

## UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS WETLANDS NO TRATAMENTO DE ESGOTO RESIDENCIAL

### USE OF WETLANDS SYSTEMS IN SEWAGE TREATMENT RESIDENTIAL

Ana Maria Souza Pereira<sup>1</sup>  
Bianca Santana Lima<sup>2</sup>  
Ivane Marcley Nascimento Sena<sup>3</sup>

#### Resumo

Os wetlands construídos são sistemas desenvolvidos para reproduzir as características de áreas alagadas naturais sob condições controladas para tratamento descentralizado de águas residuárias. Assim, o presente trabalho teve por principal objetivo dimensionar um sistema wetland para uma unidade habitacional, com 5 habitantes no povoado de Bonfim de Ipirá na Bahia. O dimensionamento foi realizado tendo como fonte uma única residência, onde todo o efluente captado foi dimensionado para ser tratado no sistema. Inicialmente, toda água residuária seria encaminhada para um tanque séptico como fonte primária de tratamento, e logo após ao sistema wetland. Para o dimensionamento do substrato usado no método, foram utilizadas duas camadas: uma de areia grossa com porosidade 35% e outra de brita com porosidade de 2%, e considerou-se o uso de macrófitas aquáticas emergente para tratar o efluente. Devido a condições impostas pela pandemia não foi possível executar a implantação do sistema no povoado. Entretanto, o estudo a respeito do tema mostra que as wetlands construídas apresentam-se como uma alternativa viável para suprir o déficit do saneamento da comunidade, uma vez que, tem potencial para tratamento de esgotos residenciais, neste caso substituindo as fossas rudimentares que causam contaminação do solo e a possibilidade de contaminação de mananciais subterrâneos, causando danos à saúde, meio ambiente e afetando a qualidade de vida.

**Palavras-chave:** Sistemas alternativos, plantas aquáticas, sustentabilidade.

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Civil da UniFTC de Feira de Santana (UniFTC/FSA), e-mail: anamaria.com.br@gmail.com

<sup>2</sup> Discente do curso de Engenharia Civil da UniFTC de Feira de Santana (UniFTC/FSA), e-mail: biasantanacarneiro@gmail.com

<sup>3</sup> Professor(a) Orientador(a) da UniFTC de Feira de Santana (UniFTC/FSA), Ivane Marcley Nascimento Sena

## Abstract

The “Wetlands” are systems developed to reproduce the characteristics of natural wetlands under controlled conditions for decentralized wastewater treatment. Thus, the main objective of this Final Paper was to design a wetland system for a housing unit with 5 inhabitants at the village of Bonfim de Ipirá in Bahia. The dimensioning was carried out having as source a single residence, where all the collected effluent was dimensioned to be treated in the system. Initially, all wastewater would be sent to a septic tank as the primary source of treatment, and after then to the wetland system. For the sizing of the substrate used in the method, two layers were used: one of coarse sand with 35% porosity and the other of gravel with 2% porosity, and the use of emerging aquatic macrophytes to treat the effluent was considered. Due to conditions imposed by the pandemic, it was not possible to implement the system at the village. However, the research shows that the wetland system presents itself as a viable alternative to supply the community's sanitation deficit, once it has potential to treat residential sewage, in this case replacing the rudimentary septic tanks that cause contamination of soil and the possibility of contamination of underground water sources, causing damage to health, the environment and affecting the quality of life.

**Keywords:** Alternative systems, aquatic plants, sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento dos centros urbanos no Brasil se deu de forma rápida, proporcionando modernidade e diversas mudanças na sociedade em geral. Em paralelo a esse crescimento, inúmeros problemas sociais surgiram evidenciando quadros de desigualdade na distribuição de serviços, que são por natureza indispensáveis aos seres humanos. Dentre essas desigualdades, a deficiência do sistema de saneamento básico se mostra recorrente em bairros e povoados mais carentes, visto que, estes são constantemente negligenciados.

O saneamento básico é um direito fundamental garantido constitucionalmente a população brasileira, onde segundo a lei de número 14.026/2020 devem ser ofertados serviços de abastecimento de água potável, drenagem, manejo de águas pluviais urbanas, esgotamento sanitário, dentre outros proveitos. No entanto, bairros e povoados de algumas cidades não contam com um sistema de esgotamento sanitário adequado, fazendo uso de métodos inapropriados para o descarte dos efluentes gerados, como é o caso do povoado Bonfim de Ipirá, situado na Bahia.

Neste cenário, é crucial a busca por soluções alternativas e de baixo custo para proporcionar qualidade de vida a população. Levando em consideração o problema de

saneamento básico identificado no povoado de Bonfim, este trabalho busca apresentar um método alternativo e sustentável de captação, destinação e tratamento adequado dos efluentes gerados pela comunidade, bem como, proporcionar uma visão geral acerca do seu funcionamento e aplicação. Diante do exposto, este trabalho objetiva propor um dimensionamento para um sistema wetlands para uma unidade habitacional, com 5 habitantes no povoado de Bonfim de Ipirá na Bahia.

As wetlands construídas surgem como alternativa nesse contexto, uma vez que, são biosistemas artificiais que utilizam os elementos básicos de modificação da qualidade da água das wetlands naturais como manguezais e pântanos, mas que se divergem desses pelo seu regime hidrológico, que no caso das wetlands construídos é controlado (SALATI et al., 2009).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Esgotamento sanitário

A NBR 9648 (ABNT, 1986) define o esgoto sanitário como o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. Essa mesma norma define ainda:

- Esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;
- Esgoto Industrial é o despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos;
- Água de infiltração é toda água vinda do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas tubulações;
- Contribuição pluvial parasitária é a parcela do escoamento superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto.

O Instituto Trata Brasil em parceria com a fundação Getúlio Vargas, em novembro de 2010, divulgou uma pesquisa onde foi constatada a situação de 81 municípios com mais de 300.000 mil habitantes com dados coletados de 2003 a 2008, cujo objetivo era verificar as possíveis relações entre o esgotamento sanitário inadequado e a diarreias. A conclusão do estudo foi clara quando mostrou que municípios com sistema de esgotamento sanitário deficiente, tinham maiores taxas de hospitalização motivada pela doença (BRASIL, 2010).

Dados atuais do Instituto Trata Brasil evidencia que 11 anos após a pesquisa citada anteriormente, 35 municípios nas 100 maiores cidades do país têm menos de 60% da população com coleta de esgoto e somente 23 municípios nas 100 maiores cidades do país tratam mais de 80% dos esgotos coletados (BRASIL, 2021). Logo, é perceptível que não houve mudanças significativas no setor nesse intervalo de tempo, tornando fundamental o investimento em tecnologias de baixo custo e fácil manutenção e operação, para que localidades que não possam custear ou não tenham acesso aos serviços de esgotamento sejam contemplados.

Segundo Subtil et al. (2018), os sistemas alternativos de tratamento de esgotos têm sido muito utilizados, dentre os aspectos que chamam atenção se destacam sua facilidade de construção e manutenção, a qualidade ambiental, a qualidade de vida, e o fato de não necessitarem de investimentos altos quando comparados aos sistemas convencionais, além de utilizarem racionalmente os recursos naturais. Para isto, uma série de tecnologias alternativas podem ser aplicadas para o tratamento de esgoto, e dentre elas destacam-se as wetlands construídas.

## 2.2 Wetlands construídas

As wetlands construídas ou alagados construídos como também são conhecidos, são sistemas desenvolvidos para tratar águas residuárias, especialmente as provenientes de esgotos sanitários. São projetados para utilizar plantas aquáticas e micro-organismos com a finalidade de monitorar a poluição da água, melhorando sua qualidade. As wetlands construídas foram pensadas para tirar proveito da capacidade de assimilação e conversão de matéria orgânica (carbono) e nutrientes (nitrogênio e fósforo), como ocorre nos alagados naturais (SUBTIL et al., 2018).

Segundo Iaquali (2016), as wetlands naturais possuem, como funções principais, a proteção de margens de corpos d'água contra processos corrosivos, a regularização do fluxo das águas e a contenção ou transformação de nutrientes presentes na água. Um projeto de uma wetland construída busca copiar a natureza, servindo para as mesmas funções e ainda para o tratamento de dejetos sanitários. O sentido de fluxo, tipo de macrófitas e materiais filtrantes são determinados conforme o tipo de efluente a ser tratado.

O autor afirma também, que as wetlands construídas são alternativas que ajudarão a suprir o déficit de saneamento básico no Brasil. Trata-se de um sistema simples, que é composto por camadas de brita, pedrisco, areia, podendo ainda conter bambu ou casca de arroz, e a presença de plantas do tipo macrófitas, que atuam no equilíbrio de nutrientes e

outros compostos químicos. O sistema funciona por gravidade, permeabilidade e degradação biológica (IAQUELI, 2016, p. 5).

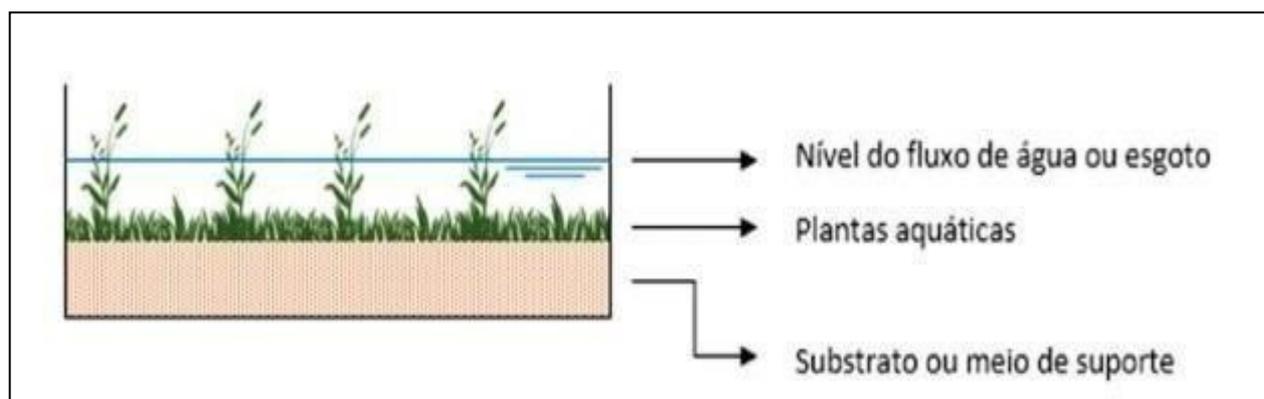
## 2.3 Tipos de wetlands construídas

As wetlands construídas podem ser de fluxo horizontal ou vertical. Na intenção de potencializar a remoção de compostos nitrogenados desenvolveram-se sistemas híbridos, que é uma associação em série das wetlands construídas de fluxo vertical e horizontal (POÇAS, 2015).

### 2.3.1 Wetlands construídas de fluxo superficial (WCFS)

Esse modelo de wetland tem como vantagem a facilidade do desenvolvimento de diversas espécies de macrófitas aquáticas. Nesse sistema, o afluente a ser tratado é distribuído homogeneamente na superfície do leito, escoando horizontal e superficialmente com velocidade baixa e profundidade de aproximadamente 5 m. Esse sistema opera com a alimentação contínua de afluente, logo o sistema se mantém operando em tempo integral. São recomendadas para tratamento terciário com foco na remoção do fósforo, se fazendo necessária uma etapa prévia de tratamento secundário com foco na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos (SUBTIL et al., 2018).

**Figura 1** – Representação gráfica de wetland construída de fluxo superficial



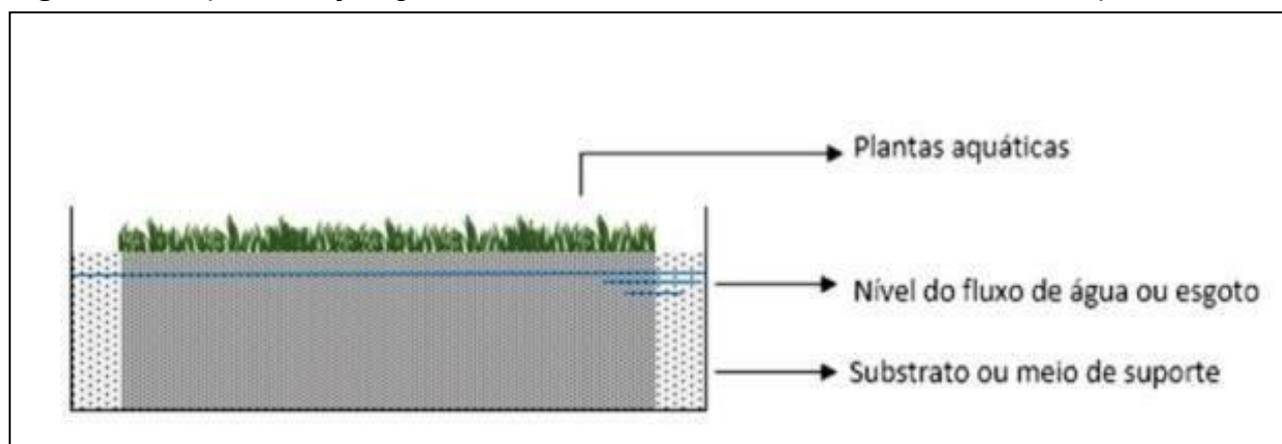
Fonte: Sanchez (2017)

### 2.3.2 Wetlands construídas de fluxo subsuperficial (WCFSS)

De acordo com Zanella (2008), nas wetlands de fluxo subsuperficial o risco de geração de odores, proliferação de agentes patogênicos, e a exposição ao homem e

animais são reduzidos. A passagem do efluente pelo substrato ocasiona o contato com bactérias facultativas e com raízes das plantas macrófitas onde ocorre a purificação da matéria orgânica através da formação de biofilme. Nesse modelo de wetland, são usadas macrófitas aquáticas enraizadas ao material suporte para tratar o efluente, ou seja, macrófitas do tipo emergentes.

**Figura 2** – Representação gráfica de uma wetland construída de fluxo subsuperficial



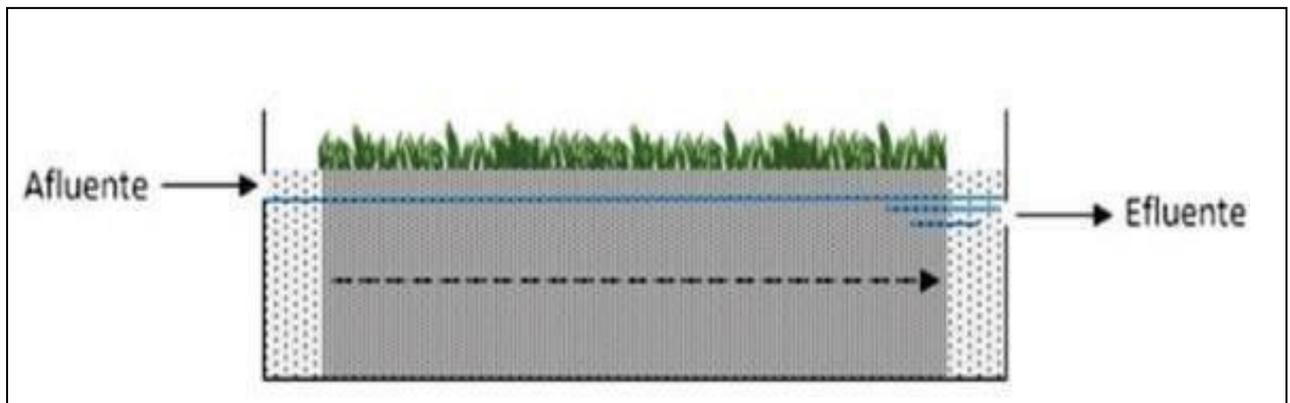
Fonte: Sanchez (2017)

Os sistemas de fluxo subsuperficial são subdivididos ainda em fluxo horizontal ou vertical, dependendo da direção em que o esgoto escoar, conforme ao que será abordado a seguir.

### 2.3.3. Wetlands construídas de fluxo subsuperficial horizontal (WCFH)

Nas WCFH o efluente percorre o leito em fluxo horizontal, nessa concepção a entrada no efluente inicia-se no leito do material construído e segue dentro do sistema através de certa declividade, passando por zonas aeróbias e anóxicas. A zona aeróbia funda-se quando o efluente está em contato com o sistema radicular das macrófitas, dado que elas transportam oxigênio e fazem a convecção e difusão do oxigênio na atmosfera (STIEGEMEIER, 2014).

**Figura 3** – Representação gráfica de uma wetland construída de fluxo subsuperficial horizontal

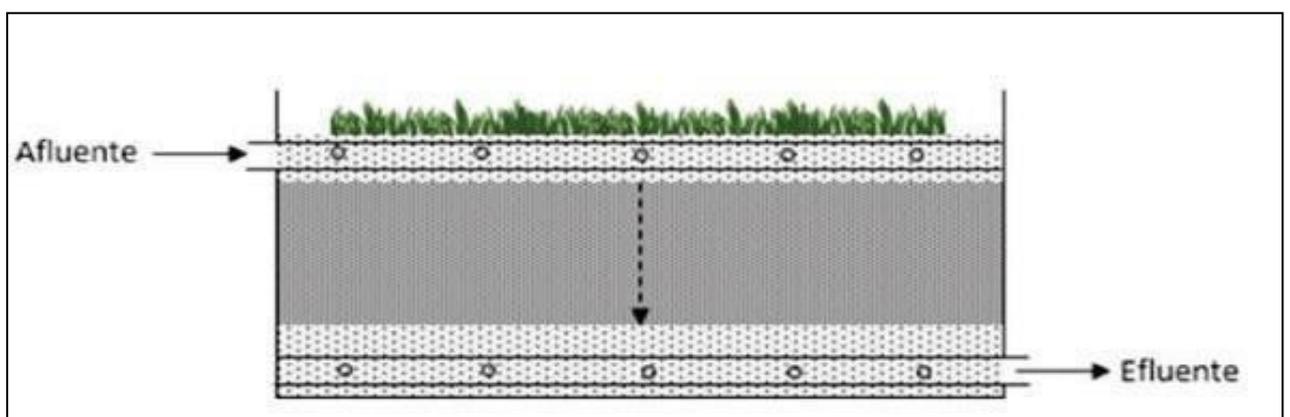


Fonte: Sanchez (2017)

#### 2.3.4 Wetlands construídas de fluxo subsuperficial vertical (WCFV)

Esse modelo é construído em superfície plana e as macrófitas são plantadas na superfície superior do reator, assim seu sistema radicular infiltra nas camadas inferiores. O que o difere dos outros modelos, é a necessidade de bombas para drenar e levar o efluente até a parte superior. O sistema é alimentado de forma intermitente e drenado pelas camadas de areia e cascalho e com o fluxo vertical é coletado pelo sistema de drenagem (ZINATO e GUIMARÃES, 2017).

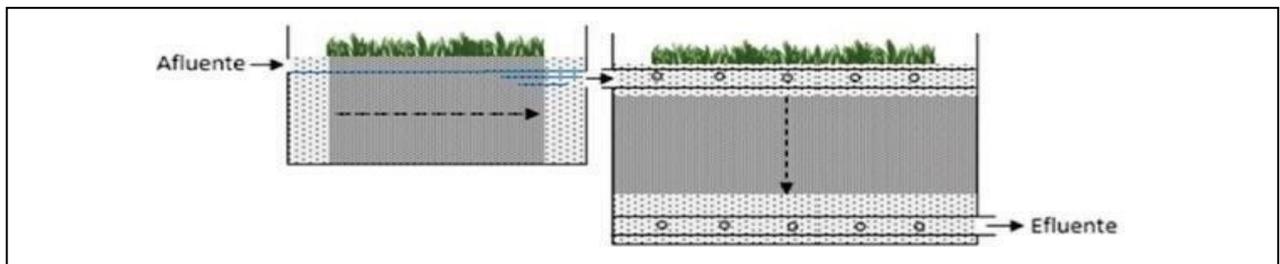
**Figura 4** – Representação gráfica de um wetland construído de fluxo subsuperficial vertical



Fonte: Sanchez (2017)

Há ainda os sistemas híbridos que associam sistemas de fluxo vertical e horizontal, aliando as vantagens de ambos os fluxos e potencializando a eficiência no tratamento do efluente. São considerados mais completo, principalmente pela sua capacidade de remover matéria orgânica, sólidos suspensos e nutrientes, No entanto, é recomendado o tratamento prévio com foco na remoção de partículas grosseiras e sólidos sedimentáveis a fim de minimizar a ocorrência de entupimentos (SUBTIL et al., 2018).

**Figura 5** - Representação gráfica de uma wetland construída híbrida.

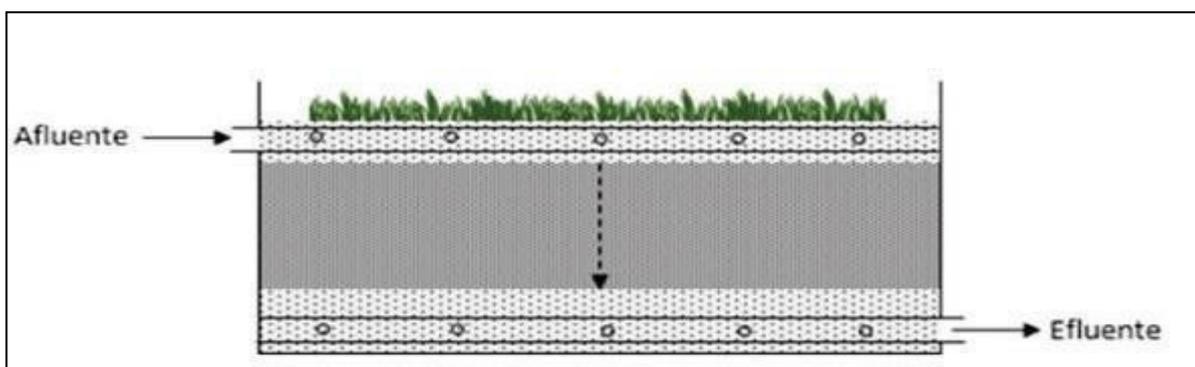


Fonte: Sanchez (2017)

## 2.4 Utilização de macrófitas nos sistemas wetlands

Segundo Zanella (2008), na construção destas wetlands podem ser empregadas inúmeros tipos de plantas, dentre elas as espécies macrófitas que pode ser flutuante, submersa ou emergentes. Estas plantas possuem características de conduzir o oxigênio para o sistema radicular, criando zonas de oxidação e rizosfera decompondo a matéria orgânica presente, viabilizando o crescimento e fixação do nitrogênio. As plantas selecionadas para o sistema devem ter características físicas e químicas capazes de suportar o ambiente úmido por um longo período (ZINATO e GUIMARÃES, 2017).

**Figura 6** – Representação gráfica dos tipos de macrófitas existentes



Fonte: Sanchez (2017)

## 2.5 Vantagens e desvantagens dos sistemas wetlands construídos

Algumas vantagens e desvantagens da utilização dos sistemas *wetlands* construídos podem ser observados no quadro a seguir.

**Quadro 1** – Vantagens e desvantagens dos sistemas wetlands construídos

| <b>Vantagens</b>   | <b>Desvantagens</b>   |
|--|---|
| Apresenta custos reduzidos de operação e implantação.                                | Demanda grandes áreas o que dificulta sua implantação em algumas localidades.   |
| A utilização de requisitos energéticos é praticamente nula ou inexistente.           | Necessidade de manejo das macrófitas.   |
| Possui enorme facilidade operacional e independência de produtos químicos.           | Longo período para adaptação das plantas no leito.  |
| Possui eficiência satisfatória na remoção de matéria orgânica, sólidos e nutrientes. | Risco de colmatação que o sistema pode desenvolver.   |
| Apresenta harmonia paisagística.   | Os sistemas de fluxo superficial estão suscetíveis a proliferação de vetores e incidência na produção de odores devido a lâmina d'água que se mantém exposta. |

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2013)

Entre as desvantagens apresentados acerca do sistema existem aquelas podem ser evitadas ou minimizadas, tornando as *wetlands* construídos mais aceitáveis por serem autossustentáveis e se integrarem de forma não agressiva ao ambiente e à comunidade (SILVA, 2007).

Segundo Sandes (2008), para melhoria da qualidade da água os *wetlands* naturais desempenham um papel muito importante. O quadro abaixo, apresenta estudos que evidenciam a eficiência dos sistemas *wetlands* construídos ao tratamento de efluentes.

**Quadro 2 – Trabalhos de outros autores e os resultados obtidos em suas pesquisas**

| Autor/data  | Metodologia   | Resultados/Conclusão   |
|---|---|--|
| Aline Alves Sanchez/2017  | O experimento foi conduzido na Estação de Tratamento de Esgotos de Arujá (SP), e consistiu em um tanque de alimentação e quatro tanques de tratamento.  | Todos os quatro sistemas apresentaram eficiências médias de remoção de DBO <sub>5,20</sub> (90– 93%), DQO (86 – 90%), COD (51 – 58%), SST (98%), SSF (98%), SSV (98%), nitrogênio total (22 – 29%) e nitrogênio amoniacal (19 –31%) estatisticamente iguais (ANOVA $p > 0,05$ ).   |
| Thaís Conceição Cutrim/2019   | O monitoramento foi realizado através de análise das amostras coletadas na entrada e saída da ETE, com periodicidade trimestral entre maio de 2018 a maio de 2019, e inserido e analisado na última análise do período, outro ponto de coleta intermediário ao sistema, para verificar a eficiência de remoção inerente ao WC.  | Apresentou boa eficiência de remoção de carga orgânica, e outros parâmetros físico-químicos analisados, atendendo aos padrões da legislação brasileira, além de bons custos de implantação e baixo custo de operação e de alta viabilidade quanto à demanda de área.   |
| Danilo Martins de Medeiros/2017   | Realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre estudos publicados relacionados aos wetlands em escala real e piloto, aplicados no tratamento de esgoto sanitário em diferentes países e no Brasil. Foi elaborado um banco de dados sobre vários modelos de WC, com dados de projeto, operacionais e de desempenho, bem como com resultados de qualidade afluente e efluente dos WC avaliados. | A análise de desempenho demonstrou que os WC avaliados atendem aos critérios ambientais como eficiência de tratamento e padrões para lançamento de efluentes sanitários, bem como possuem grande potencial para serem empregados como área verde urbana em loteamentos e condomínios.                                    |
| Cristiane Dias Poças/2015   | Foram avaliados sistemas que utilizaram como macrófita: <i>Typha</i> , <i>Vetiver zizanioides</i> L.Nash, <i>Colocasia esculenta</i> , <i>Hedychium coronarium</i> , <i>Heliconia psittacorum</i> , and <i>Cyperus alternifolius</i> ; através de fluxos superficial e subsuperficial; o material filtrante foi brita e areia e o tempo de detenção hidráulica variou de 1,1 a 5 dias.      | Os resultados encontrados variaram de 5,6% a 93,9% para remoção de nitrogênio amoniacal e de 5 a 90,5% para remoção de fósforo total. Constatou-se que a discrepância entre os resultados está associada ao tempo de detenção hidráulico utilizado, tipo de fluxo escolhido, material filtrante e manejo das macrófitas. |
| Luciana de Luna Costa; Beatriz S. O. de Ceballos; Celeide M. B. S. Meira; Mário Luiz Farias Cavalcanti/2003 | Foi avaliado o desempenho das WC, após 10 dias de detenção hidráulica, para remoção de colifagos somáticos e bacteriófagos, e a outros parâmetros físico-químicos.  | Com 10 dias de detenção hidráulica, apresentaram excelente eficiência de remoção de colifagos somáticos (99,75%), bacteriófagos (99,86%) e coliformes fecais (99,96%), associados à diminuição de matéria orgânica biodegradável.  |

Fonte: autoras

### 3. METODOLOGIA

Essa pesquisa consistiu em realizar um estudo de caso com levantamento teórico sobre as wetlands construídas como forma alternativa de tratamento sanitário, tendo como foco o povoado de Bonfim de Ipirá situado na Bahia, onde existe uma deficiência no que tange ao sistema de esgotamento sanitário, sendo carente de um sistema adequado para suprir as necessidades da comunidade, fazendo com que os moradores façam uso de métodos nocivos tanto à saúde quanto ao meio ambiente para o descarte dos dejetos sanitários. Dentre estes métodos, destacam-se as fossas rudimentares ou “negras”, amplamente utilizadas em todo o povoado como forma de captação do esgoto doméstico como mostrado na figura 7.

Para atingir o propósito elencado neste trabalho, foi realizada uma revisão de bibliografias para análise de como funcionam os modelos e qual tipo é mais adequado para aplicação no local. Tais dados foram coletados em artigos, livros e dissertações, datados dos últimos dez anos, onde através dessas informações determinou-se o uso das WC subsuperficial vertical de maneira descontinuada, a fim de facilitar o processo de manutenção do sistema, possibilitando que os próprios moradores tenham os cuidados necessários com a manutenção do conjunto, bem como, dispor de uma área menor de construção.

**Figura 7** – Exemplo de fossa rudimentar utilizada nas residências do povoado como meio de descarte dos efluentes



Fonte: imagem das autoras

Para fins de cálculo, foi considerado como fonte geradora uma única habitação, com cerca de cinco moradores. Todo o efluente, seja água negra ou água cinza, captado do vaso sanitário, chuveiro e pias da residência, serão tratados no sistema alcançado independência máxima, podendo desta forma, tratar todos os dejetos da habitação. A água residuária será inicialmente encaminhada para um tanqueséptico como fonte primária de tratamento e logo após ao sistema wetland.

O volume do tanque séptico, de acordo com NBR 7229 de 1993, será dado pela seguinte equação:

$$V_{ts} = 1000 + N (CT + K Lf) \quad (1)$$

Onde:

$V_{ts}$  = volume útil (

L); N = número de

peessoas;

C = Contribuição de despejos

(tabela 1); T = período de detenção

(tabela 2);

K = tempo de acumulação de lodo em dias (tabela 3);

Lf = contribuição de lodo em litros/pessoa x dias (tabela 1).

**Tabela 1** - Contribuição diária de esgoto

| Prédio       | Unidade | Contribuição de esgotos (c) e lodo fresco (Lf) |   |
|--------------|---------|--|---|
| Padrão alto  | Pessoa  | 160  | 1 |
| Padrão médio | Pessoa  | 130  | 1 |
| Padrão baixo | Pessoa  | 100  | 1 |

Fonte: Adaptado de NBR 7229, 1993.

**Tabela 2** - Período de detenção dos despejos

| Contribuição diária (L) | Tempo de detenção |       |
|-------------------------|-------------------|-------|
|                         | Dias              | Horas |
| Até 1500                | 1                 | 24    |
| De 1501 a 3000          | 0,92              | 22    |
| 3001 a 4500             | 0,83              | 20    |

Fonte: Adaptada de NBR 7229, 1993.

**Tabela 3** - Taxa de acumulação total de lodo (K)

| Intervalo entre limpezas ( anos) | Valores de K |             |        |
|----------------------------------|--------------|-------------|--------|
|                                  | T ≤ 10       | 10 ≤ T ≤ 20 | T > 20 |
| 1                                | 94           | 65          | 57     |
| 2                                | 134          | 105         | 97     |
| 3                                | 174          | 145         | 137    |

Fonte: Adaptado de NBR 7229, 1993.

Para base de dados, utilizou-se a norma NBR 7229 (Brasil, 1993), determinando que a residência seria padrão médio e sua contribuição de esgoto seria 130 L/Hab.Dia, conforme tabela 2. O coeficiente de retorno adotado foi de 80% e a temperatura (T) entre  $10 \leq T \leq 20$ . Com base na equação de Weber, Prado e van Kaick (2016), vazão é dada por:

$$Q_{méd} = \frac{P \cdot q \cdot R}{1000} \quad (2)$$

Onde:

$Q_{méd}$  = vazão doméstica média de esgoto

( $m^3/d$ ); P = número de contribuintes (hab.);

q = cota per capita de água

(L/hab.dia); R = coeficiente de retorno.

Para dimensionamento do tanque que integrará o sistema wetland, segundo Weber, Prado e van Kaick (2016):

$$t' = \frac{L*W*\alpha*d}{Q}$$

Onde: (3)

$t'$  = tempo de detenção hidráulico

(d); L = comprimento da wetland

(m);

W = largura da wetland

(m); Q = vazão do efluente

( $m^3/d$ );

$\alpha$  = porosidade do meio

suporte; d = profundidade da

wetland (m).

Para o dimensionamento do substrato do método, foi utilizado duas camadas, uma de areia grossa, com porosidade 35%, segundo Metcalf e Eddy (1991) e outra de brita com porosidade de 2%, de acordo com Carvalho, Viana, Rodrigues e Junior (2021). Considerando o volume mínimo pretendido para o tempo de detenção, temos a expressão:

$$V_{\text{mín}} = \frac{TDH*Q}{\alpha} \quad (4)$$

Onde:

V = volume mínimo demandado ( $m^3$ );

TDH = tempo de detenção hidráulica (d); Q = vazão diária de esgoto ( $m^3/d$ );

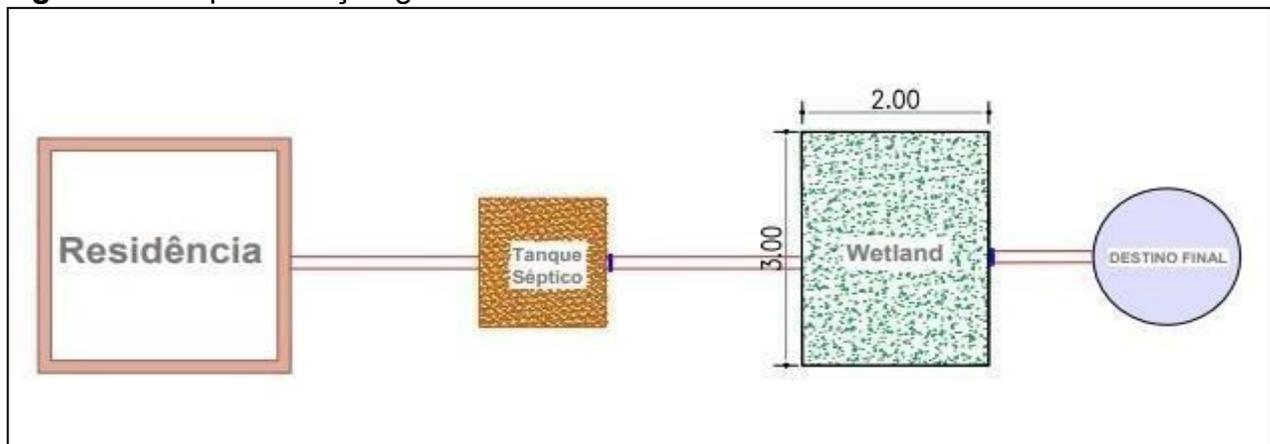
$\alpha$  = porosidade média do meio suporte.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando os padrões supracitados, aplicou-se a equação (2), obtendo-se a vazão média do efluente de  $0,52 \text{ m}^3/\text{d}$ , que será enviado para o tanque séptico, calculado a partir da expressão (1), tem-se que o volume útil será de 2175 L, então enviada a wetland construída subsuperficial de forma descontinuada. Levando em conta o TDH de 3,20 dias aproximadamente, obtido pela equação (3), a porosidade média do substrato é 18,5%, portanto o volume mínimo atendido será de  $8,99 \text{ m}^3$ . Levando em conta a possibilidade de execução do sistema wetland, os efluentes captados da habitação seriam enviadas de forma gravitacional pela estrutura hidráulica para o tanque séptico, onde ficariam mantidos para serem enviados gradualmente ao WC. Este envio ocorreria de maneira alternada onde um registro seria aberto para passagem dos efluentes a serem tratados, nos dias de segundas, quartas e sextas-feiras, pois de acordo com estudos de Silva (2007), desta forma é possível obter a aeração dos solos e nitrificação dos  $N - \text{NH}_4^+$  (nitrogênio amoniacal não ionizado).

As dimensões do sistema proposto para atender ao fluxo esperado, considerando pouca área disponível para implementação, seria de 3 m de largura, 2 m de comprimento e 1,5 m de profundidade. Neste modelo, foi considerado a utilização de macrófitas do tipo aquática emergentes, que são enraizadas ao material suporte e possuem caules e folhas aéreas, ou seja, que permanecem fora da água. Esse grupo possui pequenos canais em suas folhas e caules, as lenticelas, que permitem a entrada de gás da atmosfera para a planta (SANCHEZ, 2017). Para os sistemas de fluxo subsuperficial recomenda-se que sejam plantados inicialmente de 10 a 20 indivíduos por  $\text{m}^2$  distribuídos ao longo de todo o leito (SUBTIL et al., 2018).

Para fins de construção do sistema wetland, seria necessário a estruturação de um reservatório concretado, adicionado a tubulação coletora no fundo, e depositado uma camada de brita e logo acima uma camada de areia para fazer a parte de filtragem dos resíduos. Por último, a cama de macrófitas que fariam a limpeza das águas, e no fim do sistema haveria mais uma linha hidráulica, contendo uma rede de drenagem que faria a coleta do líquido tratado enviando-o para o seu destino, como ilustrado na figura seguir.

**Figura 8** – Representação gráfica do sistema wetland dimensionado

Fonte: autoras

Silva (2007), em sua pesquisa conduziu os experimentos a partir de 3 grupos, contendo em cada unidades com plantas, as wetlands construídas e sem plantas, chamadas de controles, também utilizou o fluxo não saturado e com diferentes taxas de aplicação hidráulica. Já no estudo de Sandes(2008), foi analisado um sistema real em um aterro sanitário onde duas wetlands foram utilizadas como pós-tratamento, combinado com uma lagoa facultativa antecedente ao WC. Nestes dois casos foram obtidos resultados dentro do esperado para remoção físico-químico dos resíduos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido a condições impostas pela pandemia não foi possível executar a implantação do sistema. Entretanto, os alagados construídos se mostraram uma alternativa viável para suprir o déficit do saneamento no povoado, uma vez que, tem potencial para tratamento de esgotos residenciais, neste caso substituindo as fossas rudimentares que deixam susceptíveis decontaminação o solo e os mananciais subterrâneos, já que se sabe que muitas dessas construções sanitárias não são feitas de acordo com normas reguladoras, o que causam danos à saúde e qualidade de vida.

A solução pensada para retificar o problema de esgotamento sanitário na comunidade é viável e tem potencial de apresentar bons resultados, inclusive, considerando a limitação de área, sendo uma alternativa para tratar os efluentes, além de suprir as necessidades hídricas e nutricionais das plantas. Levando em conta estes aspectos, em outra oportunidade, pretende-se colocar em prática este projeto para analisar sua eficiência e possíveis ajustes.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. . NBR 7229: **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: [https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_7229.pdf](https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf). Acesso em: 28 set. 2021

BRASIL. LEI nº 14.026, de 15/07/2020 - **Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421> . Acesso em: 26 set. 2021

BRASIL, Instituto Trata. **Estudo Trata Brasil confirma relação entre doenças e falta de saneamento**: In: Instituto Trata Brasil. EOS Consultores. Brasil, 1 set. 2010. Disponível em: [http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/drsai/release\\_drsai.pdf](http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/drsai/release_drsai.pdf) Acesso em: 14 set. 2021.

BRASIL, instituto trata. **Instituto trata brasil lança o ranking do saneamento 2021**. Disponível em: [https://tratabrasil.org.br/images/estudos/Ranking\\_saneamento\\_2021/Relat%C3%B3rio\\_-\\_Ranking\\_Trata\\_Brasil\\_2021\\_v2.pdf](https://tratabrasil.org.br/images/estudos/Ranking_saneamento_2021/Relat%C3%B3rio_-_Ranking_Trata_Brasil_2021_v2.pdf) Acesso em: 26 set. 2021

COSTA LUNA, Luciana de; Ceballos O. de, Beatriz S.; Meira B. S., Celeide M.; Cavalcanti Farias, Mário Luiz. **Eficiência de Wetlands construídos com dez dias de detenção hidráulica naremoção de colifagos e bacteriófagos**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, vol. 3, núm. 1, primeiro semestre, p. 0. Universidade Estadual da Paraíba. Paraíba, 2003. Disponível em: <http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/wetlands-5155f57f85e37.pdf>. Acesso em: 28 set. 2021

CUTRIM, Thaís Conceição. **Desempenho de um sistema de wetlands construído como complementação ao tratamento da ete de uma empresa de reciclagem**. Universidade Do Sul De Santa Catarina – UNISUL, 2019. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4808>. Acesso em: 27 set. 2021

IAQUELI, André Luiz. **Wetlands construídos: aplicações, benefícios e vantagens do sistema, 2016**. Centro Universitário de Instituto Mauá de Tecnologia, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Artigo-sobre-wetlands.pdf>. Acesso em: 28 set. 2022

MEDEIROS, Danilo Martins de. **Estudo sobre a aplicação de wetlands construídos para o tratamento de esgoto em loteamentos, condomínios e comunidades isoladas**. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental – Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/179012>. Acesso em: 26 set. 2021

NBR 9648 – **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário** – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5589/abnt-nbr9648-estudo-de-concepcao-de-sistemas-de-esgoto-sanitario-procedimento>. Acesso em: 28 set. 2021

POÇAS, C. D. **Utilização da Tecnologia de Wetlands para Tratamento Terciário: Controle de Nutrientes**. 2015. 93 p. Dissertação (Mestre em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6139/tde-23112015-122556/pt-br.php>. Acesso: 28 set. 2021

SALATI, E. et al. **Utilização de sistema de wetlands construídas para tratamento de águas.** 2009. 23 p. Piracicaba, 2009. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/2011/12/sistema-wetlands.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2021

SANCHEZ, A. A. **Desempenho de sistema piloto de alagados construídos de fluxosubsuperficial horizontal no tratamento secundário de efluente sanitário.** 2017. 148f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do ABC, 2017. Disponível em: <https://propg.ufabc.edu.br/cta/wp-content/uploads/2019/11/Aline-Alves-Sanchez-13002915-CTA-2.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2021

SANDES, Luciano Ricardo Gomes. **Avaliação da eficiência de sistema combinado de lagoa de estabilização e wetlands construídos - estudo de caso do aterro sanitário de Vera Cruz-BA.** Dissertação, Mestrado de Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/18598?mode=simple>. Acesso em: 28 set. 2021

SILVA, Selma Cristina. **“Wetlands Construídos” de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgoto domésticos, 2007.** Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2007. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2026/1/Tese\\_Selma%20Cristina.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2026/1/Tese_Selma%20Cristina.pdf). Acesso 01 nov. 2021

SNIS - Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento. **Água e Esgoto, 2020.** Disponível em: <http://www.snis.gov.br/componentes/menu-snis-componente-agua-e-esgotos>. Acesso em: 13 set. 2021

STIEGEMEIER, Ana Mara. **Avaliação do sistema de Wetland construído no polimento do efluente da indústria frigorífica de aves, 2014.** Monografia – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2014. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/679/1/2014AnaMaraStiegemeier.pdf>. Acesso em: 28 set. 2021

SUBTIL, Eduardo Lucas, et al. **Manual de sistemas de Wetlands construídas para o tratamento de esgotos sanitário: implantação, operação e manutenção.** Manual Wetland. Universidade Federal do ABC Ministério da Saúde – FUNASA Sabesp, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/326352770\\_Manual\\_de\\_sistemas\\_de\\_Wetlands\\_construidas\\_para\\_o\\_tratamento\\_de\\_esgotos\\_sanitario\\_implantacao\\_operacao\\_e\\_manutencao](https://www.researchgate.net/publication/326352770_Manual_de_sistemas_de_Wetlands_construidas_para_o_tratamento_de_esgotos_sanitario_implantacao_operacao_e_manutencao). Acesso em: 15 set. 2021

WEBER, Conrado Folle, Prado, Marcelo Real, van Kaick, Tamara Simone. **Dimensionamento de wetlands construídas em sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário.** Segundo simpósio brasileiro de wetland construídas. Curitiba, Paraná. 2016. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Dimensionamento-de-Wetlands-Constru%C3%ADdas-em-Sistemas-Individuais-de-Tratamento-de-Esgoto-Sanit%C3%A1rio.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021

VON SPERLING, Marcos. **Avaliação e análise comparativa de três diferentes sistemas de “Wetlands” - Fluxo Superficial, Vertical e Subsuperficial- utilizados para o tratamento de curso d’água poluído por fontes difusas e pontuais, para o tratamento de esgotos brutos e para o pós-tratamento de efluentes de reatores UASB.** In: BRASIL- Fundação Nacional da Saúde. 7º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública. 1.ed. Brasília: Funasa, 2013. p. 81-108.

ZANELLA, Luciano. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: Wetlands Construídos utilizando brita e bambu como suporte, 2008.** Tese (Doutorado em

Engenharia Civil) – Saneamento e Ambiente, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/327867091\\_PLANTAS\\_ORNAMENTAIS\\_NO\\_POS-TRATAMENTO\\_DE\\_EFLUENTES\\_SANITARIOS\\_WETLANDS-CONSTRUIDOS\\_UTILIZANDO\\_BRITA\\_E\\_BAMBU\\_COMO\\_SUORTE](https://www.researchgate.net/publication/327867091_PLANTAS_ORNAMENTAIS_NO_POS-TRATAMENTO_DE_EFLUENTES_SANITARIOS_WETLANDS-CONSTRUIDOS_UTILIZANDO_BRITA_E_BAMBU_COMO_SUORTE). Acesso em: 26 set. 2021

ZINATO E GUIMARÃES, Thamires Maria Campos e Márcia Maria. **Estudo sobre a utilização de “wetlands” construídas para tratamento de águas residuárias no Brasil**. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campo Grande/MS, p. 1-9, 30/112/2017 Trabalho apresentado no VIII° VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campo Grande, 2017. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/IX-001.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021