

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

MAURICIO BRANCO DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UM ROTEIRO TÉCNICO PARA
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR
ZONA DE RAÍZES EM COLÉGIOS DA REDE ESTADUAL DE ENSINO
DO PARANÁ**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2018

MAURICIO BRANCO DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UM ROTEIRO TÉCNICO PARA
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR
ZONA DE RAÍZES EM COLÉGIOS DA REDE ESTADUAL DE ENSINO
DO PARANÁ**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Construções Sustentáveis, do Curso de Especialização em Construções Sustentáveis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Saneamento

Orientador: Prof^a. Dr^a Tamara Van Kaick

CURITIBA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE UM ROTEIRO TÉCNICO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE RAÍZES EM COLÉGIOS DA REDE ESTADUAL DE ENSINO DO PARANÁ

Por

MAURICIO BRANCO DE SOUZA

Esta monografia foi apresentada em 30 / 06 / 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Construções Sustentáveis. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Tamara Simone Van Kaick
Orientadora

Eng^a. M.Sc. Aliny Lucia Borges Borba
Membro Titular

Eng^a. M.Sc. Josete de Fátima de Sa
Membro Titular

RESUMO

DE SOUZA, Mauricio Branco. Desenvolvimento de um roteiro técnico para implantação de sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes em colégios da rede estadual de ensino do Paraná. 2018. 47 f. Monografia (Especialização) – Curso de Especialização em Construções Sustentáveis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

O estado do Paraná, apesar de ser um dos estados brasileiros com maior índice de capilaridade de rede de coleta e tratamento de esgoto, ainda apresenta considerável área sem atendimento. Alguns colégios estaduais do estado do Paraná estão instalados justamente nessas regiões não servidas por redes coletoras de esgoto. Tecnologias individuais e descentralizadas são necessárias para que edificações presentes nessas regiões possam tratar o seu esgoto. A tecnologia dos *wetlands* construídos apresenta-se como alternativa a ser implantada em colégios sem rede de coleta e tratamento de esgoto, sendo economicamente acessível, com baixa necessidade de manutenção e de energia externa para seu funcionamento. Esta pesquisa visa à elaboração de uma orientação dos elementos básicos para implantação de *wetlands* construídos em colégios da rede estadual de ensino. A metodologia utilizada foi levantamento bibliográfico e descrição de etapas construtivas para a implantação de *wetlands* e identificação das normas técnicas a serem aplicadas. Como resultado foi apresentando um roteiro contemplando diretrizes para as etapas de planejamento, execução e conservação das estações de tratamento.

Palavras-chave: Saneamento básico. Saneamento descentralizado. Estações de tratamento de esgoto. Wetland construído.

ABSTRACT

DE SOUZA, Mauricio Branco. Technical script for implementation of the sewage treatment system by constructed wetlands in schools of the state education network of Paraná. 2018. 47 s. Monography (Specialization) - Specialization Course in Sustainable Construction. Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2018

The state of Paraná, despite of being one of the states with higher capillarity content of sewage collection and treatment network. Some schools of the state are located in these not served areas. Individual and decentralized technologies at these areas are necessary for these buildings have their sewage treated. The wetlands technology is introduced as an alternative to be installed at the schools without sewage network and treatment, it's economically accessible, requires low maintenance and external energy for operation. This research aims the elaboration of orientations of the basic elements for implantation of wetlands constructed in colleges of the state educational network. The methodology used was a bibliographical survey and description of constructive stages for the implantation of wetlands and identification of the technical norms to be applied. As a result, it was presenting a script contemplating guidelines for the stages of planning, execution and conservation of the treatment plants.

Keywords: Basic sanitation. Decentralized sanitation. Sewage treatment plants. Constructed wetland.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Representação esquemática de um tanque séptico.....	14
Figura 02 – Estação de tratamento de esgoto por zona de raízes.....	15
Figura 03 – Aerênquimas de uma folha.....	18
Figura 04 – Representação de uma zona alagada em um meio natural.....	18
Figura 05 – Representação esquemática em corte de um wetland construído de fluxo horizontal.....	19
Figura 06 – Representação esquemática em corte de um wetland construído de fluxo vertical.....	20
Figura 07 – Representação esquemática em corte de um wetland construído de fluxo vertical.....	21
Figura 08 – Representação esquemática em corte de um wetland construído de fluxo híbrido.....	22
Figura 09 – Representação esquemática de um wetland construído.....	23
Figura 10 - Projeto Espaço Educativo Urbano e Rural 4 salas FNDE.....	30
Figura 11– Ilustração representando uma proposta de disposição de um sistema de tratamento de esgoto envolvendo dois <i>wetlands</i> construídos em série.....	32
Figura 12 – Ilustração representando o tratamento primário do esgoto de uma unidade de ensino.....	32
Figura 13 – Ilustração representando o tratamento secundário do esgoto de uma unidade de ensino e seu despejo.....	33
Figura 14 – <i>Zantedeschia aethiopica</i> (copo-de-leite).....	35
Figura 15 – Etapas de construção de um wetland construído.....	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Contribuição diária de esgoto por tipo de edificação e ocupação.....	33
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Valores unitários dos insumos utilizados em <i>wetlands</i> construídos.....	37
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Desenvolvimento sustentável.....	11
2.2 Saneamento descentralizado	12
2.3 Processos de tratamentos de esgoto tradicionais	13
2.4 Tratamento de esgoto por <i>wetlands</i> construídos ou por zona de raízes	14
2.4.1 Histórico do tratamento de esgoto utilizando plantas	15
2.4.2 Aspectos gerais dos <i>wetlands</i> construídos.....	16
2.4.3 A importância da vegetação nos <i>wetlands</i> construídos.....	17
2.4.4 Classificação das tipologias de <i>wetlands</i> construídos	18
2.4.4.1 <i>Wetlands</i> construídos de fluxo subsuperficial horizontal	19
2.4.4.2 <i>Wetlands</i> construídos de fluxo subsuperficial vertical livre	20
2.4.4.3 <i>Wetlands</i> construídos de fluxo subsuperficial vertical afogado	21
2.4.4.4 <i>Wetlands</i> construídos de fluxo subsuperficial híbrido	22
2.5 Funcionamento dos <i>wetlands</i> construídos de fluxo vertical afogado.....	22
2.6 Resultados do tratamento de esgoto em <i>wetlands</i> construídos	24
3 METODOLOGIA.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 Normas e resoluções para implantação de <i>wetlands</i> construídos.....	26
4.1.1 Tratamento preliminar	26
4.1.2 Tratamento secundário:.....	26
4.1.3 Normas para projetos voltados ao tratamento de esgoto	27
4.1.3.1 NBR 12209 – Elaboração de projetos de estações de tratamento de esgoto sanitários.....	27
4.1.3.2 NBR 13969 - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos	28

4.1.4 Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 – CONAMA	28
4.1.5 Resolução nº 021/09 – SEMA	29
4.2 Roteiro para implantação de estações de tratamento de esgoto por zona de raízes	29
4.2.1 Projeto e Orçamento	30
4.2.1.1 Dimensionamento	33
4.2.1.2 Vegetação	35
4.2.1.3 Implantação proposta	36
4.2.1.4 Aprovações	36
4.2.1.5 Orçamento.....	37
4.2.2 Execução.....	39
4.2.3 Utilização	42
4.2.4 Composição do efluente.....	42
4.2.5 Manutenção.....	42
4.2.6 Sugestão de interdisciplinaridade.....	43
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

O Paraná, segundo a SANEPAR (2016), é um dos estados brasileiros com maior cobertura de rede coletora de esgoto do Brasil. Nele, 69,1% da zona urbana é atendida, enquanto a média nacional é de apenas 42%.

Apesar dos números de capilaridade de coleta em rede urbana, acima da média nacional, uma parcela considerável da população da região ainda não tem acesso a esse serviço. Áreas afastadas e edificações instaladas em zona rural precisam recorrer a alternativas individuais e descentralizadas para tratar o esgoto produzido, isso quando o fazem.

Os colégios, enquanto centros de formação, devem ser locais propícios ao desenvolvimento da cidadania e do aprimoramento de processos de socialização. Como elevado percentual de unidades estão em bairros afastados do centro ou na zona rural e que não são atendidas com a rede e coleta de esgoto, é possível que que boa parcela destas estruturas tenha dificuldades em tratar o próprio efluente, expondo, dessa forma, alunos e funcionários a riscos em função da falta de saneamento. Como agravante, muitas destas localidades onde se encontram os colégios não atendidos pela companhia de saneamento do estado estão localizadas em área de mananciais. A falta de tratamento também pode contaminar lençóis freáticos, causando um grande problema para o abastecimento por poços nas regiões.

Neste contexto, buscar soluções para o tratamento de esgoto adequado por meio de tecnologias descentralizadas seria uma forma de minimizar o atual problema das áreas que não recebem a rede de coleta de esgoto. Uma das tecnologias que estão sendo aplicadas para esta finalidade são os chamados *wetlands* construídos ou estações de tratamento de esgoto por zona de raízes. Este tipo de tecnologia possibilita atuar como o complemento de um paisagismo, e por isso, também são conhecidos pelo nome de Jardins filtrantes (ACAMPORA, 2013).

Neste tipo de tecnologia, é possível incluir o conceito de sustentabilidade, a partir do qual se buscam aliar os aspectos ambientais, econômicos e sociais ao contexto da implantação. Trata-se de uma tecnologia que simula sistemas observados no ambiente natural, de baixo investimento inicial, fácil manutenção e que conscientiza o usuário quanto ao esgoto produzido. Podem ser instaladas em

zonas rurais, áreas urbanas afastadas e zonas litorâneas, regiões normalmente não atendidas pela coleta de esgoto (MONTEIRO, 2009).

Este trabalho visa desenvolver um roteiro para auxiliar a governança pública na escolha de opções de tratamento de esgoto para as unidades escolares carentes de tratamento secundário. A tecnologia dos *wetlands* construídos (ou por zona de raízes) é uma alternativa às tecnologias tradicionais de tratamento secundário de esgoto que, a depender da técnica utilizada, podem ser geradores de grande quantidade de lodo, exigindo frequente manutenção da comunidade escolar. O referido composto, a ser coletado, tem sua destinação desconhecida; possivelmente é lançado sem critérios, causando a degradação do meio ambiente.

A metodologia para o desenvolvimento do estudo consiste em duas etapas. Sendo a primeira, Revisão bibliográfica, em que serão apresentados capítulos contendo uma abordagem sobre assuntos relacionados ao desenvolvimento sustentável e saneamento descentralizado, e a segunda, na qual serão tratadas do estudo do tratamento de esgoto por *wetlands* construídos ou por zona de raízes, citando o histórico da utilização, classificação do sistema, funcionamento, utilização da vegetação e resultados do tratamento. A parte prática do trabalho irá conter informações necessárias à elaboração dos projetos, execução e utilização das estações de tratamento.

A justificativa para desenvolver este trabalho reside na necessidade de buscar alternativas de tecnologias descentralizadas para realizar o tratamento secundário de esgoto em colégios públicos que não são atendidos pela rede de coleta de esgoto.

Os objetivos da pesquisa estão descritos na sequência.

Objetivo geral

Desenvolver um roteiro voltado à aplicação de *wetlands* construídos de fluxo vertical afogado, para colégios da rede estadual de ensino do estado do Paraná, localizados em regiões onde não há coleta e tratamento de esgoto.

Objetivos específicos

- Identificar os aspectos necessários ao atendimento de normas a serem aplicadas para desenvolver *wetlands* construídos em colégios;
- Elaboração de um roteiro técnico para aplicação de *wetlands* construídos em colégios da rede estadual de ensino.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão abordados os conceitos teóricos sobre desenvolvimento sustentável e saneamento, como ponto de apoio para a compreensão da busca de sistemas de tratamento de esgoto descentralizados e que possam atender demandas como a dos colégios públicos.

2.1 Desenvolvimento sustentável

A busca do emprego dos conceitos do “desenvolvimento sustentável”, destina-se ao estabelecimento de uma coexistência harmônica entre o homem e a natureza, promovendo uma existência saudável à ambos (KAICK, 2002).

A expressão “desenvolvimento sustentável”, foi empregada pela primeira vez, durante a Conferência da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, comenta Barbosa (2008). A autora menciona que foram realizadas pesquisas pela Organização das Nações Unidas, em virtude da crise social e ambiental pela qual passava a humanidade na segunda metade do Século XX, apresentando os seguintes objetivos:

Na Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD), também conhecida como Comissão de *Brundtland*, presidida pela norueguesa Gro Haalen Brundtland, no processo preparatório a Conferência das Nações Unidas – também chamada de “Rio 92” foi desenvolvido um relatório que ficou conhecido como “Nosso Futuro Comum”. Tal relatório contém informações colhidas pela comissão ao longo de três anos de pesquisa e análise, destacando-se as questões sociais, principalmente no que se refere ao uso da terra, sua ocupação, suprimento de água, abrigo e serviços sociais, educativos e sanitários, além de administração do crescimento urbano. Neste relatório está exposta uma das definições mais difundidas do conceito: “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (BARBOSA, 2008, P. 3).

A *World Wide Fund For Nature Brasil* (WWF, 2017), chama atenção para que as pessoas se conscientizem de que os recursos naturais são limitados. Com a finalidade de evitar que tais recursos sejam exauridos, é preciso que exista o reconhecimento e o planejamento dos insumos disponibilizados pela natureza. Um dos exemplos é a contaminação dos corpos hídricos pois, em se tratando de um recurso fundamental para a sobrevivência, a água está ficando escassa e sem qualidade para ser utilizada como recurso.

A organização comenta, ainda, sobre o emprego do termo “desenvolvimento”, utilizado de maneira equivocada para designar desenvolvimento puramente

econômico. Nesta modalidade, em geral, visa-se a produção de elementos, processo no qual se emprega elevado volume de recursos naturais e energia. Desse modo, contrapõe-se aos conceitos valorizados pelo “desenvolvimento sustentável”, que são pensados para atenuar a degradação do meio ambiente a partir do uso consciente e racional de elementos encontrados na natureza, valorizando o reuso e a reciclagem.

2.2 Saneamento descentralizado

Com o estabelecimento da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433 de 08.01.97), Philippi (2000), relata que a década de 90 foi especialmente farta para a esfera do saneamento. Houve a criação das Agências de Bacias e dos Comitês de Bacias Hidrográficas, que se apresentaram como um estímulo para a concepção da descentralização. No entanto, apesar dos princípios apresentados, o que se viu foi a manutenção de um sistema onde concessionárias mantêm concentradas em si a captação e o tratamento do esgoto.

No Paraná, a SANEPAR, não coleta cerca de 30% do esgoto produzido na rede urbana (SANEPAR, 2016). Assim, a destinação acaba sendo desconhecida e descontrolada, possivelmente poluindo solo, lençol freático, corpos hídricos e gerando inúmeros problemas. Neste cenário, propostas de saneamento descentralizado tornam-se bastante atrativas.

Em se tratando de um conceito teórico, há algumas interpretações sobre as diretrizes da descentralização. EAWAG/WSSCC (2005) *apud*. Degasperi (2015) cita que, buscando um progresso sustentável, deve-se solucionar o problema do esgoto o mais próximo da fonte geradora; no caso, dentro da área onde se encontra a residência ou estabelecimento.

Costa *et. al.* (2004), comenta alguns princípios básicos propostos para o termo “tratamento descentralizado”, dentre os quais, baixos custos de investimentos, baixos custos de operação, operação e manutenção simples, funcionamento robusto e boa eficiência. Os autores citam, de maneira sintética, que sistemas descentralizados devem ser estáveis e apresentar desempenho semelhante ao observado nos centralizados. Quanto menor a população atendida, mais flexível deve ser o conjunto a fim de comportar variações de vazão.

Dentro do exposto anteriormente, apresenta-se o tratamento de esgoto por *wetlands* construídos ou zona de raízes como processo de sistemas descentralizados e que podem cumprir ainda uma função paisagística.

2.3 Processos de tratamentos de esgoto tradicionais

Barros *et. al.* (1995) *apud.* Kaick (2002), comentam que a eficiência da remoção de poluentes está ligada ao processo a que este se destina. Para isso, os autores apresentam níveis de tratamento de esgoto, conforme exposto a seguir:

- “- Preliminar – que objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros;
- Primário – Predominam mecanismos físicos com o objetivo da remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Tem-se como exemplo, a fossa séptica;
- Secundário – predominam mecanismos biológicos com o objetivo de remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes como fósforo e nitrogênio. Tem-se como exemplo as lagoas de estabilização com ou sem aeração, disposição no solo, reatores anaeróbios, filtros biológicos e lodos ativados;
- Terciário – possui como objetivo a remoção de poluentes tóxicos e compostos não biodegradáveis. ” (BARROS *et al.*, 1995 *apud* KAICK, 2002)

Os documentos oficiais da FUNASA (2015) apresentam soluções para o tratamento de esgoto em regiões não atendidas por rede de coleta urbana. Dentre as possibilidades, o manual apresenta fossas secas ou rudimentares e fossas absorventes, porém, recomenda o uso de tanques sépticos.

“São unidades simples e econômicas de tratamento em nível primário nos quais ocorre simultaneamente, em câmara única ou em série, a sedimentação dos sólidos sedimentáveis e a digestão anaeróbia do lodo que permanece acumulado no fundo durante alguns meses, tempo suficiente para sua estabilização. Na superfície ficam retidos os sólidos não sedimentados como óleos, graxas, gorduras e outros materiais que formam a espuma, também decomposta anaerobicamente (FUNASA, 2015, P. 199).

Atualmente, o conjunto de fossa séptica (Figura 01), com filtro anaeróbio e sumidouro, é a modalidade de tratamento mais aplicada em colégios da rede estadual de ensino não atendidas pela concessionária de saneamento do estado.

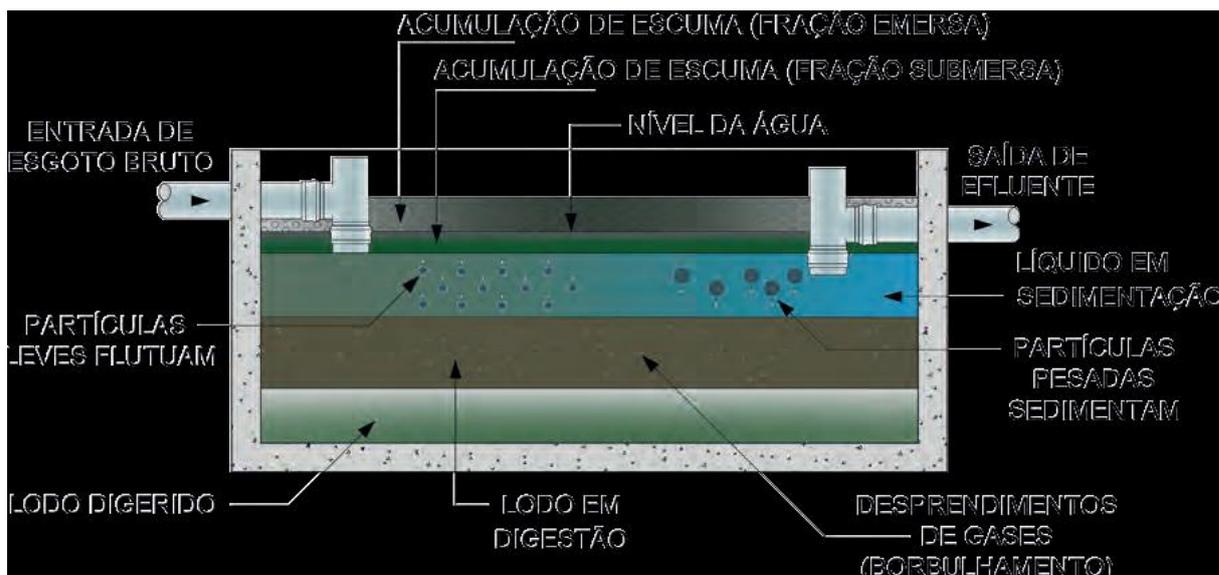


Figura 01 – Representação esquemática de um tanque séptico

Fonte: FUNASA (2015, P. 200)

A fossa séptica é utilizada para tratamento primário do esgoto. O roteiro de dimensionamento é mostrado nas normas da ABNT NBR 12209 e NBR 13969. Nessas normas, é sugerida sua utilização em conjunto com outros elementos para tratamento secundário e para destinação do lodo produzido. Sua utilização acoplada a *wetlands* construídos é interessante uma vez que a comunidade escolar apresenta dificuldade em manter a manutenção desses elementos em dia. Pode-se expandir questões ambientais relacionadas à destinação do esgoto com trabalhos de conscientização nos colégios.

2.4 Tratamento de esgoto por *wetlands* construídos ou por zona de raízes

A utilização de alternativas sustentáveis para aplicação no tratamento de esgoto, que reproduzam ao máximo sistemas observados nos ecossistemas naturais, podem ser bastante interessantes. Neste contexto, as estações de tratamento de esgoto por zona de raízes surgem como opção em diversos casos, uma vez que se trata de um sistema onde não há gastos energéticos, apresentando fácil manutenção, custo de implantação relativamente baixo e comprovada eficiência na remoção de poluentes do esgoto.

Segundo Monteiro (2009), diversos pesquisadores tratam os *wetlands* construídos com o conceito de uma tecnologia que busca a sustentabilidade. Não apenas pelo fato de usar plantas em seus mecanismos, mas também devido a outros elementos relevantes como performance do tratamento em relação ao tipo de

efluente, robustez do sistema, emissão de poluentes no ambiente, produção de rejeitos, potencial de reciclagem ou reuso, energia consumida, uso de produtos químicos, área total de utilização, impacto ambiental e os benefícios para o ambiente.

Para Silva (2007), os *wetlands* construídos são sistemas que imitam processos ecológicos encontrados na natureza, e por isso, podem trazer uma série de benefícios biológicos, sociais e econômicos. A mesma autora cita que esta tecnologia também é conhecida pelo nome de estação de tratamento de esgoto por zona de raízes, leito de raízes (*reed beds*), terras úmidas artificiais, terras úmidas construídas, áreas alagadas construídas, leitos cultivados com macrófitas, fito-ETARs e solo-planta. A utilização dessas estações de tratamento é bastante abrangente, sendo possível utilizá-las para atuar com variados tipos de efluentes. Abaixo, imagem (Figura 02) da aplicação de um *wetland* construído em uma escola municipal em Foz do Iguaçu.



Figura 02 – Estação de tratamento de esgoto por zona de raízes

Fonte: Kaick, Macedo e Presznuk (2008, P. 09)

2.4.1 Histórico do tratamento de esgoto utilizando plantas

O histórico da utilização de *wetlands* construídos é antigo em países europeus e nos Estados Unidos. Sezerino (2006), comenta que estudos sobre o tratamento de esgoto com filtros plantados com macrófitas, intensificaram-se a partir do ano de 1900 de maneira representativa em países como a Alemanha, França,

Reino Unido e Nova Zelândia. Silva (2008), por outro lado, afirma que o emprego da referida tecnologia é ainda mais antigo. Segundo o mesmo autor, fazendas de esgoto eram comuns com o objetivo de efetuar o controle da poluição, sendo que esses locais adotavam os mesmos princípios dos *wetlands* construídos. Posteriormente, no século XX, passaram a ser aplicadas enquanto alternativa de tratamento da água, e até mesmo para produção de alimentos. O autor menciona, já na história mais recente, que o conceito foi aproveitado para a despoluição do Rio Tamisa na Inglaterra, rio Don, no Canadá e de certa forma, no rio Mississipi nos Estados Unidos (macrófitas flutuantes foram utilizadas para absorção de nutrientes).

Nacionalmente, os primeiros registros da utilização de plantas no tratamento de esgoto datam da década de 80, época em que, segundo Salati (2003, *apud* PITALUNGA, 2011), foi construído um lago artificial na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba, São Paulo, próximo de um curso d’água do Rio Piracicamirim. Na mesma localidade, foram obtidos resultados satisfatórios na remoção de poluentes, e a partir disso, houve um crescimento em pesquisas relacionadas.

2.4.2 Aspectos gerais dos *wetlands* construídos

Devido a questões econômicas, sociais e ambientais, pode-se afirmar que os *wetlands* construídos em território nacional sofreram adaptações em relação aos outros países. Kaick, Macedo e Presznuk (2008), comentam que as estações brasileiras devem respeitar condições da localidade, apresentando manutenção mais simples e de baixo custo, bem como implantação menos onerosa. O baixo custo se deve à utilização de recursos locais, plantas nativas, materiais alternativos e por dispensar equipamentos elétricos no funcionamento do sistema. As autoras apontam também, algumas metas que devem ser seguidas, conforme transcrito abaixo:

- “• Evitar a contaminação do solo ao redor da residência por efluente doméstico não tratado, que pode conter agentes patogênicos, ovos e cistos de verminoses, e que influenciam negativamente à saúde da família (comunidades rurais /costeiras);
- Tratar o efluente por meio de uma tecnologia de baixo custo e fácil manutenção;
- Mudar a consciência em relação aos cuidados com a água e seus usos na residência, por meio da observação do crescimento, do desenvolvimento e do aspecto paisagístico e da qualidade do efluente tratado que sai da estação de tratamento de esgoto;

- Integrar o sistema de tratamento de esgoto com a paisagem local, utilizando plantas nativas em áreas de Proteção ambiental, e plantas com potencial paisagístico, em áreas da zona urbana;
- Incluir o sistema de tratamento de esgoto como um elemento estético integrado ao jardim da residência, justamente por não exalar odores possibilitando transformá-lo em um local de observação;
- Incrementar a fonte de renda nas comunidades pesqueiras com a adequação das condições de qualidade do corpo d'água para se enquadrar nas condições exigidas pela Legislação Ambiental para a prática da maricultura, tornando-a um reforço de ordem econômica segura;
- Trabalhar com um sistema de tratamento de esgoto que não necessite de equipamentos” (KAICK, MACEDO, PRESZNHUK, 2008, P. 25)

Segundo Silva (2008), o tratamento de esgoto por zona de raízes pode ser potencializado, considerando que o clima tropical favorece o desenvolvimento dos microrganismos, responsáveis pelo tratamento das águas residuais. Em função disso, as estações executadas em território nacional exigem uma menor área para sua implantação. Kaick, Macedo e Presznuk (2008), indicam que as estações de tratamento brasileiras podem ter cerca de 1/3 da área das estações implantadas em países europeus, mantendo a mesma eficiência. As mesmas autoras destacam que a evapotranspiração por metro quadrado dos *wetlands* construídos brasileiros é superior, se comparada àquelas instaladas na Europa. Tendo em vista o cenário nacional, este índice pode chegar a 40% de evaporação do esgoto em tratamento pela planta.

2.4.3 A importância da vegetação nos *wetlands* construídos

A vegetação utilizada nos *wetlands* construídos deve seguir alguns requisitos, de modo que haja adequada eficiência do sistema. De acordo com Zanella (2008), deve ser resistente ao contínuo despejo de poluentes, estar adaptada a áreas saturadas e ser preferencialmente de espécies nativas da região, compatíveis com as condições climáticas existentes. No que diz respeito às espécies exóticas, é necessário garantir que as plantas não se tornem “pragas” na região em caso de fuga do sistema.

Diversos autores entram em consenso quanto à morfologia das plantas. De modo geral, pode-se afirmar que as espécies com quantidade abundante de raízes em forma de cabeleira, folhas largas e com elevada presença de estômatos para absorção de oxigênio, devem ter preferência na escolha. Aerênquimas bem desenvolvidos, conforme podem ser visualizados na Figura 03, também são essenciais, já que potencializam a troca de nutrientes.

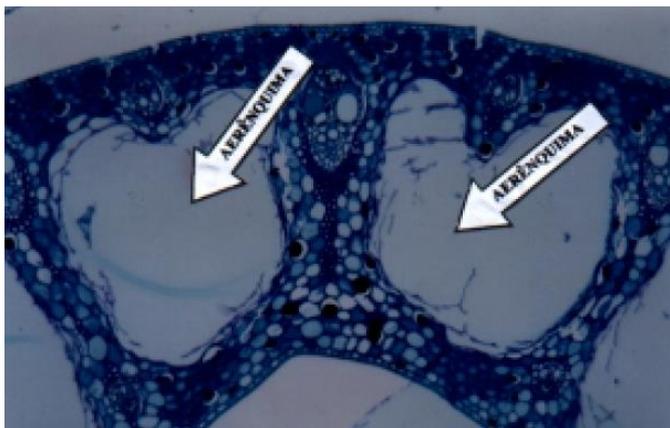


Figura 03 – Aerênquimas de uma folha

Fonte: Kaick (2002, P. 51)

Kaick (2002) comenta sobre benefícios das plantas no processo de tratamento. Em sistemas convencionais, a decomposição da matéria orgânica, libera odores desagradáveis, algo não observado nos *wetlands* construídos. Isso acontece porque as próprias raízes das plantas agem como filtros, que introduzem oxigênio na fase inicial do processo de tratamento, o que propicia um ambiente aeróbio que não exala odor tão desagradável quanto o processo anaeróbio.

2.4.4 Classificação das tipologias de *wetlands* construídos

Com o crescente interesse desenvolvido no estudo do tratamento de esgoto por zonas de raízes, no final do século XX, foram testadas inúmeras configurações, formas e arranjos, contendo também, variações nos meios de suporte das plantas, tipo de vegetação e características hidráulicas (ZANELLA, 2008). Diversas dessas estruturas foram obtidas a partir da observação do comportamento das áreas alagadas presentes na natureza (Figura 04).

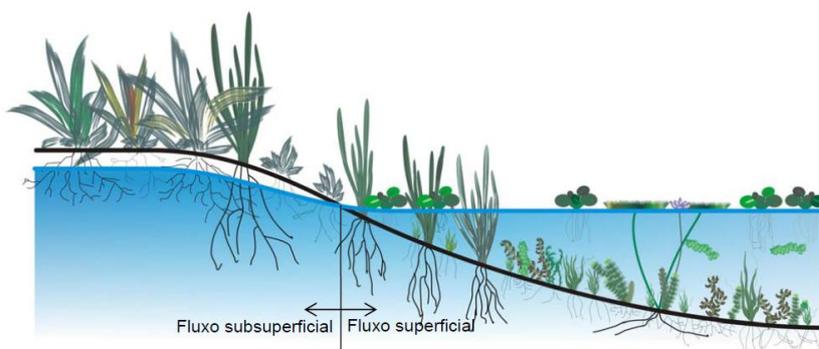


Figura 04 – Representação de uma zona alagada em um meio natural

Fonte: Zanella (2008, P.30)

A seguir, apresentam-se os aspectos mais recorrentes de *wetlands* construídos de fluxo subsuperficial horizontal e vertical.

2.4.4.1 *Wetlands* construídos de fluxo subsuperficial horizontal

Nesta modalidade, o esgoto é despejado na parte inicial do sistema, e percola lentamente por um meio filtrante, usualmente constituído por brita de granulometria nº 2, com a finalidade de reduzir a dinâmica hidráulica, em sentido horizontal, até a parte final do sistema (Figura 05). O efluente movimenta-se pelo leito em função de uma leve declividade construída no fundo do leito.

O tratamento neste sistema se dá em função da criação de um biofilme aderido às raízes e ao meio de suporte, onde uma variedade de microrganismos se alojam, e através de zonas aeróbias, anaeróbias e anóxicas, efetuam a depuração dos elementos químicos e biológicos (RODRIGUES, 2012).

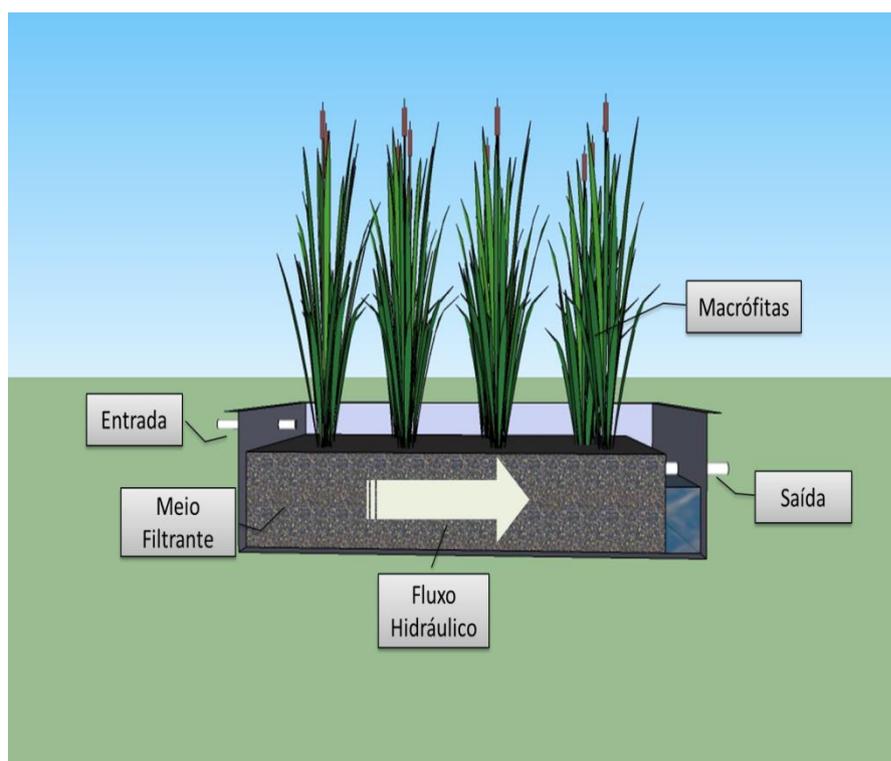


Figura 05 – Representação esquemática em corte de um *wetland* construído de fluxo horizontal.

Fonte: Helisson Andrade (sem ano)

2.4.4.2 *Wetlands* construídos de fluxo subsuperficial vertical livre

Nesse sistema, o efluente é lançado na parte superior do tanque e percola por gravidade através de um meio suporte, usualmente constituído por brita nº 2 e areia grossa, sendo que o esgoto tratado é coletado no fundo da estação.

Segundo Silva (2008) (Figura 06), esse sistema permite uma total nitrificação, quando construídos para ser de fluxo vertical livre. Isso é alcançado uma vez que se mantêm as condições aeróbias de maneira intermitente. O leito físico é preenchido com oxigênio, presente nos vazios, auxiliando o processo de tratamento. Portanto, este sistema precisa ser por batelada ou intermitente, tendo em vista que há um período de “descanso”, no qual se verifica o crescimento de biomassa no meio filtrante.

Os *wetlands* construídos de fluxo vertical podem também serem executados em áreas menores e possuir fluxos ascendente ou descendente. Utilizaremos no trabalho as estações de tratamento da segunda opção (Figura 06). Estas são recomendáveis, já que o lançamento do esgoto ocorre num segundo momento na zona das raízes, de forma que há maior abundância de matéria orgânica disponível de imediato para as bactérias que auxiliarão na filtragem.

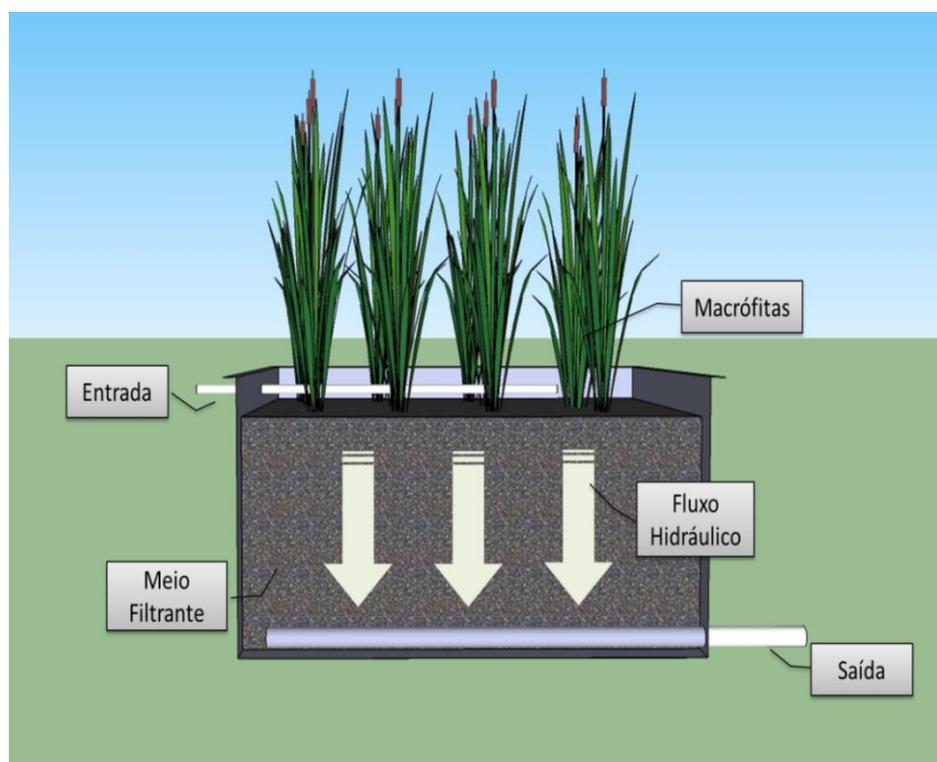


Figura 06 – Representação esquemática em corte de um *wetland* construído de fluxo vertical

Fonte: Helisson Andrade (sem ano)

2.4.4.3 *Wetlands* construídos de fluxo subsuperficial vertical afogado

No estado do Paraná, foi desenvolvido por Kaick (2002), o sistema de tratamento por zona de raízes de fluxo vertical afogado. Este sistema foi desenvolvido com o objetivo de manter as plantas vivas no sistema, independente da situação climática, evitando o uso de equipamentos elétricos e possibilitando a distribuição do esgoto de forma homogênea no leito filtrante. Esta tipologia se mostrou interessante por evitar o estresse hídrico para as plantas que compõem o sistema, manter a biomassa microbiana estável no leito físico e evitar o entupimento do leito físico, o que é comum no leito de fluxo livre.

A diferença entre o fluxo vertical livre e o afogado (Figura 07) é que este último possui o processo anaeróbico na segunda fase do tratamento, fazendo com que o nitrogênio não seja decomposto, resultando em amônia na saída do efluente tratado. Portanto, o efluente tratado por esta tipologia, deve ser incorporado ao solo, e não ser lançado em corpos hídricos, principalmente se forem considerados lânticos.

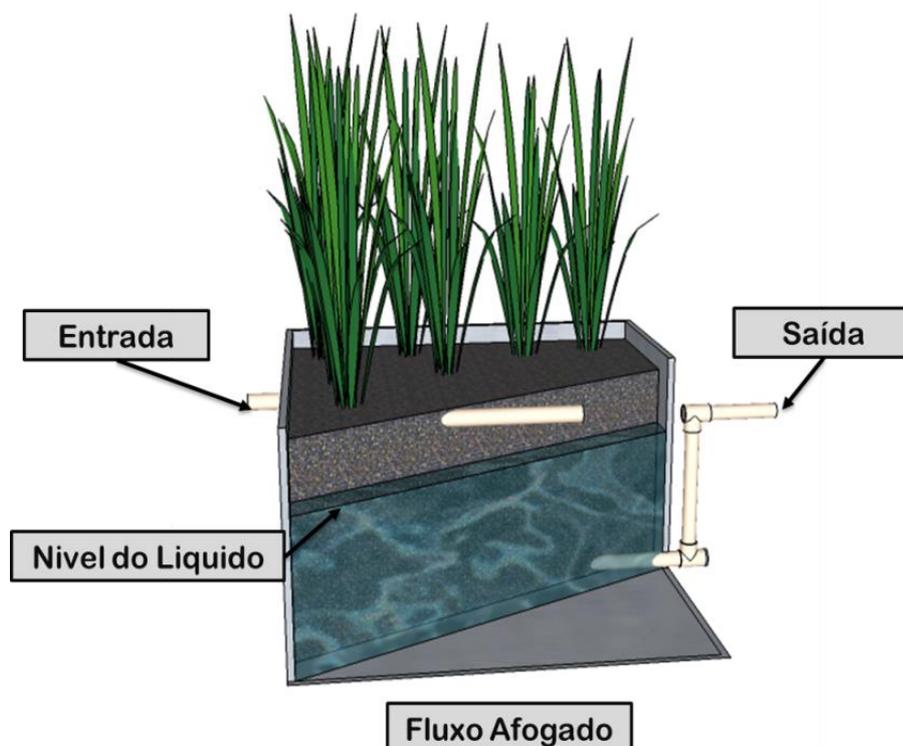


Figura 07 – Representação esquemática em corte de um *wetland* construído de fluxo vertical

Fonte: Helisson Andrade (sem ano)

2.4.4.4 *Wetlands* construídos de fluxo subsuperficial híbrido

São também conhecidos como *wetlands* construídos de fluxo combinado (Fig 08). Na essência, trata-se de uma associação das estações de fluxo hidráulico horizontal e vertical. Apresenta efluente final com baixa concentração de DBO e, segundo Sezerino (2006), são mais eficientes por unir o melhor de cada uma das modalidades citadas anteriormente. Apresenta uma adequada nitrificação no estágio vertical, uma vez que este se apresenta com elevada oxigenação e também elevada desnitrificação nas condições anóxicas dos filtros horizontais.

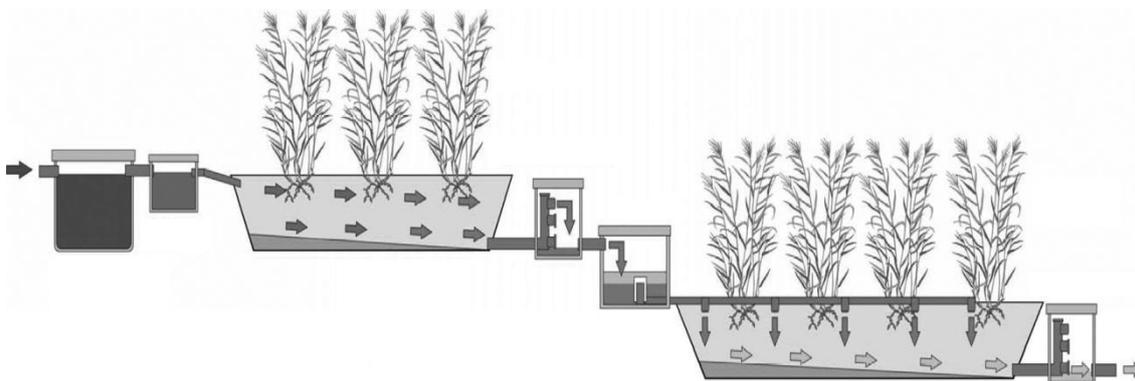


Figura 08 – Representação esquemática em corte de um *wetland* construído de fluxo híbrido

Fonte: Disponível em <http://wp.wpi.edu/capetown/files/2009/12/WaterandSanitation-italy.jpg> - acessado em 18/03/2018 às 19:40

2.5 Funcionamento dos *wetlands* construídos de fluxo vertical afogado

Por se tratar de uma tecnologia com presença de biodiversidade em sua operação, algumas restrições são exigidas para o bom funcionamento dos *wetlands* construídos. Deve-se atentar ao efluente a ser lançado, evitando alterar a composição do esgoto previsto para aquele ambiente. As estações de tratamento por zona de raízes são eficientes no tratamento de esgoto sanitário (águas negras), devido à elevada presença de matéria orgânica em sua constituição. Para o tratamento de material proveniente de cozinha e lavanderia (águas cinzas), alguns outros sistemas podem ser empregados em associação. Na hipótese de esgoto industrial ou proveniente de alguma fonte com particularidades, impõe-se a realização de estudo específico, não abordado neste trabalho.

As estações de tratamento de esgoto propostas nesta pesquisa deverão ser utilizadas em conjunto com sistemas conhecidos. Antes de ser lançado no *wetland* construído, todo o esgoto deverá passar por uma fossa séptica, na qual ocorre o

tratamento primário do esgoto, onde ocorrerá a sedimentação do material sólido. Para os casos em que haja contribuição de águas cinzas, sugere-se o uso de filtro de carvão para absorção (principalmente do fósforo) e caixa de gordura para retenção de lipídios, minimizando, assim, os danos às plantas.

Nesta modalidade de tratamento, o esgoto é distribuído na zona das raízes, de forma que haja contato entre o efluente a ser tratado e o sistema radicular das plantas. Kaick (2002), afirma que a vegetação tem grande capacidade de permitir o fluxo do oxigênio atmosférico até o sistema radicular, através dos aerênquimas. A presença do oxigênio permite a aderência de bactérias aeróbicas no entorno das raízes, fornecendo nutrientes para o seu desenvolvimento. Além disso, diminui compostos orgânicos presentes no efluente, efetuando dessa forma o seu tratamento. A autora também cita que as raízes agem como adensamento de um biofiltro no qual a matéria orgânica é transformada em nutrientes para as plantas.

Após passar pelo meio filtrante constituído de brita e areia, o efluente é coletado por meio de uma tubulação perfurada ao fundo, já tratado e conduzido por meio de tubulações para fora do *wetland* construído. A figura 09 ilustra os componentes da estação de tratamento.

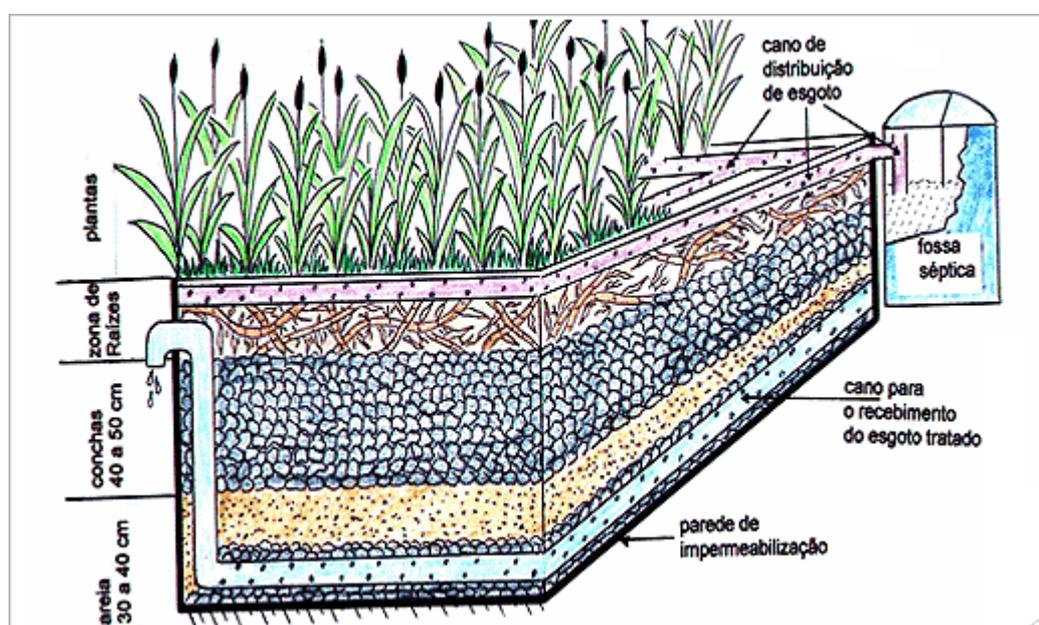


Figura 09 – Representação esquemática de um *wetland* construído

Fonte: Kaick (2002, P. 48)

Deve-se atentar para a granulometria da brita para compor o filtro físico dos *wetlands* construídos. Para Kaick (2002), deve-se chegar num balanço apropriado entre a quantidade de microrganismos e a capacidade de escoamento dos líquidos, garantindo assim eficiente tratamento, mitigando as possibilidades de entupimento.

2.6 Resultados do tratamento de esgoto em *wetlands* construídos

Existem diversos estudos comprovando a eficiência do sistema como um todo. Os autores Cardia *et. al.* (2007), conseguiram uma taxa de redução do DQO em 79%, e do DBO, em 92%. As autoras Kaick, Macedo e Presznhuk (2008), conseguiram identificar em seus projetos piloto uma taxa média de redução para DBO e DQB de 88% e 86%, respectivamente, entre o esgoto bruto e o tratado em 8 estações de tratamento, implantadas em diversas regiões e atendendo a diversos usos. Os autores Crispim, Kaick e Parolin (2012), por sua vez, atingiram níveis semelhantes, com 87,4% e 84,3% de redução do DBO e DBQ para *wetlands* construídos associados a bombonas plásticas em substituição as fossas sépticas em concreto. Os autores Almeida, Pitalunga e Reis (2010), usaram estações de tratamento executadas em concreto armado, associados a tanque séptico, atingindo níveis de redução de DBO e DBQ em 90,7 e 81,1%, nesta ordem.

Por fim, os autores Lapolli, Rodrigues e Santos (2015), associaram três tanques sépticos e três filtros anaeróbios, executados com tubulações de concreto armados com 80 cm de diâmetro cada, alcançando níveis de redução de DBO em 72,1% e de DQO em 77,4%. A estação foi instalada no município de Campos Novos/SC e apresenta proposta semelhante à discutida neste trabalho. Agassi *et. al.* (2009), apresentaram uma redução do DQO em 80% e da turbidez em 67%, dados obtidos a partir de *wetlands* construídos executado em duas residências na região de Irati/PR.

3 METODOLOGIA

Os colégios da rede estadual de ensino do Paraná, instalados em regiões não atendidas pelo sistema de coleta e tratamento de esgoto da rede de saneamento, têm seu tratamento efetuado basicamente, pelo conjunto fossa séptica, que é o tratamento primário, filtro anaeróbio, que é o tratamento secundário e vala de infiltração ou sumidouro, sendo a destinação final do efluente tratado, conforme indicado por Jordão e Pessoa (1995). Nas cozinhas, instala-se logo na saída do efluente uma caixa de gordura, sendo esta, tratamento preliminar, responsável pela retenção dos lipídios, habitualmente abundantes em sua composição.

Os *wetlands* construídos, apresentados neste trabalho, visam substituir os filtros anaeróbios convencionais na etapa de tratamento secundário, sendo utilizadas em conjunto com os demais elementos citados anteriormente.

Após revisão bibliográfica, na qual foi realizado um apanhado geral sobre os *wetlands* construídos e uma breve abordagem do saneamento descentralizado e do desenvolvimento sustentável, buscou-se em normas e resoluções nacionais aspectos necessários ao desenvolvimento de projetos de tratamento de esgoto, contemplando os *wetlands* construídos. Desse modo, foi possível o desenvolvimento do roteiro, abordando todo o ciclo de vida do sistema e buscando inserir as normas equivalentes para que o sistema possa ser licenciado pelo órgão ambiental.

A elaboração do roteiro se deu a partir de dados coletados de outros trabalhos científicos e pretende apresentar orientações gerais para a implantação de um *wetland* construído em colégio estadual do Estado do Paraná, como modelo descentralizado de tratamento de esgoto.

Em função dos elementos caixa de gordura, fossa séptica, sumidouro e vala de infiltração (bem como demais dispositivos que interliguem esses elementos) já serem implantados em larga escala nos colégios, não faremos uma abordagem o dimensionamento destes, restringindo a pesquisa aos *wetlands* construídos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Normas e resoluções para implantação de *wetlands* construídos

Para elaboração dos projetos, implantação e utilização de sistemas de tratamento de esgoto, há a necessidade de submetê-los a normas e resoluções vigentes. Os *wetlands* construídos, enquanto estação de tratamento, devem igualmente seguir parâmetros, de modo a garantir que todos os requisitos exigidos, sejam atingidos. A seguir, apresenta-se as normas da ABNT, NBR 12209 e NBR 13969, a Resolução nº 430 do CONAMA e a Resolução nº 021/09 da SEMA.

Deve-se considerar ainda, a legislação presente no Município de implantação do *wetland* construído. Caso haja divergências entre os documentos apresentados, pode-se adotar o raciocínio de considerar sempre o requisito mais exigente, mitigando assim, a possibilidade de desrespeitar algum órgão.

4.1.1 Tratamento preliminar

A norma sugere a utilização de grades e peneiras com diferentes espaçamentos (grossa entre 40 e 100mm, média 20 a 40mm e fina 10 e 20mm) para remoção de sólidos grosseiros. Na remoção de partículas de areia, apresenta critérios a seguir e resultados a obter com o uso de desarenador. A decantação primária também é exibida e deve respeitar uma série de requisitos (NBR 12209, 2011). A fossa séptica a ser utilizada em conjunto com *wetlands* construídos deve respeitar esses critérios apresentados.

4.1.2 Tratamento secundário:

Na etapa em que se encontram os *wetlands* construídos, uma vez que este faz o papel do filtro anaeróbio no sistema, deve ser subsequente à remoção dos sólidos. Neste capítulo, são elencados requisitos para a composição do efluente a ser despejado no *wetland*, levando em consideração elementos como vazão, composição e temperatura. É determinado o tempo de detenção hidráulica esperado. Os elementos construtivos, por sua vez, são determinantes para a constituição e os diâmetros das tubulações e para especificar a granulometria do meio filtrante (NBR 12209, 2011).

4.1.3 Normas para projetos voltados ao tratamento de esgoto

4.1.3.1 NBR 12209 – Elaboração de projetos de estações de tratamento de esgoto sanitários

Relaciona-se à etapa de projeto da estação de tratamento e tem aplicação nos processos de separação de sólidos por meio físico, processos físico-químicos, processos biológicos, tratamento de lodo, desinfecção de efluente tratado e tratamento de odores. Apresenta como complemento às seguintes normas: NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto, NBR 9648 – Estudo de concepção de sistema de esgoto sanitário, NBR 9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, NBR 12207 – Projeto de interceptores de esgoto sanitário, NBR 12208 – Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário, NBR 9575 – Impermeabilização, NBR 11174 – Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes, e NBR 14064-1 – Gases de efeito estufa – Parte 1: Especificação e orientação a organização para quantificação e elaboração de relatório de emissões e remoção de gases de efeito estufa (NBR 12209, 2011).

A norma supracitada exige que sejam apresentados dados para o dimensionamento dos elementos presentes na ETE, como população atendida, vazões de descarga, exigências ambientais, área total construída disponível, etc. Outros parâmetros básicos mínimos do efluente devem ser conhecidos, tais como DBO e DQO e concentração amoniacal, de fósforo total e nitrogênio total. A norma diz que esses valores devem ser determinados através de investigação local (NBR 12209, 2011). Para auxiliar neste processo é possível verificar no referencial bibliográfico de Von Sperling (1996), para identificar a DBO e DQO e composição do esgoto ou aplicar NBR 9648 de 1986.

Relacionado ao dimensionamento dos *wetlands* construídos, utilizados em conjunto com fossa séptica, apresenta-se os seguintes aspectos presentes na norma e que devem ser atendidos.

4.1.3.2 NBR 13969 - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos

Dispõe de informações relacionadas aos elementos já citados em norma mais atual (NBR 12209), pertinente ao sumidouro e à vala de infiltração, elementos complementares ao *wetland* construído e necessários para o despejo do efluente.

A norma cita que sumidouros devem ser implantados em áreas onde há presença de lençol freático profundo, ao passo que a vala de infiltração é usada em caso de maior disponibilidade de área. Sumidouros podem ser executados em áreas inferiores em função de sua profundidade (NBR 13969, 1997).

O dimensionamento dos dois elementos citados acima leva em consideração basicamente os mesmos parâmetros, sendo importante a verificação da composição do solo a serem construídos, distância de áreas de captação de água, índice pluviométrico e distância do lençol freático. A norma determina também questões a serem verificadas durante o processo construtivo dos elementos (NBR 13969).

4.1.4 Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 – CONAMA

Foi elaborada em complemento à Resolução nº 357/2005 e apresenta condições e parâmetros para o lançamento de efluentes. Este documento expõe critérios para a composição do esgoto tratado, definindo de maneira ampla que este não deve poluir ou contaminar o corpo receptor (CONAMA, 2011).

Dentre as definições presentes na resolução, existem restrições de acordo com a destinação do efluente e, em caso de depósito em corpos hídricos, deve-se conhecer a composição dos organismos no meio para que não haja toxicidade (CONAMA, 2011). No caso dos *wetlands* construídos, normalmente o despejo do efluente se dará por meio de sumidouros ou valas de infiltração, sendo neste caso, importante a verificação da presença de águas subterrâneas.

De maneira geral, diversos parâmetros são exigidos, como faixa de pH, temperatura, concentração de material sedimentável, redução do DBO e ausência de materiais flutuantes. Apresentam-se também valores máximos para a concentração de matéria inorgânica (CONAMA, 2011).

A resolução determina que a gestão do efluente produzido é de responsabilidade da fonte geradora e que deve ser feito o monitoramento do que está sendo produzido. Porém, tal controle pressupõe a apresentação de justificativa

com fundamentação técnica. As fontes de baixo potencial poluidor podem ser dispensadas pelo órgão fiscalizador, não sendo exigida a análise do esgoto tratado.

4.1.5 Resolução nº 021/09 – SEMA

A Secretária de Estado de Meio Ambiente, em conjunto com o Instituto Ambiental do Paraná – IAP, estabelece no documento mencionado critérios para a concessão de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Saneamento. No caso da implantação dos *wetlands* construídos em colégios da rede estadual de ensino, há um documento de dispensa. O art. 7º da Resolução nº 051/2009, sobre concessão de DLAE (SEMA, 2009), item XX, cita estabelecimentos de ensino (com exceção de instituições de ensino superior) como dispensados da apresentação do documento.

4.2 Roteiro para implantação de estações de tratamento de esgoto por zona de raízes

Os projetos dos colégios da rede estadual de ensino do Paraná são elaborados a partir da composição de módulos pré-definidos. A arquitetura é previamente estabelecida de modo que, em cada novo colégio projetado, esse padrão é replicado dentro do terreno previsto para a implantação, alterando apenas a disposição dos módulos. O conceito de modularidade se estende também às demais instalações da edificação (superestrutura, elétrica e hidráulica), sendo que as alterações efetuadas em cada novo projeto são relacionadas apenas com o terreno disponível.

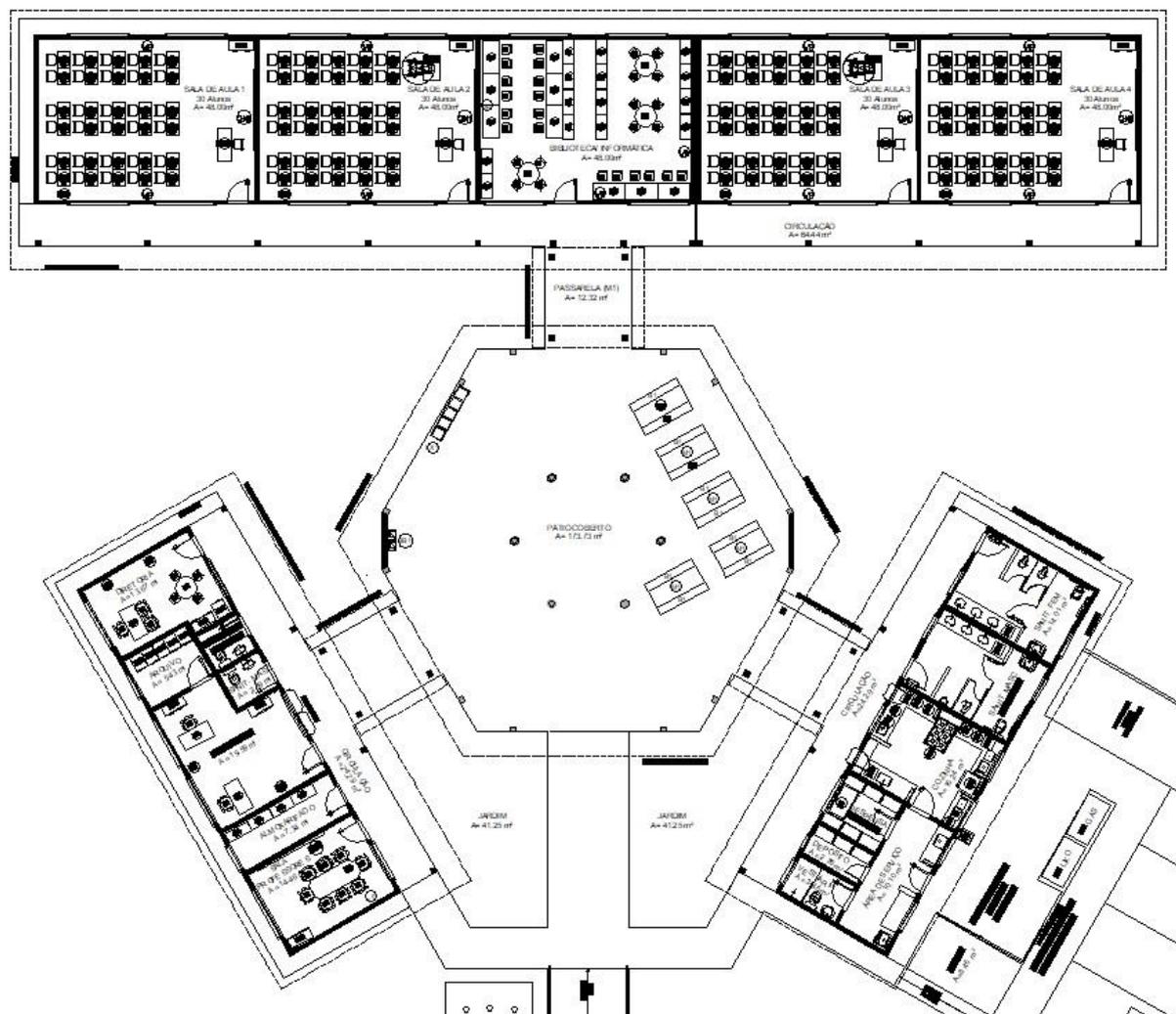


Figura 10 - Projeto Espaço Educativo Urbano e Rural 4 salas FNDE

Fonte: Disponível em <http://www.fnnde.gov.br/programas/par/eixos-de-atuacao/infraestrutura-fisica-escolar/item/5954-projeto-espaco-educativo-urbano-e-rural-4-salas> – acessado em 28/05/2018 às 23:45

O tratamento do esgoto produzido nos colégios situados em áreas não atendidas pela rede de coleta e tratamento de esgoto utiliza fossa séptica combinada com filtro anaeróbio. Esse processo pode ter sua eficiência otimizada se adaptado à tecnologia dos *wetlands* construídos, uma vez que não há necessidade frequente de remoção de iodo. Produto que, não raro, é descartado sem critérios em locais inapropriados (lembrando que o processo de secagem do material é oneroso e nem sempre viável à administração dos colégios).

4.2.1 Projeto e Orçamento

Para os *wetlands* construídos propostos neste trabalho, utilizaremos a mesma metodologia de Crispim, Kaick e Parolin (2012), que consiste numa adaptação

daquela implantada por Kaick (2002). Trata-se do uso de estações de fluxo vertical afogado.

Kaick, Prado e Weber (2011) comentam que os projetos devem ser adequados conforme a composição do esgoto. A premissa vale para edificações implantadas em áreas urbanas e rurais. Visto isso, a utilização da estação de tratamento por zona de raízes deverá ser feita em associação à fossa séptica e demais elementos que devem ser analisados caso a caso, em função da composição do efluente a ser tratado. Recomenda-se o uso de caixa de gordura para efluente proveniente da cozinha (alta concentração de lipídios) e filtro de carvão ativado (importante na absorção do fósforo) no esgoto das áreas de serviço, visto que o rejeito desses locais contém elementos que podem ser nocivos às plantas. Estes elementos já são utilizados em colégios da rede estadual de ensino e possuem metodologia consolidada para seu dimensionamento. Portanto, não serão abordados neste trabalho, no que diz respeito ao projeto, à implantação e à utilização.

Crispim, Kaick e Parolin (2012), utilizaram uma camada dupla de lona plástica com espessura de 200 micras como impermeabilizante dos *wetlands* construídos, com o objetivo de impedir que o material contaminado entre em contato com o solo do entorno. Para coleta e despejo do esgoto na estação de tratamento, foram utilizados tubos em PVC com 100mm de diâmetro. A mesma tubulação é adotada para eliminar o efluente já tratado e para coleta de material em pontos de inspeção. A área isolada é preenchida com brita na região da lona, areia grossa na porção intermediária e brita nº 2 na região superficial.

O esgoto tratado, deverá ser conduzido para valas de infiltração ou sumidouro. Abaixo, nas figuras 12, 13 e 14 apresentam-se ilustrações representativas como sugestão de disposição do sistema no terreno.



Figura 11 - Ilustração representando uma proposta de disposição de um sistema de tratamento de esgoto envolvendo dois *wetlands* construídos em série
Fonte: O autor (2018)

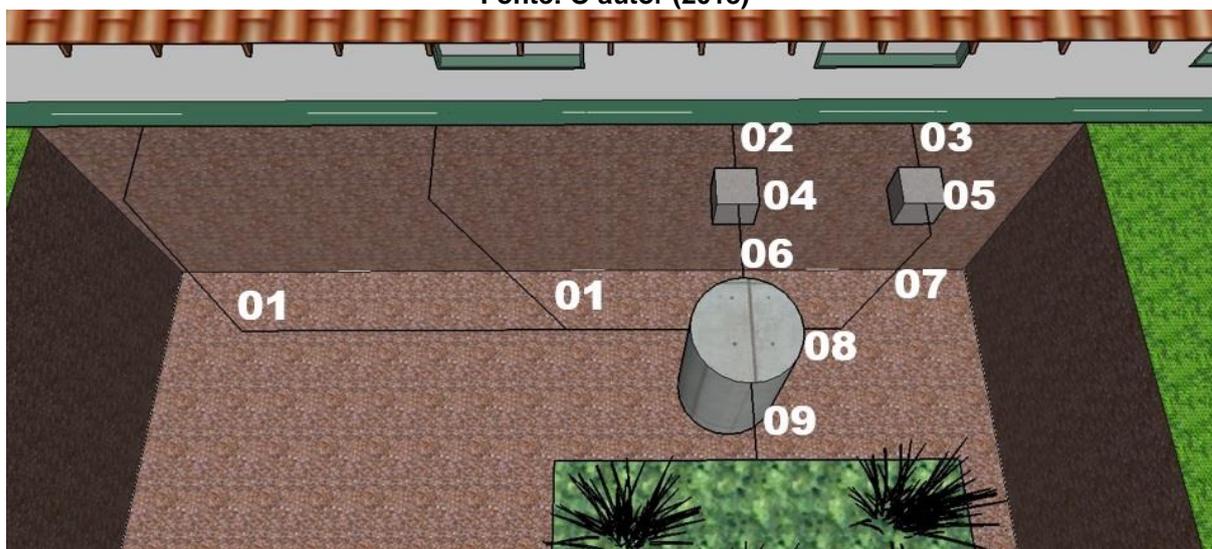


Figura 12 – Ilustração representando o tratamento primário do esgoto de uma unidade de ensino
Fonte: O autor (2018)

- 01 – Tubulação de coleta de esgoto dos sanitários
- 02 – Tubulação de coleta de esgoto da cozinha
- 03 – Tubulação de coleta de esgoto da área de serviço
- 04 – Caixa de gordura
- 05 – Caixa filtro de carvão (sugestão)
- 06 – Tubulação de coleta de esgoto da caixa de gordura
- 07 – Tubulação de coleta de esgoto do filtro de carvão (seugestão)
- 08 – Fossa séptica
- 09 – Tubulação de coleta de esgoto da fossa séptica

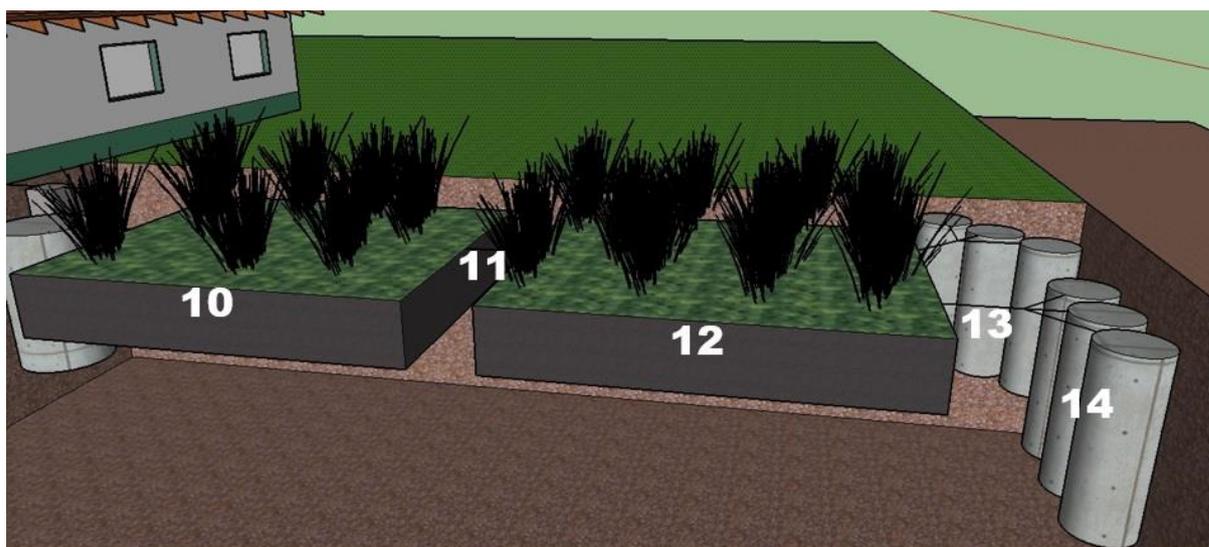


Figura 13 – Ilustração representando o tratamento secundário do esgoto de uma unidade de ensino e seu despejo
Fonte: O autor (2018)

- 10 – Wetland primário
- 11 – Tubulação de coleta de esgoto do *wetland* primário
- 12 – Wetland secundário (sugestão)
- 13 – Tubulação de coleta de esgoto tratado
- 14 – Sumidouros (sugestão)

4.2.1.1 Dimensionamento

Deve ser elaborado levando-se em consideração a população servida. A tabela abaixo, apresenta estimativas de contribuição diária de acordo com a edificação e sua ocupação.

PRÉDIO	UNIDADE	CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO
Ocupantes Permanentes		
Residência padrão alto	Pessoa/Litro	160
Residência padrão médio	Pessoa/Litro	130
Residência padrão baixo	Pessoa/Litro	100
Alojamento provisório	Pessoa/Litro	80
Ocupantes Temporários		
Fábrica em geral	Pessoa/Litro	70
Escritório	Pessoa/Litro	50
Edifícios públicos ou comerciais	Pessoa/Litro	50
Escola (externatos) e locais de longa permanência	Pessoa/Litro	50
Bares	Pessoa/Litro	6
Restaurantes e similares	Refeições	25
Cinemas e locais de curta permanência	Lugar	2

Quadro 01 – Contribuição diária de esgoto por tipo de edificação e ocupação

Fonte: FUNASA (2015, P. 202)

Crispim, Kaick e Parolin (2012), que adaptaram o método implantado por Kaick (2002), efetuaram seus estudos em edificações residenciais, considerando a contribuição diária média de 120 litros por habitante. Para esse volume de esgoto, dimensionaram suas estações de tratamento com uma área superficial de 1 metro quadrado para cada residente. A profundidade adotada foi de 1 metro. Como proposta, será usada a estimativa de contribuição diária de esgoto apresentada pela FUNASA no quadro 01 acima. Adota-se assim, estimativa de 50 litros de esgoto por pessoa por dia.

Usando uma área superficial por usuário proporcional à usada por Crispim, Kaick e Parolin (2012), e adotando a mesma profundidade (1,00 metro), chegamos à seguinte proporção:

$$\frac{AWP}{50} = \frac{AWCKP}{120}$$

Onde:

AWP = Área do *wetland* proposto neste trabalho por usuário.

$AWCKP$ = Área do *wetland* proposta por Crispim, Kaick e Parolin por usuário.

Sendo $AWCKP$ igual a 1,00 m², temos:

$$\frac{AWP}{50} = \frac{1}{120}$$

$$AWP = 0,42$$

Sendo assim, a área de implantação dos *wetlands* construídos se dará pela seguinte fórmula:

$$\text{Área(área wetland em m}^2\text{)} = 0,42 \times \text{hab}(\text{número de usuários do colégio})$$

A partir do resultado obtido acima, deve-se avaliar a forma de implantação da estação de tratamento. Caso a área seja demasiadamente alta, orienta-se optar pela implantação de duas ou mais estações em sequência, respeitando o valor da área total obtida acima e os valores de detenção do efluente recomendados por norma

específica. A relação comprimento por largura da estação deve ser definida de forma a melhor adaptar-se ao entorno.

4.2.1.2 Vegetação

Analisando trabalhos elaborados na região, pode-se verificar algumas das espécies que podem ser utilizadas para compor a área vegetada da estação de tratamento a ser implantada. Em uma breve pesquisa, percebe-se que a *Zantedeschia aethiopica* (copo-de-leite) é a mais utilizada (Figura 15). Essa macrófita aparece nos trabalhos de Abele *et. al.* (2008), Abreu (2013), Agassi *et. al.* (2009) e Weber *et al.* (2015). Trata-se de uma planta relativamente comum no Estado e que se mostra bastante eficiente no processo de tratamento do efluente, além de imprimir estética ao *wetland* em função de seu uso ornamental.



Figura 14 – *Zantedeschia aethiopica* (copo-de-leite)

Fonte: disponível em <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/copo-de-leite.htm> -
Acessado em 05/07/2018 às 23:19

Outros autores citam também alternativas como a *Typha latifolia* (Taboa), implantada por Rodrigues (2012), *Canna x generalis* (cana-índica) e *Hedychium coronarium* (lírio-do-brejo), utilizadas em conjunto com o copo-de-leite no trabalho de Weber (2015), *Cymbopogon nardus* (Citronela) cultivada na produção de Crispim,

Kaick e Parolin (2012) e *Claudium mariscus*, aplicada por Kaick (2002), em seu experimento em Ilha Rasa, no litoral Paranaense.

Apesar das sugestões acima relacionadas, deve-se considerar a região onde está instalado o colégio que receberá o *wetland* construído e priorizar as plantas que apresentem as características citadas anteriormente na revisão bibliográfica, disponíveis na região.

4.2.1.3 Implantação proposta

A localização do *wetland* construído deve ser planejada para otimizar a desejada eficiência do sistema. Dupoldt *et al.* (2000), dizem que o local de implantação deve ser o mais próximo possível da fonte de produção do efluente e em posição mais baixa, de forma que permita o escoamento do esgoto por gravidade. Apesar do sistema de tratamento por zona de raízes ter sua execução possível em qualquer local, os custos com bombeamento e terraplanagem podem torná-lo proibitivo. Os autores dizem, ainda, que alguns aspectos devem ser considerados, conforme abaixo:

- Área suficiente para implantação do sistema e uma possível expansão;
- Conter solos possíveis de compactação com a finalidade de minimizar a infiltração em caso de vazamentos;
- Estar acima do lençol freático (verificar sondagem do terreno);
- Fora de áreas passíveis de inundações.

Importante salientar que se deve também, verificar o abastecimento de água do colégio. Caso este venha a ser por meio de poço artesiano, é necessário verificar se o lançamento do efluente tratado não contaminará o lençol freático. Pode ser verificado no plano de bacia hidrográfica a localização de córregos, talvegues e fundos de vale para determinar o melhor local de implantação.

A partir das questões pontuadas acima, podemos definir como local para instalação do *wetland* construído, uma região baixa e seca do terreno, porém, que não seja distante dos sanitários que deverão alimentá-la.

4.2.1.4 Aprovações

Assim como ocorre com os processos de tratamento tradicionais, os *wetlands* construídos devem ser submetidos a órgãos específicos, com a finalidade de

cumprir requisitos e obter aprovações ainda na etapa de projetos. Em pesquisa junto aos órgãos atuantes no estado do Paraná, verificou-se que a SANEPAR e o IAP dispensam a apresentação dos projetos.

A SANEPAR (SANEPAR, 2018) divulga que projetos de tratamento individual de esgoto, não são analisados e exigidos. A companhia ressalta que devem ser buscadas as aprovações em órgãos ambientais competentes. Conforme visto no item 4.1.6 deste trabalho, há dispensa também do IAP, que concede DLAE aos estabelecimentos de ensino (exceto nos *campi* universitários).

Com as dispensas verificadas acima, cabe às Prefeituras dos Municípios onde estão localizados os colégios as aprovações necessárias às implantações dos *wetlands* construídos. Como não apresentam um consenso, deve-se analisar caso a caso.

4.2.1.5 Orçamento

A implantação de um *wetland* apresenta um custo total de execução baixo, tendo materiais com alta disponibilidade em qualquer região do estado. Na tabela abaixo, apresenta-se os serviços necessários a execução e seu valor unitário correspondente de acordo com a tabela SEIL/PRED, com vigência iniciada em fevereiro de 2017, utilizada pelo governo do Estado para determinar preço máximo de obras de engenharia na rede estadual de ensino.

CÓDIGOS SEIL	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		
			MAT	MO	TOTAL
90091	Escavação mecanizada de vala com prof. Até 1,5 m (média entre montante e jusante/uma composição por trecho), com escavadeira hidráulica (0,8 m ³ /111 hp), larg. De 1,5m a 2,5 m, em solo de 1a categoria, locais com baixo nível de interferência. Af_01/2015	M3	3,97	1,27	5,24
74005/1	Compactação mecânica, sem controle do gc (c/compactador placa 400 kg)	M3	2,09	2,70	4,79
68053	Fornecimento/instalação lona plástica preta, para impermeabilização, espessura 150 micras.	M2	2,08	3,2	5,28

89714	Tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. Af_12/2014	M	22,8	19,7	42,5
72295	Cap pvc esgoto 100mm (tampão) - fornecimento e instalação	UM	9,78	2,86	12,64
89744	Joelho 90 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário.	UM	12,09	6,65	18,74
89796	Te, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 x 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. Af_12/2014	UM	21,58	8,78	30,36
89778	Luva simples, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. Af_12/2014	UM	7,98	4,52	12,5
83668	Camada drenante com brita num 2	M3	56,38	26,46	82,84
83667	Camada drenante com areia media	M3	76,54	26,46	103
85178	Plantio de arbusto com altura 50 a 100cm, em cava de 60x60x60cm	UM	44,7	1,99	46,69
73967/1	Plantio de arvore, altura de 1,00m, em cavas de 80x80x80cm	UM	69	15,37	84,37

Tabela 01 – Valores unitários dos insumos utilizados em *wetlands* construídos
Fonte: SEIL/PRED (2017)

Legenda:

UNID - Unidade

MAT – Valore referente ao material

MO – Valor referente à mão de obra

É necessário elaborar uma composição de serviço adaptada para a vegetação proposta, de modo que reflita com mais proximidade as plantas a serem utilizadas, bem como a lona para impermeabilização, disponível na tabela apenas com espessura de 150 micras, sendo a proposta, de 200 micras. Os itens devem ser cotados nas datas orçadas para garantir valores atuais, uma vez que não são apresentados na tabela de referência da SEIL/PRED.

4.2.2 Execução

A execução dos *wetlands* é um processo relativamente simples. A área delimitada em projeto deverá primeiramente ser locada e isolada, para que então se dê início aos serviços relacionados.

O primeiro passo deve ser a escavação onde será instalada a estação. O solo deve ser removido e a vala adequada de acordo com as dimensões previstas em projeto. O leito deve ser compactado para que, de acordo com Dupoldt *et al.* (2000), haja uma minimização da contaminação em caso de vazamento. Deve-se escavar também o trecho entre fossa séptica e sumidouro ou vala de infiltração, para instalação dos ramais de alimentação destes elementos.

Na sequência, inicia-se o processo de impermeabilização com a camada dupla de lona. Esta etapa é a de maior importância, haja vista que uma lona mal instalada ou danificada pode significar vazamentos, e por consequência, contaminação do solo e lençol freático. A lona deve cobrir toda a extensão da vala e não deve ter emendas.

A tubulação vinda da fossa séptica, é instalada logo após, juntamente com o quadro de tubos de coleta em PVC 100mm. O esgoto enviado para o *wetland* deve ser distribuído sobre toda a estação, de modo a uniformizar a distribuição do esgoto. Os tubos de coleta do efluente tratado, instalados ao fundo da estação, devem ser perfurados. Kaick (2002, p. 82) utiliza como padronização broca número 8 para as perfurações. Tubulações de visita devem ser instaladas com tubulação de mesmo diâmetro, para coleta de efluente para análise. Estas tubulações devem ser mantidas fechadas para evitar a proliferação de insetos. Dupoldt *et al.* (2000) recomendam também que sejam instaladas telas, para que não haja a possibilidade de inserir materiais danosos na tubulação. Os dutos de saída devem ser conectados ao sumidouro ou vala de infiltração projetados em conjunto.

Após a instalação das tubulações, passa-se ao processo de preenchimento da vala. Crispim, Kaick e Parolin (2012), usaram uma proporção de 50% de brita número 2 e 50% de areia para o preenchimento da área filtrante da estação. Ao fundo, abaixo da camada de areia, é colocada uma camada, também de brita, logo acima da tubulação de captação do efluente tratado, para evitar que a areia entre pelos furos e cause entupimentos. Desse modo, podemos recomendar um lastro de

brita no fundo da estação, recobrando toda a tubulação, 50 centímetros de areia e 50 centímetros de brita número 2.

Na região da brita, é onde se efetua o plantio da vegetação propriamente dito. É possível também, caso desejável, lançar uma fina camada de solo sobre a estação. Abreu (2013), em seu trabalho, efetuou o plantio das mudas após alguns dias de funcionamento do *wetland*. Isso foi necessário pois as plantas necessitam dos nutrientes presentes no esgoto para sobreviverem. Dessa forma, sugere-se que haja certa quantidade de efluente disponível na estação, para só então efetuar o plantio. A figura 15 abaixo apresenta imagens representando as etapas executivas comentadas acima.



Figura 15 – Etapas de construção de um *wetland* construído
 Fonte: Crispim, Kaick e Parolin (2012, P. 49)

- A – Escavação da vala aonde será instalada o *wetland* com solo compactado;
- B – Instalação da lona impermeabilizante;
- C – Montagem dos quadros em tubos PVC para coleta do efluente tratado ao fundo do *wetland*;
- D – Aplicação de brita sobre a tubulação de coleta no leito do *wetland*, evitando obstrução;
- E – Aplicação da camada de areia na parte inferior do *wetland*, responsável pela filtragem final;
- F – Aplicação da camada de brita na parte superior. Região aonde será plantada a vegetação e etapa inicial do tratamento;
- G – Mudas sendo plantadas na região da brita;
- H – Mudas plantadas na região da brita;
- I – Vegetação em crescimento e *wetland* em operação;
- J – *Wetland* em operação com vegetação desenvolvida.

4.2.3 Utilização

O acesso a captação do esgoto sanitário, via de regra, torna o usuário alheio às questões envolvidas na composição do próprio rejeito. Jogam-se resíduos, produtos químicos, óleos, entre outros dejetos, sem conscientização dos efeitos que estes elementos causam no tratamento do efluente. No caso do uso de *wetlands* construídos, é imprescindível que os envolvidos tenham compreensão do que estão lançando nas pias, bacias sanitárias e tanques. Ademais, é desejável que alunos e funcionários dos colégios, onde será implementada o *wetland*, percebam que o sistema somente funcionará de maneira adequada se houver algumas restrições.

4.2.4 Composição do efluente

Em se tratando de uma tecnologia específica, o emprego dos *wetlands* no tratamento do esgoto exige alguns cuidados, no que tange à composição do esgoto produzido. Tendo posse das informações aqui contidas, o colégio deve orientar alunos e funcionários para que haja um bom funcionamento do sistema, sendo este, um trabalho contínuo. Crispim, Pagliarini Junior e Parolin (2011), comentam que o mau uso do sistema afeta a vida útil e a eficiência do *wetland* construído. Os autores citam que não se deve lançar qualquer material, além do próprio esgoto, nos pontos atendidos. Dessa forma, papel higiênico, absorventes, produtos químicos ou qualquer outro material que possa obstruir as tubulações ou afetar a saúde das plantas, deve ser evitado.

4.2.5 Manutenção

Se bem operadas, os *wetlands* não devem apresentar necessidade de grandes manutenções. Deve-se ficar atento ao crescimento das plantas, observando se apresentam alterações e se não estão morrendo. Neste caso, pode existir alguma obstrução da tubulação impedindo o fornecimento de nutrientes ou algum produto danoso lançado no efluente. Se bem cuidadas, autores estimam que a vida útil desse sistema gire em torno de 10 a 15 anos (CRISPIM, PAGLIARINI JUNIOR e PAROLIN, 2011).

4.2.6 Sugestão de interdisciplinaridade

As possibilidades de conexão entre o tratamento de esgoto por zona de raízes e seu uso dentro de sala de aula são vastos e dão abertura para outros trabalhos. Além da conscientização sobre o consumo de água potável até seu descarte como efluente, os *wetlands* construídos podem auxiliar nas disciplinas ministradas nos colégios. Lapolli, Rodrigues e Santos (2015), comentam sobre a experiência de aplicar o tratamento do esgoto no processo de ensino, principalmente nas aulas de ciências, nas quais os educadores puderam envolver-se nas pesquisas e repassar as informações em sala de aula. Existem possibilidades em geometria, botânica, química e física, podendo servir de base para exercícios em sala de aula.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo do cenário proposto, abrangendo colégios da rede estadual de ensino do estado do Paraná, não servidas por rede de coleta e tratamento de esgoto, buscou-se apresentar uma proposta eficiente e descentralizada. O estudo dos *wetlands* construídos em território nacional nos permite comprovar a capacidade do sistema na remoção de poluentes. Trata-se de uma tecnologia acessível, com necessidade de baixa manutenção e que dispensa o uso de energia em seu funcionamento.

O roteiro técnico proposto trouxe normas e resoluções vigentes relacionadas a estações de tratamento de esgoto e despejo de efluentes em ambiente natural. As normas e resoluções são importantes pelo fato dos *wetlands* não possuírem uma norma vigente portanto, para a liberação de licença pelos órgãos competentes se faz necessário indicar que todas as construções seguem normas vigentes e que adaptam os *wetlands* para as mesmas.

O formato no qual este trabalho foi apresentado é de um roteiro de etapas, no qual estão indicadas as ferramentas necessárias à implantação e conservação dos *wetlands* construídos em colégios estaduais do Paraná. Foram apresentadas diretrizes para as etapas referentes à fase de planejamento, execução e manutenção das estações de tratamento.

Mostrou-se que é possível dimensionar as estações de tratamento a partir da quantidade de usuários, optar pela melhor localização, escolher a vegetação, elaborar um orçamento detalhado, identificar os órgãos a serem consultados, definir as etapas de construção e expor pontos de atenção no uso dos *wetlands* construídos. No caso específico da edificação proposta, enquanto centros de formação de crianças e adolescentes pode-se aliar atividades interdisciplinares com a temática da educação ambiental. Há a possibilidade de promover ações de conscientização dos alunos e educadores sobre o tratamento do esgoto, apresentando o funcionamento do sistema composto por *wetlands* construídos.

O colégio deve ser um ambiente apropriado à convivência da comunidade escolar. Devido ao aspecto paisagístico impresso pelos *wetlands* construídos, ocorre uma valorização do ambiente, estimulando a atuação de todos os usuários.

REFERÊNCIAS

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. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209:2011 - Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**. 53 f. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. 60 f. Rio de Janeiro, 1997.

ACAMPORA, Bárbara Heliodora Alves. **O uso da arquitetura da paisagem no tratamento final dos efluentes de estações de tratamento de esgotos em São José/SC**. 2013. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

AGASSI, Joenilson Daniel; KAICK, Tamara Van; LEMES, João Luiz Villas Boas; MACHADO, Gilmara de Oliveira; SCHIRMER, Waldir Nagel; STUMPF, Gleison. **Tratamento de esgoto por zona de raízes em comunidade rural – Parte 2: avaliação**. Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

ALMEIDA, Rogério de Araújo; PITALUGA, Douglas Pereira da Silva; REIS, Ricardo Prado Abreu. **Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanque séptico**. Revista Biociências, Volume 16, Número 1. Universidade de Taubaté. Taubaté, 2010.

BARBOSA, Gisele Silva. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2008. Revista Visões 4ª Edição, Nº4, Volume 1, 2008.

CAMPOS, José Roberto. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. 1999, Rede de Cooperativa de Pesquisa – RECOPE, Escola de Engenharia de São Carlos – USP. Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – PROSAB. Rio de Janeiro, 1999.

COSTA, Rejane Helena Ribeiro da; HOFFMANN, Heike; PLATZER, Christoph; WOLFF, Delmira Beatriz. **Propostas para o saneamento descentralizado no Brasil (tecnologias de baixo custo para o tratamento de esgotos urbanos)**. ICTR – Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, NISAM - USP – Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da USP - ICTR 2004 – Congresso Brasileiro De Ciência E Tecnologia Em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável - Florianópolis – Santa Catarina – 2004.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005**. Brasília, 2011.

DEGASPERI, Francisco Tadeu; IRAZUSTRA, Silvia Pierre; SANTOS, Rubens Francisco; TEIXEIRA, Elisabeth Pelosi. **Abordagem descentralizada para concepção de sistemas de tratamento de esgoto doméstico**. Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura, Edição 16ª, 2015. Dossiê Estratégias Globais e Sistemas Produtivos Brasileiros. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza” – Unidade de Pós-Graduação. São Paulo, 2015.

DUPOLDT, Carl; EDWARDS, Robert; GARBER, Lamonte; ISAACS, Barry; LAPP, Jeffrey; MURPHY, Timothy; RIDER, Glenn; SAYERS, Melanie; TAKITA, Charles. **A Handbook of Constructed Wetland: a guide to creating wetlands for Agricultural Wastewater, Domestic Wastewater, Coal Mine Drainage, Stormwater in the Mid-Atlantic Region**. USDA - Natural Resources Conservation Service, US Environmental Protection Agency - Region III, Pennsylvania Department of Environmental Resources, Vol. 1, f. 53, USA, 2000.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional da Saúde. 4ª edição, 642 f. Brasília, 2015.

IAP, Instituto Ambiental do Paraná. **Quando posso Utilizar a Dispensa do Licenciamento Ambiental Estadual – DLAE**. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=440>> Acesso em: 23 de fevereiro de 2018.

JORDÃO, Eduardo P. e PESSÔA, Constantino A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4ª Edição, ABES, 932p. Rio de Janeiro, 1995.

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.; Presznuk, 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 da Engenharia Ambiental. Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati, 2008.

KAICK, Tamara Simone Van; PRADO, Marcelo Real; WEBER, Conrado Folle. **Dimensionamento de wetlands construídas em sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário**. 2011. 2º Simpósio Brasileiro Sobre *Wetlands* Construídos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

LAPOLLI, Flávio Rubens; RODRIGUES, Eduardo Bello; SANTOS, Monica Aparecida Aguiar. **Zona de raízes: experiência vivenciada numa escola rural no município de Campos Novos/SC**. Revista Engenharia e Construção Civil. Curitiba, 2015.

MONTEIRO, Rodrigo Cesar de Moraes. **Viabilidade técnica no emprego de sistema tipo “wetlands” para tratamento de águas cinza visando o reuso não potável**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

SEIL/PRED, Secretaria de Infraestrutura e Logística, Paraná Edificações. **Tabela de Custos de Obras - Referência: Dezembro/2016 - Vigência: Fevereiro/2017. Disponível em:**

<<http://www.paranaedificacoes.pr.gov.br/arquivos/File/CustosEdificacoes/CustosdeObras/CustosdeServicosdeEdificacoesComDesoneracao.pdf>> Acesso em: 18 de março de 2018.

PHILIPPI, Luiz Sérgio. **Saneamento descentralizado: instrumento para o desenvolvimento sustentável.** 2009. IX SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, 2009.

RODRIGUES, Eduardo Bello. **Tratamento de esgoto por zona de raízes: experiências vivenciadas numa escola rural no município de Campos Novos/SC.** 2012. 118 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

SANEPAR, Companhia de Saneamento do Paraná. **Manual de Projeto Hidrossanitário.** Curitiba, 2017.

SANEPAR, Companhia de Saneamento do Paraná. **Relatório de Administração e de Sustentabilidade 2016.** Curitiba, 2016.

SEMA, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Resolução Nº 430/2011/SEMA. Curitiba, 2011.**

SEMA, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Resolução Nº 021/2009/SEMA. Curitiba, 2009.**

SEZERINO, Pablo Heleno. **Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical.** 2006. 171 f. Tese de Doutorado em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

SILVA, Selma Cristina. **“Wetlands Construídos” de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos.** 2007. 205 f. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

WWF, World Wide Fund for Nature Brasil. **O que é desenvolvimento sustentável?** Disponível em:

<https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/index.cfm> Acesso em: 31 de março de 2018.

ZANELLA, Luciano. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: Wetlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte.** 2008. 189 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.