metros de largura e 2,05 metros de altura, sendo assim, a tabela 03, abaixo apresenta os valores de profundidade estabelecidos na NBR 7229 (1993) para fossas sépticas de até 6m³, e conforme o tamanho da caixa de fibra, o valor adotado para a fossa da escola.

Tabela 03: Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil

<i>Profundidade até 6m³</i>	
Mínima	1,20 m
Máxima	2,20 m
Valor adotado	2,05 m

Fonte: Adaptado de NBR 7229 (1993)

4.5.2 Dimensionamento do Tanque de raízes

Esse tipo de tecnologia alternativa para o tratamento de esgoto não está descrita em nenhuma norma brasileira, o que dificulta a uniformização de parâmetros e critérios de dimensionamento.

O tanque de raízes de fluxo vertical deve ser dimensionado a fim de permitir uma grande transferência de oxigênio para o material de recheio, e desta forma, deve estar fundamentado na obtenção da área superficial mínima requerida para que o balanço de oxigênio possa ser positivo (PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

Sendo assim, a fórmula (equação 07) utilizada para determinar o dimensionamento da ETE por zona de raízes da EMEP, é apresentada por Andrade et al (2012):

$$AT = TDH \times Q \times Pop / 0,46 \quad (07)$$

Onde:

AT= Área de Demanda (m²)

TDH = Tempos de Detenção Hidráulica (dias)

Q = Vazão (m³/dia)

Pop = Número de Usuários

***0,46 é o índice de espaços vazios para ZR com brita nº 2 e areia grossa.**

Abaixo são apresentados os dados a serem utilizados no cálculo de dimensionamento do tanque de raízes (Tabela 04).

Tabela 04: Dados para o cálculo de dimensionamento do tanque de raízes

<i>Dados</i>	<i>Números</i>
Tempo de detenção hidráulica em dias (TDH)	03 dias
Vazão por habitante (m ³ /dia) (Q)	25l/dia/hab. ou 0,025m ³ /dia/hab.
Número de usuários (Pop. Atendida)	160 pessoas

Fonte: A Autora (2012).

Dessa forma, o cálculo para o dimensionamento do tanque está descrito abaixo (Equação 08):

$$AT = 3 (0,025 \times 160) / 0,46 \quad (08)$$

$$AT = 3(4) / 0,46$$

$$AT = 12 / 0,46$$

$$AT = 26,08 \text{ m}^2 \text{ ou } 5,10 \text{ metros de largura } \times 5,10 \text{ metros de comprimento}$$

4.6 Construção da ETE por zona de Raízes na Escola Municipal Epitácio Pessoa

A partir da liberação do recurso financeiro pelo FUNDEMA, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente iniciou a compra dos materiais provenientes de licitações já concluídas, e no início do mês de novembro de 2012, as notas já estavam liberadas para a retirada ou entrega dos materiais. Com a liberação dos materiais, foi necessário entrar em contato com as empresas licitadas para a entrega dos mesmos, mas como algumas delas se encontravam em municípios vizinhos, a entrega dos materiais atrasou alguns dias. A empresa vencedora da licitação que faria as escavações no terreno, não tinha disponibilidade para aquele momento,

então foi necessário aguardar alguns dias para que a máquina retro escavadeira estivesse disponível para a realização do serviço.

Isso representou um atraso para o início da obra, e dessa forma, a construção da ETE por zona de raízes iniciou na segunda semana do mês de dezembro de 2012, com as escavações dos buracos para a fossa séptica e o tanque de raízes. Ao lado do terreno da escola, existe uma pequena sanga que separa a escola do terreno vizinho, e por isso, para que a máquina retro escavadeira e os caminhões pudessem ter acesso ao terreno, foi necessário improvisar uma passagem com algumas manilhas de concreto.

Segundo Philippi e Sezerino (2004),

“Das questões locais, a área disponível e o nível do lençol freático são elementos primordiais no dimensionamento e construção dos filtros. Caso a área disponível, em uma residência, por exemplo, for insuficiente, ou seja, menor do que a área calculada, deve-se buscar soluções diferenciadas (ou compactas) para tratar o efluente em questão. Em relação ao lençol freático caso este esteja superficial – a poucos metros de profundidade, faz-se necessário rebaixá-lo ou construir o filtro plantado com macrófitas de forma que garanta a sua estanqueidade e/ou sob aterro”.

Algumas dificuldades foram encontradas durante a escavação dos buracos, uma delas é que o lençol freático é muito superficial (menos de 1 metro de profundidade), e durante as escavações, a água sempre esteve presente. Outra dificuldade, a chuva que foi constante durante boa parte do mês de dezembro, e por este motivo, a construção da ETE somente foi iniciada na metade do mês de dezembro, logo após o encerramento do ano letivo.

A construção da ETE seguiu o modelo abaixo (Figura 11), apresentado por Andrade et al (2012).

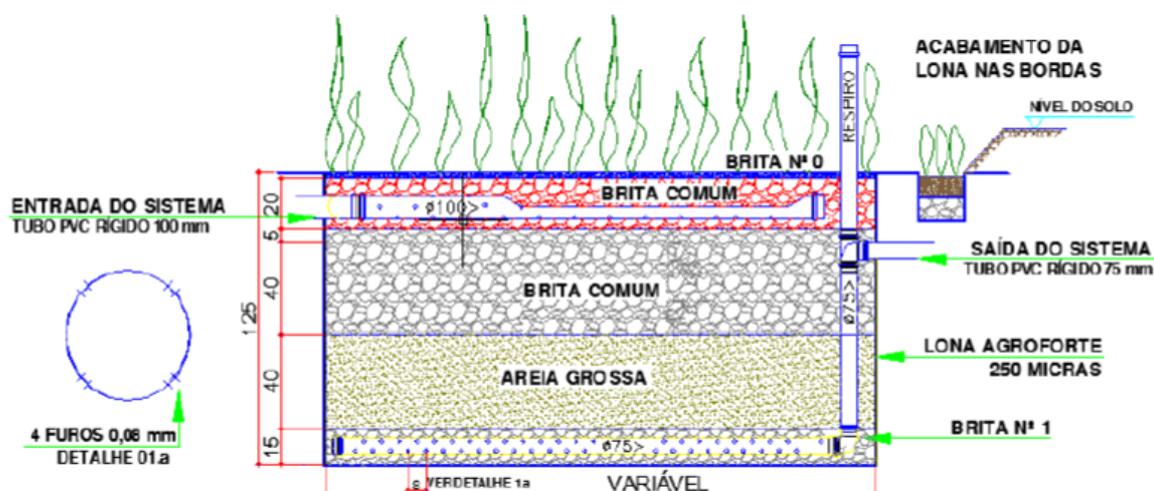


Figura 11: Modelo do tanque de raízes
Fonte: Andrade et al (2012).

4.6.1 Passo a passo da construção

Na sequência, apresentar-se-á, cada passo da implantação da ETE por zona de raízes na EMEP.

1) Escavações (Figura 12): O primeiro passo, como dito anteriormente, foi a escavação dos buracos para a fossa séptica e a do tanque de raízes. Seguindo os cálculos feitos, o sistema foi desenvolvido para atender cerca de 160 pessoas e sendo assim, o buraco da fossa séptica foi escavado com 2,40 metros de diâmetro e 2,30 metros de profundidade, um pouco maior que as medidas do tamanho da caixa de fibra de 5 m³, a fim de facilitar a colocação da caixa. Já o tanque de raízes, foi escavado seguindo os cálculos realizados para o seu correto dimensionamento, ou seja, 5,10 x 5,10 x 1,30 (largura, comprimento e profundidade).



Figura 12: Escavações no terreno. (A): Escavação do buraco para filtro com raízes; (B): Escavação do buraco da fossa séptica.

Fonte: Autora (2012).

2) Preparo da Tubulação: Os canos utilizados para a distribuição do efluente dentro do filtro são de 100 mm e como possuem comprimento de seis metros cada barra, precisou-se cortá-los para ficarem no tamanho condizente com o do sistema (Figura 13 A). Para montar a tubulação que distribui o efluente pelo filtro com raízes, três canos de 100 mm foram utilizados e cortados no comprimento de 3,5 metros, e ainda fez-se um corte longitudinal em cada um deles (Figura 13B), a fim de facilitar a sua distribuição pelo sistema. Em seguida os canos foram perfurados (Figura 13 C), com uma broca de 7,5 mm por toda a sua extensão e

unidos através de canos de 1,5 m de comprimento, curvas e tees com o objetivo de formar um modelo de “garfo” (Figura 13 D).

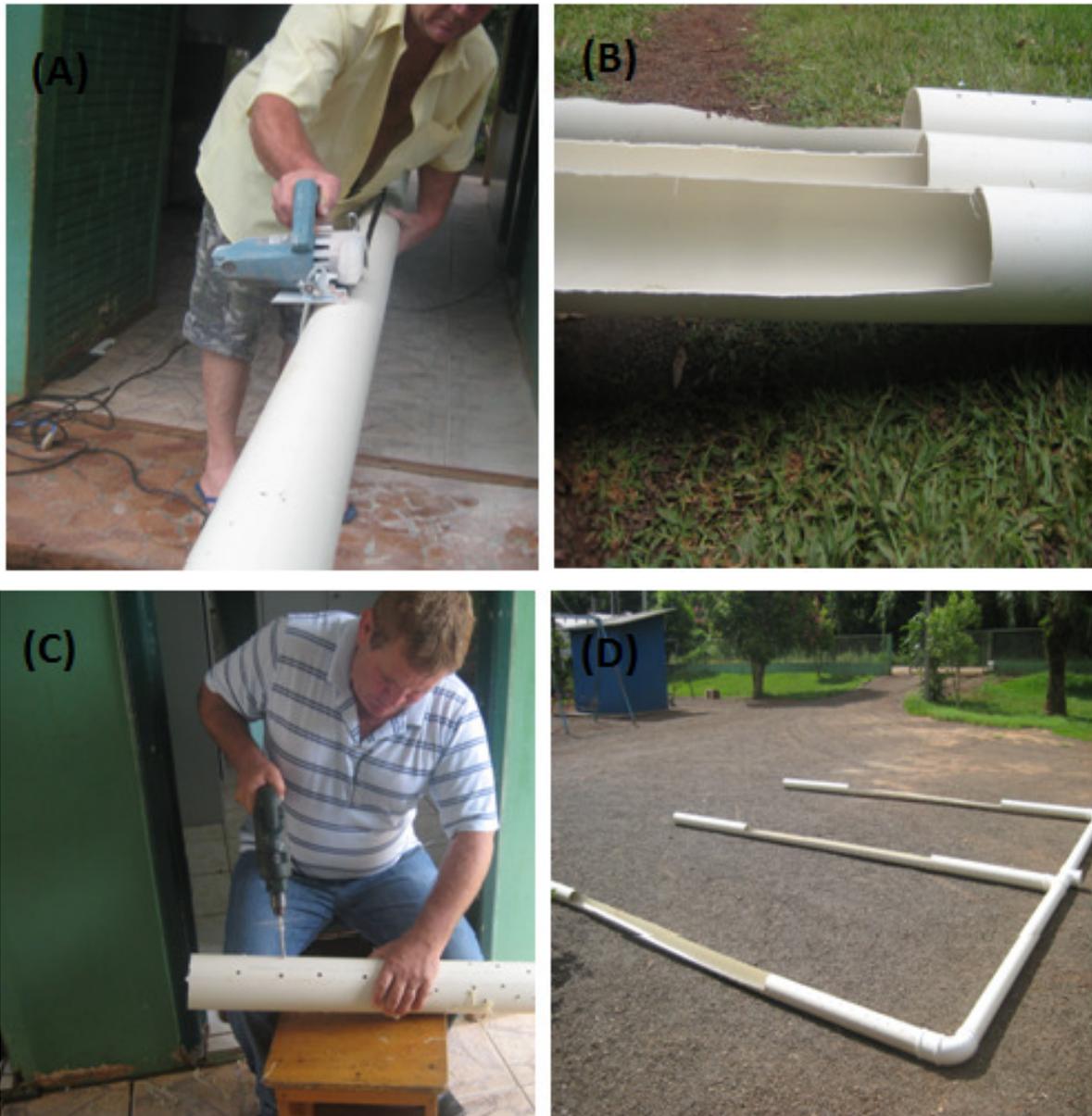


Figura 13: Preparação da tubulação de 100 mm para distribuição do efluente. (A) Corte dos canos; (B) Detalhe do corte longitudinal; (C) Perfuração dos canos com broca de 7,5 mm; (D) Montagem do sistema de distribuição com modelo de “garfo”.

Fonte: Autora (2012).

Para a preparação dos canos que recolhem o efluente tratado e enviam para fora da ETE, foram utilizadas quatro barras de canos com 75 mm. Os mesmos foram cortados numa medida de 3,5 m cada (Figura 14 A) e perfurados com uma broca de 7,5 mm (Figura 14 B). Em seguida montou-se um quadrado, utilizando curvas (Figura 14 C), e numa das extremidades foi encaixado um cano de 75 mm que servirá para monitoramento da ETE, e

nele colocou-se um tee de 75 mm para fixar outro cano que levará o efluente tratado para fora da ETE (Figura 14 D).



Figura 14: Preparação da tubulação de 75 mm que irá coletar o efluente tratado e enviá-lo para fora da ETE. (A): Corte dos canos; (B): Perfuração dos canos; (C): Montagem do quadrado; (D): Tubulação em forma de quadrado com o cano que servirá de respiro.
Fonte: Autora (2012)

3) Fossa séptica: A tubulação proveniente da escola até a ETE, primeiramente foi direcionada até a fossa séptica, a qual foi construída utilizando uma caixa de fibra com capacidade para 5m³. A caixa foi enterrada no solo (Figura 15 A), e em seguida foi feita a ligação do cano que traz o esgoto sanitário da escola, e que o conduz através de uma abertura até a entrada da fossa séptica (figura 15 B). Dentro da fossa, o efluente bruto fica depositado no fundo e na superfície, concentra-se boa parte das gorduras, óleos que formarão a espuma, devendo ser conduzido para o filtro apenas o efluente que se encontra no meio da fossa. Sendo assim, a caixa foi perfurada cerca de 15 cm abaixo do nível do cano de entrada, com uma prolongação feita com uma curva e parte de um cano de 100mm para que o mesmo atingisse o meio da caixa (Figura 15 C). A próxima etapa foi a vedação da tampa da caixa de

fibra com silicone e ainda fez-se um buraco na parte central da tampa e colocou-se um cano de 100 mm devidamente tampado para facilitar no momento de limpeza e esgotamento da fossa séptica. Para finalizar, cobriu-se a tampa da fossa séptica com duas camadas da mesma lona utilizada para a impermeabilização do filtro com raízes, impedindo a entrada de ar dentro da fossa, a fim de garantir a proliferação de bactérias anaeróbias na degradação da matéria orgânica e evitar o mau cheiro.



Figura 15: Fossa séptica. (A): Colocação da caixa de fibra de 5m³; (B): Saída do esgoto sanitário da escola para a fossa séptica; (C): Abertura na caixa para realização da limpeza da fossa; (D): Fossa séptica finalizada.

Fonte: Autora (2013)

4) Colocação da lona e preenchimento do filtro: A impermeabilização do filtro de raízes foi feito com duas camadas de lona plástica de 150 micras, tomando-se o devido cuidado para não perfurá-la durante o manuseio (Figura 16), com uma sobra de cerca de 1 metro de comprimento em cada borda.



Figura 16: Colocação da lona
Fonte: Autora (2013).

Após a colocação da lona, a tubulação que capta o efluente tratado pelo tanque de raízes, foi instalada no interior da ETE (Figura 17 A). Em seguida, deve-se perfurar a lona para que os canos de entrada e saída do efluente sejam colocados, sendo necessária a vedação para evitar vazamentos. A tubulação de saída foi instalada 20 cm abaixo do nível de entrada do esgoto bruto.

O início do preenchimento do material filtrante na ETE, deu-se como uma camada de cerca de 10 cm de pedra brita nº 1, que deve cobrir a tubulação para evitar entupimento (Figura 17 B). A próxima camada é de 40 cm de areia grossa (Figura 17 C), que ficará acima da tubulação e da camada de 10 cm de pedra. Em seguida a ETE deve ser preenchida com mais uma camada de pedra brita nº 1, com cerca de 40 cm de altura (Figura 17 D).

Com o término do preenchimento do material filtrante na ETE, agora fez-se a instalação da tubulação de distribuição do efluente, previamente preparada (Figura 17 E). O próximo passo foi a cobertura com pedra brita nº 0 (pedrisco), para evitar odores e a presença de insetos (Figura 17 F). Com isso, a ETE por zona de raízes da EMEP foi instalada e pronta para o uso.

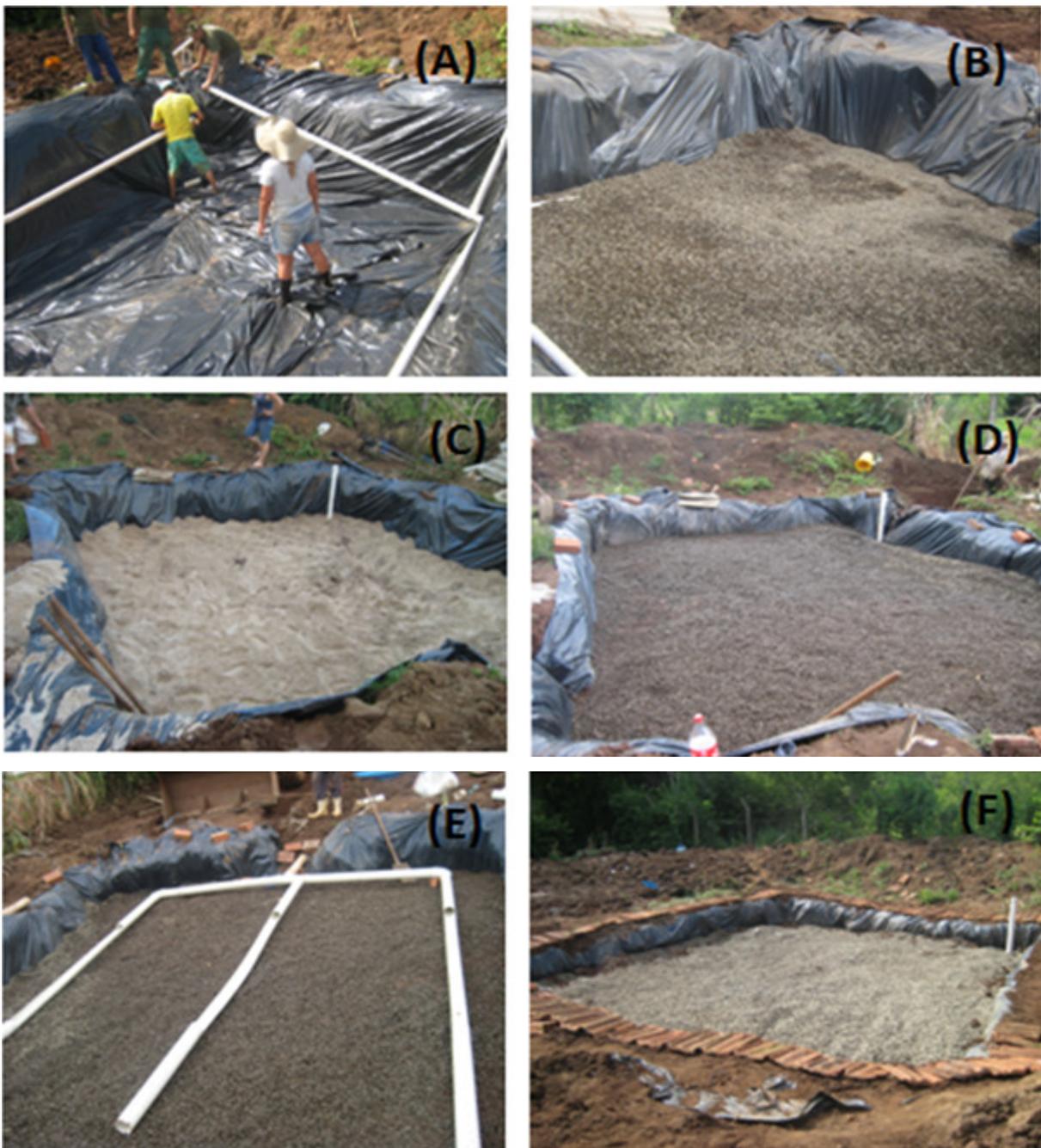


Figura 17: Preenchimento do filtro. (A): Instalação da tubulação no interior da ETE; (B): Camada de 10 cm de brita nº 1; (C) Preenchimento com 40 cm de areia grossa; (D): Preenchimento com 40 cm de brita nº 1; (E): Instalação da tubulação de distribuição do efluente; (F): cobertura com brita nº 0. Fonte: Autora (2013).

6) Plantio das mudas: Como o filtro com raízes necessita do efluente proveniente da fossa séptica para garantir a sobrevivência das plantas, somente após 5 dias de funcionamento da ETE, realizou-se o plantio das mudas de *Zantedeschia aethiopica* (copo-de-leite). As mudas foram doadas pela comunidade, pois existe em abundância no local (Figura 18).



Figura 18: Plantio de mudas pela comunidade local. (A): Morador da comunidade colhendo as mudas; (B): Mudas de *Zantedeschia aethiopica* (copo-de-leite); (C): Flor da *Zantedeschia aethiopica* (copo-de-leite); (D): Plantio de mudas.

Fonte: Autora (2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tecnologia de tratamento de esgoto por zona de raízes mostrou-se ser aplicável em qualquer situação onde a infraestrutura de saneamento for inexistente, principalmente quando se trata de comunidades rurais afastadas dos centros urbanos. No caso da Comunidade Rural da Seção Jacaré, a qual está localizada cerca de 10 km do centro urbano de Francisco Beltrão, a implantação da ETE na Escola Municipal Epitácio Pessoa como numa proposta de saneamento descentralizado atingiu resultados satisfatórios, pois se tornou um mecanismo de mobilização social em prol do benefício coletivo.

A poluição causada pelo lançamento de esgoto sanitário e os problemas causados pela sua contaminação no solo e das águas em muitas das propriedades locais, serviu como incentivo à população local para que o projeto fosse desenvolvido. A receptividade foi algo

extraordinário, onde a comunidade, representada através da Escola aceitou o desafio de conhecer, entender e implementar essa tecnologia que além de empregar um método simples é eficaz no tratamento de esgoto.

As palestras de educação ambiental junto aos alunos, professores e funcionários da EMEP, e também a participação e o envolvimento da comunidade no desenvolvimento e construção da ETE, foram fundamentais na disseminação dessa tecnologia, além de esclarecer dúvidas sobre o saneamento básico da região e ampliar o conceito de desenvolvimento sustentável para a comunidade.

A EMEP poderá ainda aproveitar a ETE nas aulas de Ciências e Desenvolvimento rural, onde os conhecimentos adquiridos em sala de aula poderão ser aplicados na prática pelos alunos.

Durante a construção da ETE, muitas foram as dificuldades encontradas, sendo a principal delas o aumento das chuvas durante o mês de dezembro, fator determinante para que ocorresse um atraso no cronograma e planejamento de execução da obra.

O local onde a ETE foi construída apresenta um terreno bastante úmido, com lençol freático superficial e por isso, a presença da água sempre constante representou uma dificuldade enorme, mas foi superada como auxílio de uma moto-bomba, que pode garantir a correta impermeabilização do solo.

Todas as dificuldades encontradas serviram como uma forma de aprendizado e também como uma comprovação de que a implementação de uma ETE por zona de raízes, mostrou-se viável, mesmo com as piores condições de terreno e tempo (Figura 19).



Figura 19: ETE por zona de raízes na Escola Municipal Epitácio Pessoa concluída.

Fonte: Autora (2013).

A participação e o acompanhamento da comunidade no desenvolvimento do projeto despertaram em alguns moradores o interesse em construir uma ETE por zona de raízes em suas propriedades, pois os mesmos puderam verificar na prática os benefícios do sistema no tratamento, e dessa forma o objetivo de transferência da tecnologia e sua replicabilidade foi alcançado.

O sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes, quando comparado com os sistemas convencionais utilizados, representa um grande diferencial com relação aos seus custos de implantação, operação e manutenção. Tendo um baixo custo de investimento, a ETE por zona de raízes da EMEP foi concluída em apenas três dias e como mencionado anteriormente os recursos para a aquisição dos materiais foram conseguidos através do FUNDEMA, e sendo assim, o repasse da verba não seria em dinheiro, e os materiais seriam comprados através de processos licitatórios da prefeitura mediados pela Secretaria de meio ambiente.

Dessa forma, os custos com os materiais tornaram-se mais baratos se comparados com orçamentos realizados por pessoas físicas. Na Tabela 05 abaixo, serão descritos os materiais necessários para a construção da ETE por zona de raízes, a quantidade e custos.

Tabela 05: Materiais e custos

<i>Material</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Unidade de medida</i>	<i>Custo unit.</i>	<i>Custo total</i>
Tubos DN100	8	Metros	R\$ 23,79	R\$ 190,32
Tubos DN75	5	Metros	R\$ 79,50	R\$ 397,50
Joelhos 75 mm	5	Unid.	R\$ 1,89	R\$ 9,45
Curvas 100 mm	7	Unid.	R\$ 2,29	R\$ 16,03
Tee 75 mm	4	Unid.	R\$ 4,89	R\$ 19,56
Tee 100 mm	3	Unid.	R\$ 4,39	R\$ 13,17
Lona para impermeabilização	30	Metros	R\$ 4,30	R\$ 129,00
Areia grossa			SEM CUSTO *	
Brita comum	20	m ³	R\$ 28,00	R\$ 560,00
Brita nº 0 (pedrisco)	5	m ³	R\$ 28,00	R\$ 140,00
Mudas			SEM CUSTO**	
Cola de Silicone 50g	08	Unid.	R\$ 3,30	R\$ 26,40
Fita isolante	03	Unid.	R\$ 2,10	R\$ 6,30
Caixa de fibra 5m ³ para fossa	01	Unid.	R\$ 748,00	R\$ 748,00
Máquina Retro-escavadeira	08	Hora/máquina	R\$ 170,00	R\$ 1.360,00
Gasolina para moto-bomba	20	Litros	R\$ 2,89	R\$ 57,80
Encanador	02	Dias	R\$ 80,00	160,00
TOTAL				R\$ 3.833,53

* Areia já existia no estoque da prefeitura

** As mudas foram doadas pela comunidade

O capital de investimento para a construção desta ETE por Zona de raízes na Escola Municipal Eptácio Pessoa, totaliza o valor de R\$ 3.833,53. Pode-se mencionar que o investimento é de baixo custo, pois a população atendida pelo sistema é de 160 pessoas, ou seja, o capital de investimento é de R\$ 23,95 por pessoa.

Os custos operacionais deste sistema não são muito representativos, pois é economicamente viável não exigindo uma frequência determinada de monitoramento e operação. Este é um dos quesitos que torna o sistema viável para a implantação em populações de baixa renda sem acesso ao tratamento de esgoto. Dessa forma, a ETE por zona de raízes é uma tecnologia alternativa economicamente viável no tratamento de efluente sanitário, e ainda com grande capacidade de influência social na sua realização de sua manutenção.

6 CONCLUSÃO

O desafio do desenvolvimento sustentável está em conciliar aspectos, ambientais, sociais e econômicos junto a uma sociedade cujo crescimento baseia-se na constante afirmação de auto suficiência, negando a natureza e explorando seus recursos de forma devastadora. Para que o desenvolvimento sustentável seja possível, primeiramente faz-se necessário suprir as necessidades básicas das populações, sendo o saneamento básico uma delas.

A falta de investimento e estrutura nessa área tornou-se um dos grandes desafios da maioria dos municípios brasileiros, pois requer um alto custo de investimento, tornando-se inviável e isto, acarreta conseqüências em todos os níveis da sociedade, seja pela poluição causada ao ambiente ou nos danos à saúde da população.

Analisando os aspectos básicos que norteiam o desenvolvimento sustentável e a tecnologia alternativa empregada nesse projeto, pode-se concluir que a ETE por zona de raízes, é um projeto economicamente viável, pois permite o uso de recursos locais, baratos, acessíveis e com baixo custo de operação e manutenção. Ambientalmente correto, pois não utiliza de nenhum recurso energético para seu funcionamento, e é eficiente no tratamento diminuindo o impacto ambiental provocado na água e no solo. E tem uma utilização social enorme, pois promove a participação da comunidade local em função de um bem maior e coletivo.

Isso demonstra que o uso de tecnologias acessíveis, que empregam métodos simples na busca de solucionar o problema do saneamento básico torna-se um instrumento promissor na construção de um desenvolvimento sustentável e na preservação ambiental.

A implantação da ETE por zona de raízes na Escola Municipal Epitácio Pessoa da Comunidade rural da Seção Jacaré no município de Francisco Beltrão, também funcionou como uma ferramenta de apoio na educação ambiental, sendo esta utilizada para demonstrar a importância da preservação da qualidade da água e do ambiente.

Durante o desenvolvimento do projeto, a conscientização, participação, envolvimento da comunidade, juntamente com o poder público, representado pela Secretaria de Meio Ambiente e a Universidade através do projeto de pesquisa implantado, foi possível transferir e repassar a tecnologia para que a mesma possa servir como um projeto piloto para uma política pública de saneamento rural.

Sendo assim, acredita-se que a solução para os problemas ambientais em níveis globais, não depende de grandes tratados e acordos internacionais, mas sim de uma

transformação social local, que posicione o cidadão na sua realidade, permitindo sua participação integral na busca de melhorias da sua qualidade de vida e do ambiente em que está inserido. Por isso, concluímos que todos os objetivos pretendidos com a implantação da ETE foram alcançados.

Como uma próxima etapa da implantação da ETE por zona de Raízes na Escola Municipal Eptácio Pessoa, considera-se a realização de análises físico-químicas do efluente a fim de avaliar a sua efetividade no tratamento do esgoto sanitário. A continuidade poderá ser realizada por alunos do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná/ campus de Francisco Beltrão, que demonstraram interesse como projeto de pesquisa para seus trabalhos de conclusão de curso.

Como continuidade deste projeto sugere-se a realização de treinamentos futuros para moradores da Comunidade rural da Seção Jacaré sobre a construção, funcionamento, operação e manutenção da ETE e também o acompanhamento e orientação durante a execução de novos projetos nas propriedades.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnicas. **NBR 7229. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.** Rio de Janeiro. 15p. 1993.

ANDRADE, Helisson H.B. de; BORBA, Aliny, L.B.; **Saneamento Descentralizado: Zonas de Raízes na Adequação de Esgotos.** Minicurso promovido por Ybá Projetos e Soluções ambientais. 09 e 10 de agosto de 2012. Quatro Barras. 2012.

ANDRADE, Helisson H. B. de. **Avaliação do desempenho de sistemas zona de raízes (wetlands construída) em escala piloto aplicados ao tratamento de efluente sintético. 2012. 87 f.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. 2012.

ANDRADE, Helisson, H. B. ; BORBA, Aliny, L. B. ; KAICK, Tamara, S. V. **Implantação e difusão da tecnologia de zona de raízes para o tratamento de esgoto em escolas na região metropolitana de Curitiba.** In: Rede WATERLAT Conferência Internacional, 2010, São Paulo. Anais Rede WATERLAT Conferência Internacional, 2010.

ARAÚJO, Geraldino.C.A.; BUENO, Miriam.P.; MENDONÇA, Paulo. S.M.; SOUZA, Adriana.A. **Sustentabilidade empresarial: conceito e indicadores.** In: III Congresso Virtual Brasileiro de Administração - CONVIBRA, 2006. Anais do III Congresso Virtual Brasileiro de Administração - CONVIBRA, 2006.

BORGES, Nayara Batista. **Caracterização e pré-tratamento de lodo de fossas e tanques sépticos.** Dissertação (Mestrado – Programa de Pós Graduação e Área de concentração em Hidráulica e saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2009.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 2007.

BRIX, Hans. **Function of macrophytes in constructed wetlands.** Water Science and Technology, London, v. 29, n. 4, p. 71-78, 1994.

BRIX, Hans. Treatment of Wastewater in the Rhizosphere of Wetland Plants –The Root-Zone Method. **Water. Science and. Technology.** Vol. 19. p.107-118. 1987.

CASTRO, Teresa. B; FIORINI, Murilo P. ; LINO, Davi.M. **Estação de tratamento de esgoto doméstico por meio de zona de raízes: Proposta de saneamento básico no município de Jacareí, SP.** In: VII Encontro de iniciação científica e III Encontro de Pós-Graduação, 2003, São Jose dos Campos, 2003.

CARVALHO, Anésio.R. de. OLIVEIRA, Maria.V.C. **Princípios básicos do saneamento do meio**. 7. ed. rev. e ampl. São Paulo: SENAC, 2003. 400 p.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. da Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430p. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>. Acesso em: 15/10/2011.

CONSELHO DA EUROPA. **Carta Européia da água. 1965**. Disponível em: <http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/pdf/OCiclododaAgua.pdf>. Acessado em: 15/03/2012

DAGNINO, Renato. P. **A tecnologia social e seus desafios**. 2004. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/site/publicacoes/138/A%20tecnologia%20social%20e%20seus%20desafios.pdf>. Acessado em: 30/05/2011.

DAGNINO, Renato. P; LIMA, Márcia. M.T; FONSECA, Rodrigo. **Um enfoque tecnológico para inclusão social**. 2008. Disponível em: <http://www.revistappp.org/pdf/artigo5ppp2.pdf>. Acesso em: 30/05/2011.

DEMOLINER, Karine. S. **Água e saneamento básico: regimes jurídicos e marcos regulatório no ordenamento brasileiro**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. 220 p.

DERISIO, José. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Signus, 2007. 192 p. ISBN 9788587803290.

DIAS, Rafael. B. **Tecnologia social: atores sociais e medidas de PCT**. 2006. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/gapi/TS%20ATORES%20E%20PCT.pdf>. Acesso em: 30/05/2011.

DUARTE, Marise. C. de S. **Meio Ambiente Sadio: Direito fundamental em crise**. Curitiba: Juruá Editora, 2003, p. 21.

FREITAS, Elpidio. A.V.; JÚNIOR, Judicael.C.; KRONEMBERGER, Denise. M.P.; **Saneamento e Meio Ambiente**. In Atlas de Saneamento 2011. IBGE. 2011. 268 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Pesquisa Nacional de Saneamento básico** - 2008. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoadevida/pnsb2008/tabelas_pdf/tab054.pdf . Acesso em: 14.09.2010

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Brasil 2010**. Estudos e pesquisas informação geográfica. n.7. Rio de Janeiro, 2010.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno estatístico município de Francisco Beltrão**. Junho de 2012.

JACOBI, Pedro. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Cad. Pesqui., São Paulo, n. 118, mar. 2003 . Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010015742003000100008&lng=pt&nrm=iso>. acesso em 26 mar. 2012.

JÚNIOR, Oklinger. M.; SAMPAIO, Carlos. A.C.; **Governança para o desenvolvimento territorial sustentável**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v. 18, p.77-88, 2010.

KAICK, Tamara. S. V. **Estação de tratamento de esgotos por zona de raízes: Uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná**. 2002. 128 f. Tese (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2002.

KAICK, Tamara. S. V; MACEDO; Carolina X.; PRESZNHUK; Rosélis. A.; **Jardim ecológico - Tratamento de esgoto por zona de raízes: Análise e comparação da eficiência de uma tecnologia de saneamento apropriada e sustentável**. VI Semana de Estudos de Engenharia ambiental. 02-05 de junho. 2008. UNICENTRO – Campos de Irati. Disponível em: [www.unicentro.br/.../jardim%20ecologico%tratamento de esgoto%por zona de raízes](http://www.unicentro.br/.../jardim%20ecologico%tratamento%de%esgoto%por%zona%de%raizes). Acesso em: 02.10.2010.

LAYRARGUES, Philippe. P. **Educação para a gestão ambiental: a cidadania no enfrentamento político dos conflitos socioambientais**. In: Philippe Pomier Layrargues; Carlos Frederico Bernardo Loureiro; Ronaldo Souza de castro. (Org.). Sociedade e Meio Ambiente: a educação ambiental em debate. 1 ed. São Paulo: Cortez, 2000, v. 1, p. 87-155

LEFF, Enrique. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2009. 494 p.

LEMES, João. L.V.B ; SCHIRMER, Waldir.N; CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler ; KAICK, Tamara Simone Van ; ABEL, Osnei ; BÁRBARA, Rozenilda Bárbara . **Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural**. Revista Acadêmica. Ciências Agrárias e Ambientais, v. 6, p. 169-179, 2008.

LEWINSOHN, Thomas; PRADO, Paulo I. **Biodiversidade Brasileira: síntese do estado atual do conhecimento**. 2ª ed. São Paulo: Editora Contexto, 2008.

LOUREIRO, Carlos Bernardo (Org.) **Sociedade e meio ambiente: a educação ambiental em debate**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002. 183 p.

MORAES, Danielle. S.L.; JORDÃO, Berenice.Q. **Degradação dos recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana**. Revista saúde pública; 2002. p. 370-374.

NUNES, Celso. L. **O trabalhador e a tecnologia na era da globalização**. 2008. Disponível em: <http://www.uniguacu.edu.br/deriva/Ensaios/docente/artigo-globaliz-Celso.pdf>. Acesso em: 01/06/2011.

OLIJNYK, Débora. P. **Avaliação da Nitrificação e Desnitrificação de Esgoto Doméstico Empregando Filtros Plantados com Macrófitas (Wetlands) de Fluxos Vertical e Horizontal – Sistemas Híbridos**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. UFSC, 2008. 113p.

OLIJNYK, Débora. P.; PHILIPPI, Luiz. S.; KOSSATZ, Bruno.; SEZERINO, Pablo.H. **Eficácia dos sistemas de tratamento de esgoto doméstico e de água para consumo humano utilizando wetlands considerando períodos diferentes de instalação e diferentes substratos e plantas utilizados.** Relatório Final de pesquisa. UFSC. 2007.

OLIVEIRA, Ricardo. D. . **Crise ambiental como crise da racionalidade científica moderna: uma discussão filosófica para uma olhar holístico a ciência geográfica.** In: II Encontro nacional de História do Pensamento Geográfico, 2009, São Paulo - USP. Anais do II encontro nacional de História do Pensamento Geográfico, 2009. Disponível em: <http://enhpgii.files.wordpress.com/2009/10/ricardo-devides-oliveira1.pdf>. Acesso em: 29/06/2011

PELICIONI, Maria. C.F. **Educação ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade.** Saúde soc., São Paulo, v. 7, n. 2, dez. 1998. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12901998000200003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 26 mar. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12901998000200003>

PLATZER, Cristoph.; HOFFMANN, Heike.; SENF, Cristian. ; CARDIA, Wesley. ; COSTA, Rejane. H. R. **Dimensionamento de Wetland de Fluxo Vertical com Nitrificação - Adaptação de Modelo Europeu para as Condições Climáticas do Brasil.** In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte. Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

PHILIPPI, Luiz. S.; SEZERINO, Pablo. H. **Aplicação de Sistemas Tipo Wetlands no Tratamento de Águas Residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas.** 1. ed. Florianópolis: Edição do Autor, 2004. v. 500. 144 p.

PHILIPPI, Luiz. S. **Saneamento Descentralizado como Instrumento para o Desenvolvimento Sustentável.** 2000. (Apresentação de Trabalho/Simpósio). ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. IX SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

PHILIPPI, A.J; PELICIONI, Maria. C.F. (Ed.). **Educação ambiental e sustentabilidade.** Barueri, SP: Manole. 2005. xviii, 878 p.

PHILIPPI, Luiz. S.; OLIJNYK, Débora. P. **Eficácia dos sistemas de tratamento de esgoto doméstico e de água para consumo humano utilizando wetlands considerando períodos diferentes de instalação e diferentes substratos e plantas utilizadas.** 2007. (Relatório de pesquisa).

REIS, Lineu. B. dos; FADIGAS, Eliane. A. A.; CARVALHO, Cláudio. E. (Autor). **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável.** Barueri, SP: Manole, 2005. x, 415 p.

SALATI, Eneas. **Controle de Qualidade de Águas Através de Sistemas de Wetlands Construídas.** In: 45 Anos do CNPq, 1997, São Paulo. 45 anos do CNPq, 1997.

SILVA, Selma. C. **Wetlands Construídos de Fluxo Vertical com Meio Suporte de Solo Natural Modificado no Tratamento de Esgotos Domésticos**. 231 f. 2007. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)-Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

TOZONI REIS, Marília. F. de C. **Educação ambiental: natureza, razão e história**. 2. ed., rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2008. 166 p. (Coleção Educação Contemporânea) ISBN 9788574960913.

UNIAGUA - Universidade da água. Disponível em <http://www.uniagua.org.br/>. Acesso em 20/03/2012.

VEIGA, José. E. **Sustentabilidade: a legitimação de um novo valor**. Editora Senac. São Paulo, 2010.

WEISS, H. **Optimierung der Nährstoffentfernung von Bewachsenen Bodenfiltern (Horizontalfilter) Empfehlung für Bemessung Bau und Betrieb**. München, 1994. Diplomarbeit Fachhochschule Ravensburg-Weingarten

APÊNDICE 01

Implantação do Tratamento de esgoto por zona de raízes: Educação ambiental com os alunos da Escola Municipal Epitácio Pessoa – Comunidade Rural Seção Jacaré

Título da Aula 01: Poluição

Data: 12/06/2012

Público – alvo: Alunos de 5º a 8 º série

Conteúdos:

- Apresentar aos alunos conceitos e definições básicas sobre poluição;
- Explicar quais os tipos de poluição e suas principais causas;
- Questionar as fontes de poluição da Comunidade;
- Abordar as conseqüências trazidas pela poluição em âmbito local e global.

Metodologia: Aula expositiva

Material didático: Data-show, quadro-negro e giz.

Objetivo: Através dos conhecimentos repassados durante a aula, pretende-se que o aluno compreenda sobre os diversos tipos de poluição causada pelas atividades humanas e suas principais conseqüências ao ambiente. Promover a conscientização sobre as principais fontes de poluição existentes na comunidade e na escola.

APÊNDICE 02

Implantação do Tratamento de esgoto por zona de raízes: Educação ambiental com os alunos da Escola Municipal Epitácio Pessoa – Comunidade Rural Seção Jacaré

Título da Aula 02: Saneamento ambiental

Data: 13/06/2012

Público – alvo: Alunos de 5º a 8 º série

Conteúdos:

- Esclarecer o conceito e definição de saneamento ambiental;
- Abordar temas sobre o abastecimento de água, coleta, tratamento e destino final dos resíduos líquidos (esgoto) e dos resíduos sólidos.
- Apresentar as principais doenças relacionadas à água.
- Argumentar sobre os problemas de saneamento ambiental na comunidade.

Metodologia: Aula expositiva

Material didático: Data-show, quadro-negro e giz.

Objetivo: Apresentar aos alunos a importância da saúde e saneamento ambiental no sentido de evitar as doenças que surgem das relações de envolvimento com o meio ambiente através do controle da água, ar e solo, relativos à saúde pública e a problemática com a água, esgotos e lixo. Relacionar saúde, doença e segurança com o meio ambiente e saneamento básico.

APÊNDICE 03

Implantação do Tratamento de esgoto por zona de raízes: Educação ambiental com os alunos da Escola Municipal Eptácio Pessoa – Comunidade Rural Seção Jacaré

Título da Aula 03: Doenças transmitidas pela água

Data: 14/06/2012

Público – alvo: Alunos de 5º a 8º série

Conteúdos:

- O esgoto como principal poluidor das águas e fator determinante na ocorrência de doenças infecciosas;
- Apresentar as principais doenças relacionadas à água: diarreia, hepatite, febre tifóide, leptospirose, dengue e etc.
- Ciclo das doenças;
- Atividades de lazer, preparo de comidas, ingestão de água contaminada, vetores transmissores de doenças.
- Formas de contágio e prevenção;

Metodologia: Aula expositiva

Material didático: Data-show, quadro-negro e giz.

Objetivo: Apresentar aos alunos as principais formas de contágio de doenças causadas pelo despejo de esgoto não tratado e todas as consequências provocadas na saúde e bem estar da comunidade.

APÊNDICE 04

Implantação do Tratamento de esgoto por zona de raízes: Educação ambiental com os alunos da Escola Municipal Eptácio Pessoa – Comunidade Rural Seção Jacaré

Título da Aula 04: Estação de tratamento de esgoto por zona de raízes

Data: 15/06/2012

Público – alvo: Alunos de 5º a 8º série

Conteúdos:

- Para que serve a ETE por zona de raízes?;
- Como é construída? Qual a importância da fossa séptica;
- Como é o funcionamento da ETE e como acontece o tratamento.
- Manutenção e cuidados com o sistema.
- Argumentar sobre as fossas existentes nas casas dos alunos.

Metodologia: Aula expositiva

Material didático: Data-show, quadro-negro e giz.

Objetivos: Demonstrar a importância da ETE por zona de raízes no tratamento de esgoto de comunidades que não possuem rede de coleta e tratamento de esgoto. Apresentar o método simples utilizado na construção e na manutenção, e ainda, como será a construção da ETE na escola.

ANEXO I

Em vinte e três dias do mês de outubro do ano de dois mil e doze, reuniram-se os membros do Conselho Municipal de Meio Ambiente abaixo assinados, representando entidades e Secretarias da Prefeitura Municipal. Iniciando a reunião, o Presidente Ulmar Rigo explanou o motivo desta reunião relembrando os assuntos tratados na reunião anterior, onde ficou especificada a utilização dos recursos do FUNDEMA para pagamento e aquisição de itens. Na explicação, abordou que se mantinha a aquisição de um GPS que será usado para a Polícia Ambiental, o pagamento de parte do plano de contenção das Cheias do Rio Marrucas, pagamento da Imagem de Satélite do Município, pagamento do Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos do Município e a construção das paredes de barragem do Viveiro Municipal, porém a aquisição da exaradeira hidráulica tratada na reunião anterior não seria possível, pois para esta aquisição seria necessária a contrapartida do município, estipulada em vinte por cento do total licitado do item, o município por motivo do baixo repasse do FPM - Fundo de Participação dos Municípios, não seria possível contar com esta ajuda financeira, sendo descartada a opção de aquisição. Entretanto ressaltou novas opções: Pagamento da Gremembrana e mão de obra de instalação da mesma na célula do aterro sanitário; Pagamento do aditivo do Plano de contenção das Cheias do Rio Marrucas; Aquisição de substrato e litrus foli "Subrets" para o Viveiro Municipal; Aquisição de cinco livros para acervo bibliográfico da Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Custeio do Projeto de Implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto por fora de Raízes na Escola Rural da Comunidade do Jacaré, custeio de parte da mão de obra do projeto de proteção de fontes rurais.

lizado pela Secretaria Municipal de Agricultura. Após a apresentação das opções, o Presidente Vilmar Rigo, explicou a importância dos itens acima citados. Convidado pelo Presidente* o Engenheiro Ambiental Gustavo de Moura Baczynski esclareceu aos presentes sobre a importância do Projeto de Implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto por zona de raízes na Escola Rural da Comunidade do Jacaré. Da mesma forma o senhor Valdeir José Baldo explicou sobre a importância do motivo de custear parte da mão de obra do projeto de proteção de fontes. Apresentadas as opções de aplicação do recurso do FUMDEMA, com a concordância dos presentes, foi destacado pelo Presidente que ainda restaria reserva na conta do FUMDEMA. Foi destacado também a intenção de elaboração de plano de aplicação dos recursos do FUMDEMA para o próximo ano, definindo-se o planejamento de quais as possíveis ações que poderiam ser pagas com recursos do FUMDEMA, a fim de contemplar, por exemplo, projetos e diversas outras ações que se voltem para as questões ambientais no município. Após isto, o Presidente Vilmar Rigo mencionou o Regimento Interno do Conselho Municipal de Meio Ambiente que será analisado pelos membros que ainda não o haviam feito e será decidido na próxima reunião. Não havendo mais nada a tratar, a Sra. Edileia Cristina Kruekeri lavrou a presente ata seguida pelos demais.

Edileia Kruekeri

Vilmar Rigo

Gustavo Baczynski

Valdeir José Baldo

f

Edileia Kruekeri