

DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

- WETLANDS CONSTRUÍDAS -

SILVA, Maria Olivia¹

Faculdades Integradas Maria Imaculada
maro-mos@hotmail.com

DOMINGUES, Thabata Costa de Godoy²

Faculdades Integradas Maria Imaculada
thabatacgdomingues@gmail.com

RESUMO

Dentre os vários métodos de tratamento de esgoto e conseqüentemente a sua reutilização da água tratada, temos o método de wetlands que utiliza plantas macrófitas no tratamento dos efluentes sanitários. Possui um baixo custo de implantação e manutenção, é um sistema muito eficiente e pode ser implantado em locais que não possuem rede de coleta e tratamento de esgoto, tais como bairros afastados, pequenas comunidades e zona rural. Perante os motivos citados, é clara a necessidade de se propor uma alternativa para amenizar essa problemática de falta de saneamento nas comunidades e bairros que não possuem tratamento. É o caso da população moradora do bairro Parque das Laranjeiras, situado no município de Mogi Mirim/SP. O objetivo principal deste trabalho é realizar o dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Esgoto utilizando as Wetlands construídas juntamente com zona de raízes para este bairro, e verificar ainda a viabilidade de se utilizar este método no Parque das Laranjeiras. Para o dimensionamento da Wetland foi utilizado o método de Reed, e o dimensionamento da fossa séptica foi embasado na legislação vigente. O resultado obtido foi uma fossa dimensionada para um volume de 6,37 m³ diários, e uma Wetland, de dimensões de 15 metros de comprimento por 3 metros de largura e uma profundidade de 1,5 metros se utilizando de areia grossa, britas e das plantas macrófitas Lírio do Brejo e Taboa. O sistema se mostrou muito viável, por ser de baixo custo e de fácil implantação, não necessita de área significativa além de não exigir grandes manobras e custos para manutenção.

Palavras-chave: Fitorremediação. Tratamento Ecológico. Wetlands. Macrófitas.

¹ Formada em Engenharia Ambiental, pela Faculdade Municipal Professor Franco Montoro (2006), e em Engenharia Civil pelas Faculdades Integradas Maria Imaculada (2017).

² Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Faculdade Municipal Professor Franco Montoro (2005) e mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical pelo Instituto Agrônomo de Campinas (2009), na Área de Gestão de Recursos Ambientais (Linha de pesquisa: Qualidade e Poluição do Solo).

1 INTRODUÇÃO

A água é algo imprescindível para a existência e sobrevivência de qualquer tipo de vida no planeta Terra, o recurso mais valioso da humanidade, uma vez que é um bem utilizado para grande parte das atividades ligadas aos seres humanos, principalmente no que tange o abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura, preservação da flora e da fauna, geração de energia elétrica, e diluição de despejos, entre outros. (FUNASA, 1991).

Pode-se dizer que o consumo de água está conectado diretamente à condição econômica da população e o índice pode variar de acordo com a forma de consumo, geralmente exagerado por conta do pequeno custo (classe alta) ou pela falta de conscientização devido a pouca instrução (classe baixa), agravando ainda mais a escassez da água (NUVOLARI, 2007).

Diante dessa situação, o reuso de água passa a ser uma alternativa que não pode ser ignorada, sendo reuso, o aproveitamento do efluente tratado, em um grau de pureza que atenda a finalidade pretendida. (BERTONCINI, 2008)

Na contra mão da implantação de técnicas de reuso das águas observamos problemas gravíssimos devido à falta de medidas práticas de saneamento e de educação sanitária, onde grande parte da população tende a lançar os dejetos diretamente sobre o solo ou em corpos d'água, criando situações favoráveis à transmissão de doenças (KARASEK, 2011).

Para combater esses problemas, existem atualmente inúmeros processos de tratamento de esgoto sanitário, sendo que a escolha do processo mais adequado deve-se basear principalmente no nível de eficiência necessário e desejado, no atendimento à legislação vigente em relação aos parâmetros analisados, na área disponível para sua implantação, no custo e complexidade de implantação e operação, bem como na produção e disposição de lodos (DE LUCCA, 2015).

No entanto todo esse procedimento para escolha do tipo de tratamento do efluente sanitário chega a ser utópico, uma vez que para a maioria da população mundial o acesso a qualquer sistema de saneamento é inexistente, assim como o acesso a água doce e potável. Por isso, o grande desafio do século XXI será criar mecanismos eficientes que combatam a escassez, a má qualidade, a distribuição ineficiente, o desperdício, entre outros fatores instaurados pela má gestão do uso da água (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005).

A alternativa mais indicada e adequada para combater essa escassez é adotando práticas de reuso e tratando os efluentes sanitários, utilizando uma Estação de Tratamento de Esgotos. (DE LUCCA, 2015).

Uma ETE (Estação de Tratamento de Esgotos) é um sistema que usa organismos que se proliferam no solo e na água, procurando aperfeiçoar os diferentes processos de tratamento e minimizando os custos para que se consiga a maior eficiência possível, respeitando-se as restrições que se impõem pela proteção do corpo receptor e pela limitação dos recursos disponíveis. (RICHTER, 2001)

O principal objetivo numa ETE é procurar reduzir o tempo de detenção hidráulica (tempo médio que o esgoto fica retido no sistema) e aumentar a eficiência das reações bioquímicas, de maneira que se atinja determinado nível de redução de carga orgânica, em tempo e espaço muito inferiores em relação ao que se espera que ocorra no ambiente natural. (COSTA E TELLES, 2007)

Processos biológicos, aeróbio e anaeróbio, podem ser aplicados para o tratamento de esgotos sanitários, cada qual apresentando uma série de aspectos positivos e, naturalmente, outra série de aspectos negativos. Assim sendo, em cada caso, devem-se ponderar ambas as possibilidades para que se chegue realmente à solução mais apropriada para cada situação, levando em conta as características particulares, para que seja escolhida uma solução correspondente a uma eficiência e a custos compatíveis com as circunstâncias que prevalecem no local (RICHTER, 2009).

Como citado anteriormente, o tratamento de efluentes, precisa garantir um grau de depuração compatível com as condições de lançamento estabelecidas pela legislação, e para isso pode incluir diferentes níveis e métodos. (RICHTER, 2001, 2009)

Conforme Richter (2001, 2009), os níveis de tratamento são usualmente classificados em: Preliminar (se propõe a remover sólidos grosseiros, detritos minerais, material flutuante, óleos e graxas); Primário (visa à remoção de sólidos sedimentáveis suspensos e de parte da matéria orgânica). Secundário (tem por objetivo principal a remoção de matéria orgânica e de nutrientes, nele predominam os mecanismos biológicos). Terciário (é utilizado no Brasil, e tem como objetivo a retirada de poluentes específicos, como compostos tóxicos ou não biodegradáveis);

Segundo Karasek, (2011), os métodos de tratamento se dividem em operações e processos unitários e a união destes compõem os diferentes sistemas de tratamento podendo ainda ocorrer simultaneamente em uma mesma unidade de tratamento. As definições e

operações dos processos podem ser adotadas da seguinte forma: Operações físicas unitárias onde o tratamento é realizado utilizando forças físicas (como gradeamento, mistura floculação, sedimentação, flotação e filtração); Processos químicos unitários onde os contaminantes são removidos ou convertidos pela adição de produtos químicos ou devido a reações químicas; Processos biológicos unitários onde a remoção dos contaminantes ocorre pela atividade biológica.

Conforme Richter (2001, 2009), podemos citar os principais Sistemas de Tratamento utilizados em nosso país, que são os seguintes: lagoas de estabilização, lodos ativados e sistemas anaeróbios e filtros biológicos. Em lagoas de estabilização existem as lagoas facultativas onde o processo é o mais simples de tratamento de esgotos por lagoas, dependendo de fenômenos estritamente biológicos (naturais); lagoas anaeróbias que recebem mais esgoto por área do que os outros tipos de lagoas por possuírem dimensões superficiais menores e de maior profundidade que as demais. Nelas ocorrem, simultaneamente, os processos de sedimentação e digestão anaeróbia, na ausência de oxigênio; lagoas aeradas facultativas onde o mecanismo de se assimila com uma lagoa facultativa, porém, o oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos.

Para os lodos ativados, o tratamento é aeróbio e a aeração garante o suprimento de oxigênio e a homogeneização da massa líquida em um tanque denominado reator. A matéria orgânica é removida por bactérias que crescem dispersas no tanque. A biomassa sedimenta em um decantador final (secundário), permitindo que o efluente saia clarificado para o corpo receptor. (KARASEK, 2011)

Nos sistemas anaeróbios existe o reator anaeróbio de manta de lodo onde as bactérias dispersas no reator são responsáveis pela estabilização da DBO, a quantidade de lodo produzida é baixa e já sai estabilizado. Já no filtro anaeróbio a estabilização da DBO ocorre pelas bactérias aderidas a um meio suporte, normalmente pedras, contidas no reator. Há baixa produção de lodo, que também já sai estabilizado. (CORNELI, 2014),

Geralmente filtros biológicos são constituídos por um leito que pode ser de pedras, ripas ou material sintético. O esgoto passa rapidamente pelo leito em direção ao dreno de fundo, porém a película de bactérias absorve uma quantidade de matéria orgânica e faz sua digestão mais lentamente. Os filtros podem ser de baixa e de alta carga. Filtros biológicos de baixa carga tem eficiência comparável ao sistema de lodos ativados convencional, necessita de uma área maior para implantação e possui uma menor capacidade de adaptação as variações do efluente, porém consome menos energia e seu sistema operacional é mais

simples. Já os filtros biológicos de alta carga necessitam de uma área menor, porém é um método menos eficiente que o sistema de filtros biológicos de baixa carga e o lodo não sai estabilizado. (RICHTER, 2001; 2009)

Dentre os inúmeros métodos de tratamento de esgoto existe um sistema alternativo que o trata eficientemente e com custo mais baixo. Trata-se de um modelo promissor, pois sua implantação e manutenção são simples, baseando-se em um processo natural, que utiliza os recursos disponíveis como a vegetação da própria região, exige pouca mecanização e mão de obra especializada, além de ser econômico, de fácil gerenciamento e poder, ainda, ser incorporado à paisagem local (ZANELLA, 2008).

Além disto, este tratamento utiliza plantas, que associam sua beleza (efeito paisagístico) com o bom desempenho na depuração do esgoto. Segundo Zanella (2008), o processo de tratamento por este sistema recebeu no Brasil diversas denominações, como: terras úmidas, zonas de raízes, wetlands, fitorremediação, zonas úmidas, leitos cultivados, entre outros. HOFFMAN (2011) fez a segunda citação: “*Wetlands* construídas desempenham um papel importante na descentralização dos sistemas de tratamento de águas residuais, devido a serem sistemas "naturais" de fácil aplicação, com um bom custo, uso eficaz e baixas exigências operacionais”.

O método de wetlands está se revelando uma alternativa eficiente e de baixo custo como dito anteriormente (ZANELLA, 2008). Esses sistemas podem ser implantados no local onde o esgoto é gerado, são facilmente operados, economizam energia. Portanto, as estratégias de sustentabilidade ambiental buscam compatibilizar as intervenções antrópicas minimizando os impactos ambientais.

Segundo Rodrigues (2012), as Wetlands se classificam em duas categorias: Wetlands construídos e Wetlands naturais. Sendo essas últimas áreas de transição terrestres e aquáticas de vários ecossistemas naturais que ficam parcial ou totalmente inundados durante o ano, nas quais inúmeros processos e agentes como animais, plantas, solo e luz solar interagem entre si transferindo e reciclando matérias orgânicas e nutrientes. Possuem a função de regular os fluxos de água, amortecendo os picos de enchentes; modificar e controlar a qualidade das águas; área de reprodução e alimentação da fauna aquática e de refúgio da fauna terrestre; controlar erosões evitando o assoreamento dos lagos e rios. Enquanto que as primeiras possuem o objetivo de simular as condições ideais de tratamento das wetlands naturais, porém fornecem as vantagens de oferecem a possibilidade da escolha do local de implantação, controlar as condições de otimização da eficiência de remoção de matéria orgânica e de

nutrientes, até o maior controle sobre as variáveis hidráulicas e à maior facilidade quanto ao manejo da vegetação. São recomendados para pequenas cidades, bairros não servidos de rede de esgoto ou comunidades que disponham de área suficiente para sua implantação. (RODRIGUES, 2012)

Segundo Sezerino (2015) e Rodrigues (2012), os wetlands construídos se classificam em dois grupos: Sistema de escoamento superficial que possui propriedades semelhantes ao das lagoas facultativas. Estas lagoas se diferenciam na maioria das vezes nas formas de como as macrófitas são dispostas na porção aquática, podendo ser flutuante, emergente e submersa. O outro grupo são os Sistemas de escoamento subsuperficial que por sua vez também é dividido em fluxo subsuperficial horizontal e fluxo subsuperficial vertical.

Ainda dentro dos wetlands construídos, se tem a zona de raízes também denominada leitos cultivados e segundo Lemes (et.al., 2008) é uma tecnologia autossustentável, ocupa um pequeno espaço na área externa e ainda pode ser integrado de forma não agressiva ao ambiente. Extremamente eficiente por ser um sistema que passa por duas etapas: o tratamento primário (fossa séptica) e o secundário (ETE por meio de zona de raízes). Outra grande vantagem é a ausência da produção de lodo, o que provoca mau cheiro caso seque naturalmente ou gere um alto custo se optarem por realizar secagem mecânica.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi apresentar um projeto de Estação de Tratamento de Esgoto utilizando Wetlands Construídas para o Parque das Laranjeiras, situado em Mogi Mirim/SP, realizando estudos e levantamentos técnicos para o desenvolvimento deste projeto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o dimensionamento da estação de tratamento de esgoto sanitário optou-se pela utilização do Sistema Wetlands Construídas com o emprego de zona de raízes, e para tal foi necessário obter dados realizando cálculos através de métodos reconhecidos e levantamentos por fontes precisas e confiáveis.

- Obtenção do número de lotes no bairro Parque das Laranjeiras que não possuem rede de coleta de esgoto sanitário através do Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE;

- Levantamento populacional atual (2017); O dado foi obtido através da Prefeitura Municipal de Mogi – Mirim baseado no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE;

- Previsão populacional para 2030, dado fornecido pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE de Mogi - Mirim;

Com base nesses dados, foi possível determinar qual o sistema dentro dos wetlands construídos que melhor atende as necessidades do local determinado. Foram definidas ainda quais as espécies de plantas (macrófitas) indicadas para a região (clima, temperatura, disponibilidade de espécie) e a especificação do material utilizado nas zonas de raízes (material utilizado na impermeabilização, especificação e quantificação da tubulação).

Além das referências bibliográficas, o dimensionamento foi baseado na legislação vigente que fixa condições de projetar, construir, operacionalizar e ainda oferece alternativas para o sistema de tanques sépticos e unidades complementares (fossa séptica), onde se encaixam os Wetlands e as zonas de raízes. As normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 7229/1993 Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, e a NBR 13969/97 Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação, foram as fundamentais para a concepção desse projeto.

Como dito anteriormente, com a estimativa populacional, foi possível iniciar o dimensionamento das fossas e das wetlands construídas. Para este, demonstra-se as informações e fórmulas utilizadas.

Devido à quantidade de habitantes, optou-se por separar as residências/lotes em grupos de 12 unidades, o que gerou uma média de grupos de 48 habitantes. Esta escolha se deu pelo motivo de logística, por conta das áreas a serem utilizadas para implantação do sistema, considerando que é inviável construir uma fossa para cada residência, bem como uma wetland. Vale ressaltar ainda que a implantação ocorrerá de forma gradativa, conforme a necessidade da população e do bairro.

- **Parâmetros de projeto**

Para os parâmetros do projeto: número de unidades residenciais, número de habitantes/unidade (N), e número de pessoas contribuintes (P), foi realizada análise da área, da quantidade de habitantes e de lotes atuais, futuros e a viabilidade deles para determinar os valores. Para a determinação da contribuição de despejos (C), contribuição de lodo fresco (Lf), taxa de acumulação do lodo digerido (K), período de detenção hidráulica (T), e volume de contribuição diária (Vcd) foi utilizada a NBR 7229/1993 Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos

- **Cálculo do volume para decantados digestores circular de câmara única:**

A fórmula utilizada para o cálculo do volume útil é determinada pela NBR 7229/1993.

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

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

- **Determinação das dimensões da fossa séptica - circular de câmara única:**

O Diâmetro Útil determinado é de um tamanho comercial de aduelas de concreto, uma forma de otimizar a construção e implantação da fossa.

Para a determinação da Área Útil utiliza-se a fórmula $\pi \times r^2$, onde o r é o é a metade do diâmetro útil.

Assim como o diâmetro, a Profundidade Útil também é de tamanho comercial.

Com as informações de profundidade e área útil foi possível determinar o Volume Útil através da fórmula:

$$\text{Volume Útil} = \text{Prof. útil} \times \text{Área útil}$$

- **Cálculo do volume para filtros anaeróbios circulares:**

Para a determinação do número de pessoas contribuintes (P), contribuição de despejos (C), período de detenção hidráulica (T) também foi utilizada a NBR 7229/1993 Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. A fórmula para cálculo do volume está contida na NBR 13969/1997 Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação, são as fundamentais para a concepção desse projeto.

$$V = 1,6 . N . C . T$$

Onde:

N é o número de contribuintes;

C é a contribuição de despejos, em litros x habitantes/ dia

T é o tempo de detenção hidráulica, em dias

- **Determinação das dimensões dos filtros anaeróbios:**

Os filtros anaeróbios são determinados da mesma maneira que a fossa séptica, utilizando aduelas de tamanho comercial e com as mesmas equações.

-Wetlands Construídos

Os cálculos do dimensionamento para a wetlands construídos – zona de raízes - foram realizados através do método de Reed, descrito a seguir, assim como a identificação de seus parâmetros:

- **População**

P= número de habitantes mais um – determinação do método de Reed

- **Consumo per capita de água**

q = Vazão pré determinada no cálculo da fossa através da norma.

- **Coefficiente de retorno**

c = Determinado por Reed, podendo variar entre 40% e 100%

- **Q = vazão (m³/dia)**

$$Q = c * P * q / 1000$$

Onde:

c = Coeficiente de retorno

P= População

q = Consumo per capita de água

- **Tempo de detenção**

Td = pode ser entre 2 e 7 dias

- **Vv= volume de vazios - Areia**

$$Vv = Td * Q$$

Onde:

Td = Tempo de detenção

Q = vazão (m³/dia)

- **Porosidade do leito (n)**

n= Porosidade do leito preenchida com 60% de pedra brita n°1

- **Volume (m³) brita**

V= V_v/n

Onde:

V_v= volume de vazios

n= Porosidade

- **Intervalo de área**

Pode variar entre 0,001 e 0,007 hectares a cada m³ de esgoto que entra por dia no processo de tratamento

- **Área**

Intervalo de área (ha/m³dia * 10000 m²/ha) * Q (m³/dia)

- **Relação comprimento largura (C:L)**

O método de Reed estipula que a relação comprimento x largura seja de cinco para um:

C:L = 5:1

Onde:

C = Comprimento

L= Largura

- **Profundidade**

V = C*L*P \implies **P = V/L*C**

Onde:

V= volume (m³)

C= comprimento (m)

L= largura (m)

P= profundidade (m)

3 RESULTADOS

Para o bairro Parque das Laranjeiras foram fornecidos dados pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE do município de Mogi Mirim: a estimativa populacional para 2030, bem como a quantidade de lotes constantes na área, independente de regularização junto à prefeitura.

A população local, estimada através do número de ligações e média de habitantes (4hab.) por residência/lote (1144 unid.) atualmente é de 4576 pessoas. Utilizando esse mesmo princípio, a estimativa populacional em 2030 é de 8800 pessoas divididas em 2200 lotes. Com esses dados, foi possível iniciar o dimensionamento das fossas e das wetlands construídas, que podem ser implantadas gradativamente conforme a necessidade.

Do dimensionamento da fossa, que será padrão para grupos de 48 pessoas:

- **Parâmetros de projeto**

Número de Unidades Residenciais	: 12 unidades
Número de Habitantes / Unidade (N)	: 04 hab.
Número de Pessoas Contribuintes (P)	: 48 pessoas
Contribuição de despejos (C)	: 160 l/pessoa x dia
Contribuição de Lodo Fresco (Lf).....	: 1,00 l/pessoa x dia
Taxa de acumulação do Lodo Digerido (K).....	: 65 dias
Período de Detenção Hidráulica (T).....	: 0,50 dia
Volume de Contribuição Diária (Vcd).....	: 7.960 l/dia ou 7,96 m ³ /dia

- **Cálculo do volume para decantados digestores circulares de câmara única:**

Utilizando a fórmula já apresentada anteriormente:

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

$$\text{Volume Útil (V)} = 1000 + 48 (160 \times 0,50 + 65 \times 1)$$

$$\text{Volume} = 7,96 \text{ m}^3$$

- **Determinação das dimensões da fossa séptica - circular de câmara única:**

Adotando o padrão comercial das aduelas de concreto, temos: Diâmetro Útil = 2,60 m e Profundidade Útil = 1,50 m;

$$\text{Área Útil} = \pi \times r^2 = 5,31\text{m}^2$$

$$\text{Volume Útil} = \text{Prof. útil} \times \text{Área útil}$$

$$\text{Volume Útil} = 5,31 \times 1,50$$

$$\text{Volume Útil} = 7,96\text{m}^3 \text{ ou } 7.960,00 \text{ litros}$$

Portanto: Volume Total Calculado = 7,96 m³ para cada unidade a ser implantada.

- **Cálculo do volume para filtros anaeróbios circulares:**

Com as seguintes informações calculamos o volume útil dos filtros anaeróbios através da fórmula especificada em material e métodos:

Número de Pessoas Contribuintes (P).....: 48 pessoas

Contribuição de despejos (C).....: 160 l/pessoa x dia

Período de Detenção Hidráulica (T): 0,50 dia

$$\text{Volume Útil (V)} = 1,6 \times 48 \times 160 \times 0,50$$

$$\text{Resultando no Volume Útil} = 7,12 \text{ m}^3$$

- **Determinação das dimensões dos filtros anaeróbios:**

O cálculo para determinação das dimensões dos filtros foi realizado conforme estipulado anteriormente:

$$\text{Diâmetro Útil} = 2,60 \text{ m}$$

$$\text{Área Útil} = \pi \times r^2 = 5,31\text{m}^2$$

$$\text{Profundidade Útil} = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{Volume Útil} = \text{Prof. útil} \times \text{Área útil}$$

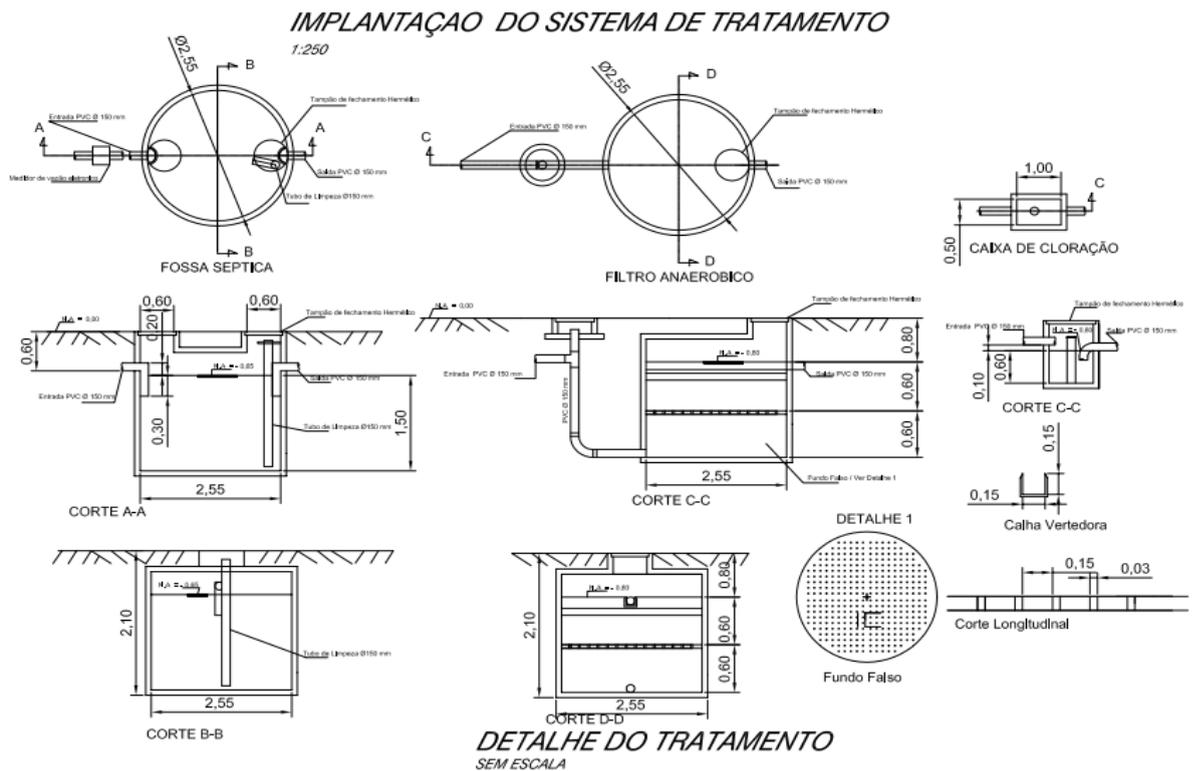
$$\text{Volume Útil} = 5,31 \times 1,20$$

$$\text{Volume Útil} = 6,37 \text{ m}^3 \text{ ou } 6.370,00 \text{ litros}$$

Portanto: Volume Total Calculado = 6,37 m³ para cada unidade a ser implantada.

A figura 1 demonstra o projeto da fossa dimensionada:

Figura1 - Projeto de dimensionamento da fossa séptica



Fonte: Autor, 2017

- Wetlands Construídos

Os Wetlands Construídos de Fluxo Subsuperficial Horizontal (WCH) consistem em um substrato de cascalho e/ou areia com a planta aderida em sua superfície, onde o efluente percorre esse leito em direção horizontal, de uma extremidade até a outra. (FAISSAL, 2016).

Do dimensionamento de ZR (zona de raízes) de fluxo horizontal subsuperficial pelo método de Reed:

- **População (número de habitantes)**

Número de habitantes pré determinado para cálculo de dimensionamento das fossas mais um:

P= 48 habitantes (+1)

P= 49 habitantes

- **Consumo per capta de água**

Conforme NBR citada anteriormente, porém foi adotado consumo de residência de alto padrão, como um fator de segurança:

q= 160 l.hab/dia

- **Coefficiente de retorno entre 40% e 100%**

Foi escolhido o coeficiente de 85% , por ser o valor mais comumente usado:

$$c = 85\%$$

- **Q = vazão (m³/dia)**

Utilizando a fórmula determinada pelo método de Reed:

$$Q = c \cdot P \cdot q / 1000$$

$$Q = 0,85 \cdot 49 \cdot 160 / 1000$$

$$Q = 6,7 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- **Tempo de detenção entre 2 e 7 dias**

Assim como no coeficiente de retorno, foi adotado o valor comumente utilizado para situações similares:

$$T_d = 2 \text{ dias}$$

- **V_v = volume de vazios**

Aplicação da fórmula descrita no material e métodos:

$$V_v = T_d \cdot Q$$

$$V_v = 2 \cdot 6,7$$

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

- **Porosidade do leito (n)**

A porosidade do leito preenchida com 60% e considerando a utilização de pedra brita nº1

$$n = 6/10 = 0,6$$

- **Volume (m³) brita**

Determinação da quantidade de brita utilizada na Wetland construída:

$$V = V_v / n$$

$$V = 13,4 / 0,6$$

$$V = 22,33 \text{ m}^3$$

- **Intervalo de área**

O valor escolhido foi o mínimo estipulado pelo método de Reed que é de 0,001 hectares:

$$\text{Intervalo de Área: } 0,001 \text{ ha} \cdot 6,7 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- **Área**

Fazendo a conversão de unidades para determinação da área necessária em metros quadrados:

$$0,001 \text{ ha/m}^3\text{dia} * 10000 \text{ m}^2\text{/ha} = 10 \text{ m}^2\text{/(m}^3\text{/dia)} * 6,7 \text{ m}^3\text{/dia} = 67 \text{ m}^2$$

$$\text{Área} = 67 \text{ m}^2$$

- **Relação comprimento largura (C:L)**

$$C:L = 5:1$$

$$C = 15$$

$$L = 3$$

$$C = 15 * 3 = 45 \text{ m}$$

- **Profundidade**

$$V = 15 * 3 * P \quad \Rightarrow \quad P = V/L * C$$

$$P = (67)/(3 * 15) = (67)/45$$

$$P = 1,5 \text{ m}$$

Analisando a relação C:L e a profundidade temos uma área total de 67,5 m², atendendo a área necessária dimensionada.

Para o dimensionamento do sistema foram determinadas as espécies de macrófitas que serão utilizadas: *Thypha domingensis*, conhecida popularmente como Taboa, e *Hedychium coronarium*, que leva o nome popular de Lírio do Brejo. Essas plantas possuem belo aspecto paisagístico, causando embelezamento do sistema, além de não necessitarem de cuidados intensos para o seu desenvolvimento, permitindo o surgimento de bactérias que serão responsáveis pelo tratamento dos efluentes.

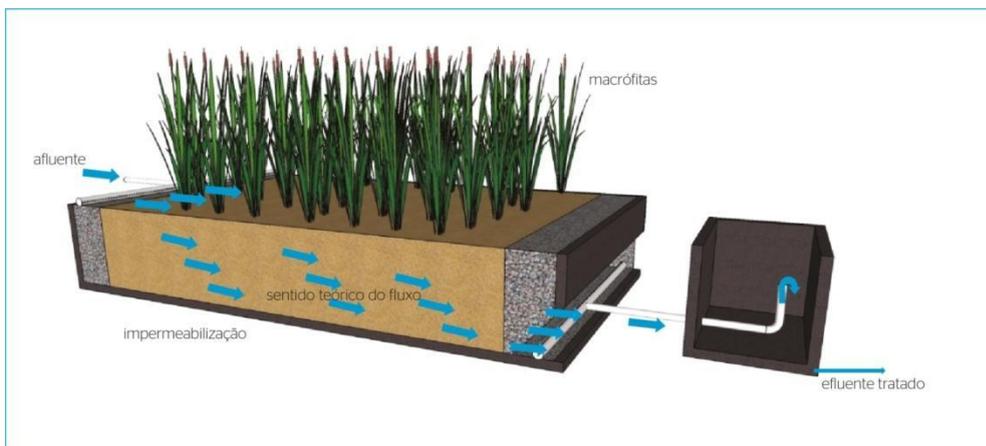
Ainda segundo Faissal (2016), na instalação do sistema existem alguns procedimentos a serem seguidos: Realização do forramento/impermeabilização do sistema, preenchimento de seu interior com a brita nº1 (no fundo e nas laterais de entrada e saída do efluente). Esta tem a finalidade de homogeneizar o esgoto na entrada do sistema e na captação do efluente na saída. A parte do meio da wetland deverá ser preenchida com areia grossa que servirá como maciço filtrante do sistema. Para o coletor de efluente, se utilizará canos de PVC, perfurado longitudinalmente e disposto na parte inferior da camada de brita que estará na saída do sistema.

Com a finalidade de evitar inundação do sistema pelas águas pluviais, será cavada uma vala paralela ao sistema para que a água escoe sendo desviada para as laterais e não atinja o sistema. Após a finalização da construção, deve-se encher de água completamente a fim de se observar o tempo de detenção da água, sua saída pelo coletor e verificar se haverá vazamentos

na estrutura. No exterior da estrutura, pode-se plantar mudas de plantas ornamentais para melhorar os aspectos de integração paisagística do sistema. Na saída do sistema, o efluente já tratado poderá ser armazenado e reutilizado para fins não potáveis ou mesmo encaminhado para despejo em corpo hídrico

A figura 2 demonstra o esquema do sistema:

Figura 2 – Esquema da Wetland Construída a ser implantada.



Fonte: Faissal, 2016

A figura 3 demonstra o fluxograma do sistema, com a fossa, a wetland construída e o reservatório de efluente tratado

Figura 3 – Fluxograma do sistema - Fossa - Wetland Construída - Reservatório



Fonte: Autor, 2017

4 DISCUSSÃO

Nas Wetlands Construídas, o efluente primeiro passa por um tratamento primário, neste caso, uma fossa séptica, onde são removidos os sólidos sedimentáveis, logo após, o

efluente é encaminhado através de uma rede de tubulações perfuradas para a ETE, mais ou menos a uns 10 cm abaixo da superfície do filtro, onde é iniciado o tratamento secundário.

Segundo Nava e Lima (2012) o sistema de zona de raízes é uma tecnologia viável para localidades rurais, distantes, ou onde o saneamento básico praticamente inexistente, pois é uma alternativa de tratamento de esgoto de fácil operação, com custo baixo de implantação e reduzida manutenção, além de contribuir diretamente para a sustentabilidade da região, proteção ambiental e melhoria da saúde pública. Vale ressaltar ainda a vantagem de que o efluente já tratado poderá ser reutilizado para fins não potáveis como lavagem de chão, rega de plantas entre outros.

Pode-se ainda citar o fato de que a decomposição da matéria orgânica realizada pelas bactérias, aderidas nas raízes das plantas, não produz gases odoríferos, uma vez que transforma o material em nutrientes que é consumido pelas plantas e pelas próprias bactérias, o que resulta na presença mínima de insetos no local, já que o esgoto a ser tratado permanece sob o material filtrante.

A eficiência do sistema deste tipo de processo fica em média em torno de 90% (NAVA; LIMA 2012), outras literaturas existentes também expressam a eficácia das zonas de dimensionamento do sistema, contemplando população e vazão do efluente gerado.

Não é possível precisar o custo deste dimensionamento, pois existem fatores que só são determinados no momento da execução do projeto, como por exemplo, o tipo de solo da área que será implantado o sistema: Através desse fator será determinado qual o tipo de estrutura a ser utilizado para a Wetland - se concreto armado, ou alguma técnica alternativa.

5 CONCLUSÃO

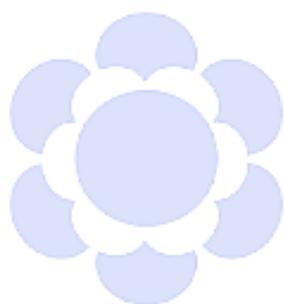
O dimensionamento procurou desenvolver um projeto de forma objetiva e sucinta para possível implantação do sistema de tratamento de esgoto utilizando Wetlands construídas no bairro Parque das Laranjeiras no município de Mogi - Mirim/SP, onde o principal problema é o saneamento básico, já que a localidade não possui rede coletora de esgoto, porém a região é abastecida de água potável.

Os resultados apresentados demonstraram que a Wetlands dimensionada é um sistema muito indicado e viável pelo fato de não exigir área significativa para sua implantação, possui

ainda a opção de ser enterrada, dinamizando a área, permitindo ser implantada uma área verde ou de recreação por exemplo.

Com a possível instalação deste sistema, os habitantes terão mais qualidade de vida, por ser ecologicamente correto, sustentável, social - considerando que está diretamente ligado a saúde pública e econômico por ser de baixo custo de implantação e manutenção. Além de evitar a poluição das águas superficiais e subterrâneas.

Para que ocorra de fato a implantação do sistema é necessário construir um protótipo, realizar testes de eficiência com o esgoto gerado na região, já que cada efluente possui suas características próprias. Analisar parâmetros específicos para a sua construção, como por exemplo, o tipo de solo onde será implantado, qual o orçamento disponível, se o sistema será enterrado ou apoiado no solo, e por fim verificar a necessidade de adequações do dimensionamento da estação de tratamento de efluentes com as wetlands construídas conforme a necessidade.



IMACULADA
FACULDADES MARIA IMACULADA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 7229/93** Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 13969/97** Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997

ANA – Agência Nacional de Águas. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo. Gráfica, 2005

A tecnologia wetlands construídos. Disponível em <https://www.wetlands.com.br/> acesso em 06 de maio de 2017

BERTONCINI, E. I. **Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. 2008**

Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, P 154, Junho/ 2008

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos **LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 30 mar. 2017.

CORNELLI, R. et al. **Métodos de tratamento de esgotos domésticos: uma revisão sistemática**, REA – Revista de estudos ambientais v.16, n. 2, p.20-36, jul./dez. 2014

COSTA, R.H. , E TELLES, D.A. – **Reuso da água**. São Paulo, 2007.

DE LUCCA, P.H. **A problemática do Saneamento, soluções, conceitos e técnicas**, 2015. Escola da Unidade, ECOSAN, 2015.

FAISSAL, A. A. **Sistema Construtivo Alternativo para Wetland de fluxo horizontal empregado no tratamento de esgoto de Restaurante Universitário**. 2016 Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Londrina, 2016.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de saneamento. Brasília: Ministério da Saúde**, 2010.

FUNASA, 1991 – **Manual de Saneamento**. Fundação nacional de Saúde. Ministério da Saúde, Brasília, 1991

Projeto caminhos da sustentabilidade. Disponível em <http://projetocaminhosdasustentabilidade.blogspot.com.br/2015/02/tratamento-por-zona-de-raizes.html> acesso em 26 de setembro de 2017

HOFFMAN, Heike et al. **Technology Review of Constructed Wetlands: Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment.** - Ecosan Program, Eschborn, 2011.

KARASEK, R.W. **Dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto. Estudo de caso para o município de Itaperuçu/PR,** 2011 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Universidade Tuiuti, Paraná, 2011

LEMES, J. L. V. B. et al. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.,** Curitiba, v. 6, n. 2, p. 169-179, abr./jun. 2008

NUVOLARI, A. et.al. **Reúso de água: Conceitos Teorias e Práticas.** São Paulo: Blucher, 2007.

NUVOLARI, A. et al. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola –** Blucher, 2011

NAVA, L.; LIMA, C. **Avaliação da eficiência da estação de tratamento de esgoto por zona de raízes (etezr) instalada no horto florestal de Caçador-SC,** Caçador, 2012

O que são macrófitas aquáticas. Disponível em

http://www.ufuscar.br/~probio/info_macrof.html. Acesso em 01 de outubro de 2017

Projeto caminhos da sustentabilidade. Disponível em <http://projetocaminhosdasustentabilidade.blogspot.com.br/2015/02/tratamento-por-zona-de-raizes.html>. Acesso em 26 de setembro de 2017

REIS, Lineu Bélico; FADIGAS, Eliane A. Amaral; CARVALHO, Elias Cláudio. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável.** Barueri: Manole, 2005.

REIS, A., SERBENT, M. P., RODRIGUES, E. B. **Wetlands Construídos como alternativas para o tratamento de efluentes em unidades de conservação.** n.3, p. 137-144, dez., 2015, Ibirama, 2015

RICHTER, C.A., AZEVEDO NETTO, J.M. **Tratamento de água. Tecnologia Atualizada.,** São Paulo: Blucher, 2001

RICHTER, C.A. **Água Métodos e Tecnologia de Tratamento** 1. Ed, São Paulo: Blucher, 2009

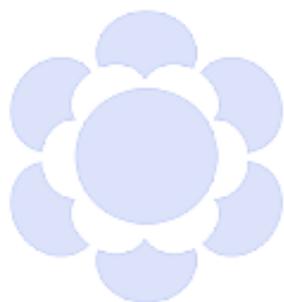
RODRIGUES, H. A. **Sistema de tratamento de esgoto descentralizado por zonas de raízes, uma proposta para implantação para pousada na Ilha do Mel – PR,** 2012

Monografia (Especialização), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. CURITIBA.2012

SEZERINO, P.H., **Wetlands construídos empregados no tratamento descentralizado de esgoto**. XVIII Exposição de experiências municipais de Saneamento, 2015, ASSEMAE. Uberlândia.2015.

VALENTIM, M. A. A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de tanque séptico modificado**. 1999. 119 f. Tese (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, Campinas, 1999.

ZANELLA, L. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: Wetlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte**. 2008. 219 f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2008.



IMACULADA
FACULDADES MARIA IMACULADA