



# EFICIÊNCIA DO SISTEMA WETLANDS NO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO DE COMUNIDADES ISOLADAS: UM LEVANTAMENTO TEÓRICO SOBRE O TEMA

**Engenheira Ambiental e Sanitarista, Danielle de Sousa Cordeiro**

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil

[danielle.sc3@pucampinas.com](mailto:danielle.sc3@pucampinas.com)

**Engenheira Ambiental e Sanitarista, Ediane de Santana Assis**

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil

[ediane.assis15@gmail.com](mailto:ediane.assis15@gmail.com)

**Prof.(a) Dr.(a), Regina Márcia Longo**

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil

[regina.longo@puc-campinas.edu.br](mailto:regina.longo@puc-campinas.edu.br)

**Resumo:** O tratamento de esgoto sanitário nos municípios brasileiros principalmente em relação as comunidades rurais e urbanas, apresenta baixo índice de tratamento adequado e são lançados, na maioria das vezes, sem nenhum tipo de tratamento prévio, poluindo corpos d'água e pondo em risco a saúde da população. O presente trabalho visa analisar a aplicabilidade da ecotecnologia *wetlands* construídos (WC) como unidade de tratamento de esgoto sanitário, por meio da criação de um banco de dados obtidos com a pesquisa bibliográfica e bibliométrica sobre estudos publicados relacionados aos *wetlands*, aplicados no tratamento de esgoto sanitário no Brasil e em outros países. Foi estudado sobre os vários modelos de WC, com diversos dados de projetos, análises operacionais e de desempenho, bem como com resultados de qualidade e tratabilidade dos WC avaliados. Após a análise de desempenho da tecnologia *wetlands* e também das plantas macrófitas que crescem na água ou em solos saturados úmidos, e, comparando-se a parâmetros em locais que essa tecnologia já foi aplicada, os WC cumpre os critérios ambientais quanto a eficiência de tratamento e seus padrões de lançamento de efluentes sanitários em cursos d'água, assim como possuem um alto potencial para serem empregados em comunidades rurais e urbanas.

**Palavras-chave:** comunidades isoladas, *wetlands*. tratamento de esgoto sanitário

## 1. Introdução

Conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2017) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apenas 68,3% dos municípios brasileiros realizam o tratamento do esgoto coletado. Em seus piores cenários, a região Norte com apenas 21,4% dos municípios que realizam algum tipo de tratamento, a região Nordeste com 34,1% dos seus municípios que possuem sistemas para tratamento de esgoto. Já na região Sul 46,7% municípios tratam os esgotos, a região Centro-Oeste possui tratamento de 58,5% e Sudeste com 58,6% de seus municípios que possuem sistemática de tratamento (SNIS, 2020).

Neste contexto, uma das principais fontes poluidoras dos recursos hídricos no Brasil é referente ao tratamento e o lançamento inadequado de águas residuárias domésticas no solo e corpos d'água. Apenas 48,6% da população brasileira possui redes de esgoto sanitário. No caso do esgoto gerado, somente cerca de 39,0% é tratado, o restante é lançado sem qualquer tipo de



tratamento nos solos e nos corpos d'água, colocando a saúde dos ecossistemas e da população local em risco. Já em relação ao total de esgotos coletados, 69,4 % são tratados (SNSA, 2014).

Os recursos hídricos utilizados para diversas atividades como consumo humano, irrigação e outros, devem apresentar padrões físico-químicos e sanitários de qualidade para evitar danos ao meio ambiente e resguardar a saúde da população e dos animais. Segundo CEBALLOS (2003), mais de 90% das doenças infecciosas são transmitidas através de veiculação hídrica, principalmente quando se trata de esgotos domésticos. Os microrganismos causadores de doenças de veiculação hídrica são vírus e bactérias do trato intestinal como *Escherichia coli*, hepatite, pólio e os causadores de disenteria (como o rotavírus, por exemplo), entre outros (CEBALLOS, 2003).

As *wetlands* são definidas como áreas onde a água cobre o terreno, habitats úmidos que se encontram sobre o solo ou próximo, estando sujeitos a inundações periódicas ou permanentes, a hidrologia, clima e geomorfologia é um grande fator para determinar o desenvolvimento do solo, além de determinar também a variedade de espécies (microrganismos, animais e plantas) que existem sobre ele (KADLEC, 1987). As *wetlands* são capazes de manter espécies tanto aquáticas quanto terrestres. (USEPA, 2000). Comparado a outros sistemas de tratamento de efluentes, os alagados construídos são de baixo custo, de fácil operação e manutenção, e possuem grande potencial de aplicação em países em desenvolvimento, principalmente em áreas rurais (KIVAISI, 2001).

O processo de autopurificação da *wetland* ocorre por meio de um ecossistema equilibrado, que inclui microrganismos, decomposição de matéria orgânica, absorção de plantas, ciclagem de nutrientes, sedimentação, evaporação e reações de estabilização de adsorção (TCHOBANOGLIOUS, 1993). Pesquisadores relataram que nos sistemas de áreas úmidas as macrófitas são mais eficientes do que sistemas sem vegetação (LIN et al., 2002; TANNER, 2001; KASEVA, 2004). Brix (1994) observou que as macrófitas são cruciais na remoção de nutrientes através da concentração de biomassa, estabilização de partículas inorgânicas e orgânicas e formação de raízes em zonas aeróbias.

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi realizar levantamento de pesquisas conduzidas com *wetlands* de sistemas verticais e horizontais no que diz respeito à sua eficiência para o tratamento de esgotos domésticos de pequenas cidades.

## 2. Fundamentação teórica

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2017), comparando o ano de 1989 com o ano de 2017, o número de Municípios com serviço de esgotamento sanitário aumentou de 47,3%, em 1989, para 60,3%, em 2017. Mesmo que a disponibilidade de esgotamento sanitário tenha crescido nesses últimos anos no Brasil, ainda existem ineficiências nas redes de saneamento básico e com as desigualdades na disponibilidade desses recursos mostram que ainda é um importante campo de atuação das políticas públicas de saúde (Correa & Chiavegatto, 2020). Dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Pnad-IBGE), em 2014, mostram que no Brasil 95% dos domicílios com possuía acesso a água, e somente 56% deles havia serviços de tratamento de esgoto.

Segundo os dados da pesquisa realizada recentemente pelo Instituto Trata Brasil, aproximadamente 10 milhões de pessoas habitam áreas irregulares urbanas, dentro das 100 maiores cidades brasileiras. Nessas áreas, o serviço de coleta de esgoto acontece em apenas 9% dos domicílios, e é estimado que exista um déficit de 3 milhões de ligações para que se alcance

Workshop Internacional  
**SUSTENTARE & WIPIS 2024**  
Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos  
[www.sustentarewipis.com.br](http://www.sustentarewipis.com.br)

**18 a 22**  
de novembro  
Transmissão online • Evento gratuito

Realização: PUC CAMPINA, EESC-USP  
Apoio Institucional: APCA

a universalização do atendimento (TRATA BRASIL, 2016). Ainda segundo os estudos, em comunidades urbanas localizadas na periferia de Fortaleza-CE, mais de 60% do esgoto é lançado em fossas rudimentares e 14% tem o destino inadequado, como valas a céu aberto, ligações pluviais e outros. Nas comunidades que foi realizado as pesquisas, os moradores informaram que as principais doenças e sintomas aparecidos como consequências de condições precárias de saneamento são dengues, diarreia e infecções nos olhos e pele. Esta situação não é incomum em outros municípios brasileiros, mesmo no estado de São Paulo que possui um dos maiores índices de desenvolvimento humano do país. Nos municípios de Itaquaquecetuba, São Sebastião e Guarujá o esgoto não tratado é coletado de maneira similar que em áreas onde o serviço de esgotamento sanitário é precário. Nas localidades pesquisadas, 54% do esgoto é destinado a fossas rudimentares, 17,5% a córregos ou mangues e 15% a valas a céu aberto (TRATA BRASIL, 2016).

O esgoto doméstico contém grande percentagem de água, além de matéria orgânica e inorgânica. Nas fezes estão cerca de 20% de matéria orgânica, enquanto na urina 2,5%. Os microrganismos eliminados nas fezes humanas são de diversos tipos, sendo que os coliformes (*Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes* e o *Aerobacter cloacae*) estão presentes em grande quantidade, podendo atingir um bilhão por grama de fezes. Muitas doenças tem seu controle relacionado com o destino inadequado dos dejetos humanos. Entre as principais encontram-se: ancilostomíase, ascaridíase, amebíase, cólera, diarreia infecciosa, disenteria bacilar, esquistossomose, estromboloidíase, febre tifoide, febre paratifoide, salmonelose, teníase e cisticercose (FUNASA, 2004).

As *wetlands* de acordo com a nomenclatura clássica, são classificadas com base em suas características hidráulicas, direção do fluxo de água e posição, diferenciando-se entre sistemas que possuem fluxo superficial (uma coluna de água que recobre um substrato bentônico), e também de fluxo subsuperficial (camadas filtrantes porosas compostas normalmente por areia, brita ou cascalho) (FONDER et al., 2013). Os WCH são tecnologias que simplesmente é escavada ou construída no solo, sendo necessário impermeabilização, geralmente essa impermeabilização é feita com manta geotêxtil impermeável. Esse sistema funciona com a entrada de água residuária que é mantida abaixo da superfície do leito e seu escoamento é horizontal ocorrendo de uma extremidade a outra até chegar na zona de saída. A saída esgoto é regulada por meio de um controlador de nível (VYMAZAL, 2009). Os WCV assim como a WCH também são escavados e construídos no solo, precisam ser impermeabilizados, possuir material filtrante e além de macrófitas do tipo emergentes. Diferencia-se por conta da alimentação que neste sistema é realizada de forma intermitente, por conta disso, é necessário que haja um sistema de bombeamento, que por meio de pulsos sob toda a área superficial da unidade de tratamento espalhe todo o efluente sanitário que entra no sistema (KADLEC & WALLACE, 2009).

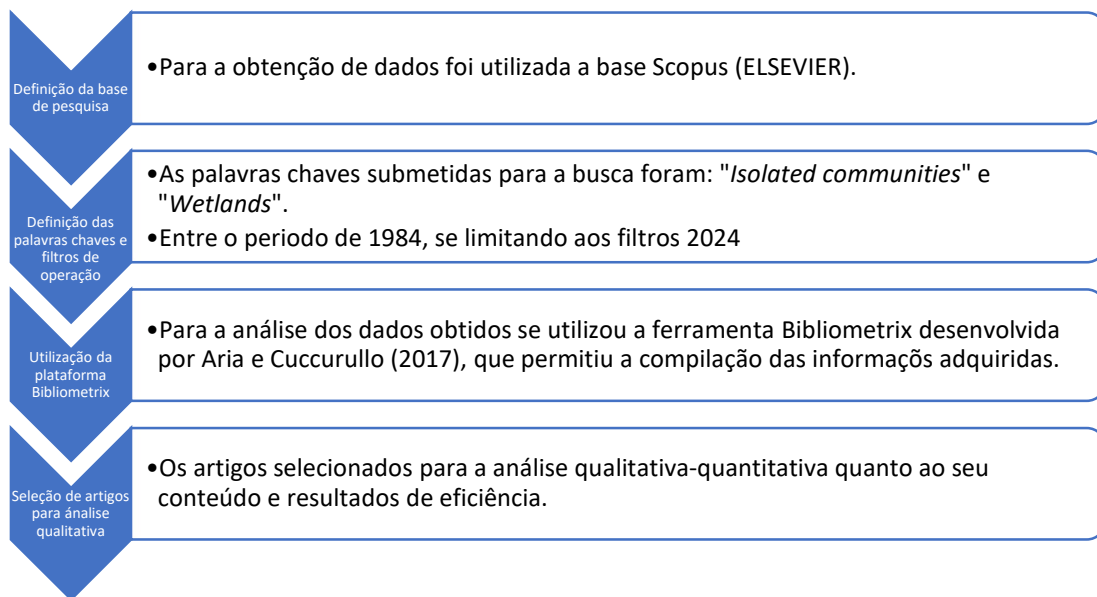
As macrófitas são plantadas diretamente no material filtrante nos *wetlands* e precisam suportar diversas condições, como, baixas concentrações de oxigênio, pouca umidade disponível no meio, além de presença de poluentes (GIZ, 2011). Existem algumas espécies que são amplamente utilizadas como *Phragmites australis* (espécie não nativa do Brasil), *Typha spp* e *Juncus spp*, porém, no Brasil principalmente existem muitos estudos que estão sendo desenvolvidos com as mais variadas espécies, dentre elas podemos destacar *Pennisetum purpureum schum*, *Cynodon*, *Eleocharis spp*, *Brachiaria spp*, *Mentha aquatica* entre outras (MATOS et al., 2010; 2009; 2008).



### 3. Metodologia

A metodologia utilizada no presente trabalho foi desenvolvida a partir da análise quantitativa e qualitativa de artigos selecionados que estão relacionados ao tema de interesse. Para a obtenção dos dados foi aplicado as etapas da Figura 1:

Figura 1: Metodologia.



Fonte: Os autores (2024)

#### 3.1. Avaliação qualitativa-quantitativa

Para proporcionar uma melhor visão e compreensão do contexto do problema, a análise será feita pela pesquisa qualitativa-quantitativa e os resultados da eficiência se analisam com base nas exigências das legislações brasileiras de tratabilidade de esgoto, e através de estudos comparativos da tecnologia estudada no presente trabalho. Os artigos científicos estudados e analisados, foram gerados por meio de uma pesquisa científica.

### 4. Resultados e discussão

Conforme pesquisado na base de dados proveniente de diferentes artigos científicos especializados no tema, e de dados recentes, apresenta-se um panorama geral da eficiência dos WC como unidade de tratamento de esgoto sanitário e doméstico. Durante o período de 1984 a 2024, foram selecionados um total de 4661 artigos, conforme demonstrado na Tabela 1:

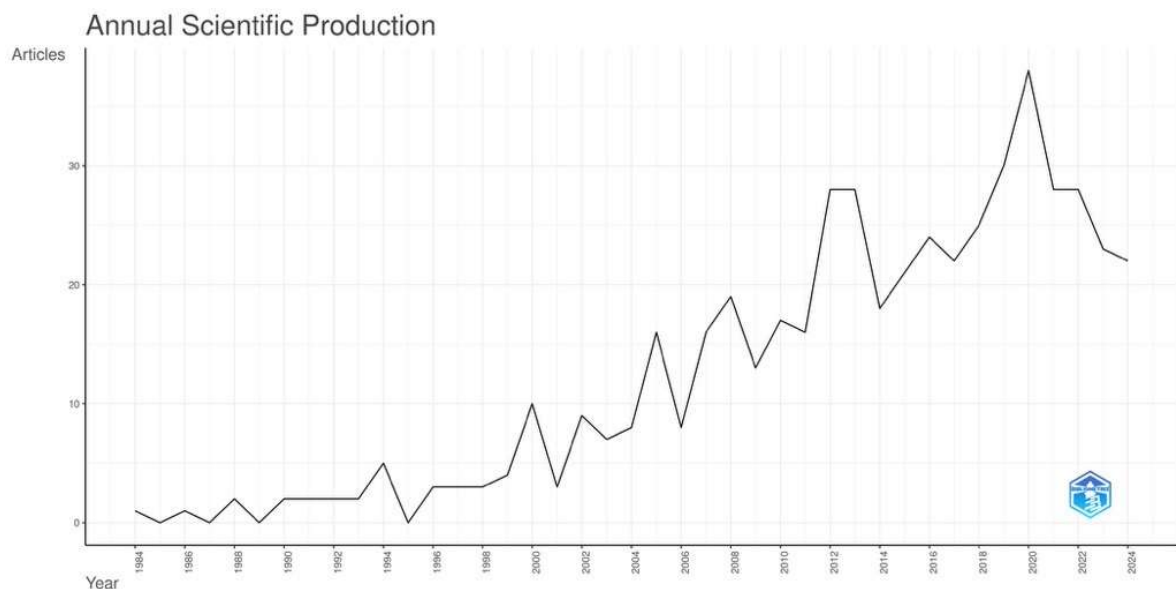
Tabela 1: Principais informações obtidas na análise de dados.

Description	Results
MAIN INFORMATION ABOUT DATA	
Timespan	1984:2024
Sources (Journals, Books, etc)	281
Documents	507
Annual Growth Rate %	8.03
Document Average Age	10.6
Average citations per doc	34.94
References	27466
DOCUMENT CONTENTS	
Keywords Plus (ID)	4661

Fonte: Os autores (2024)

Quanto à produção científica anual é possível observar que há um grande aumento de artigos que debatem o tema, sendo que entre 1984 e 1998 a produção de artigos era estável e durante o passar dos anos há um crescimento constante do interesse científico. Conforme a figura 2 é possível constatar que o topo da produção ocorreu em 2020, o que demonstra a atualidade do tema.

Figura 2: Produção científica anual entre 1984 a 2024.

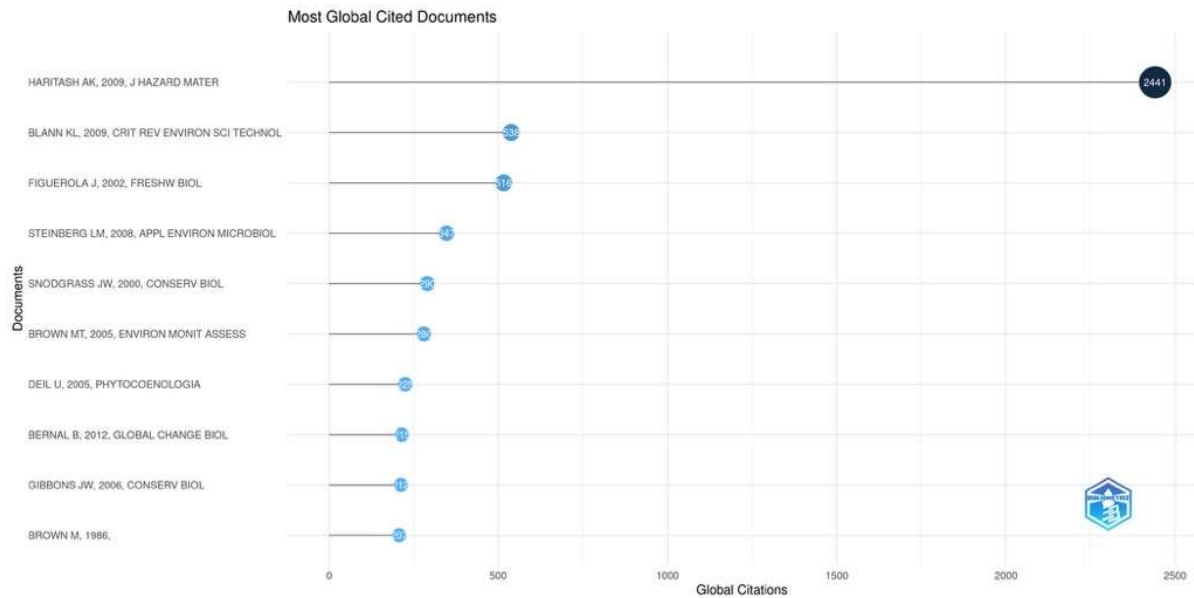


Fonte: Os autores (2024).

Na figura 3 apresenta as 10 fontes internacionais mais relevantes.



Figura 3: Fontes mais relevantes

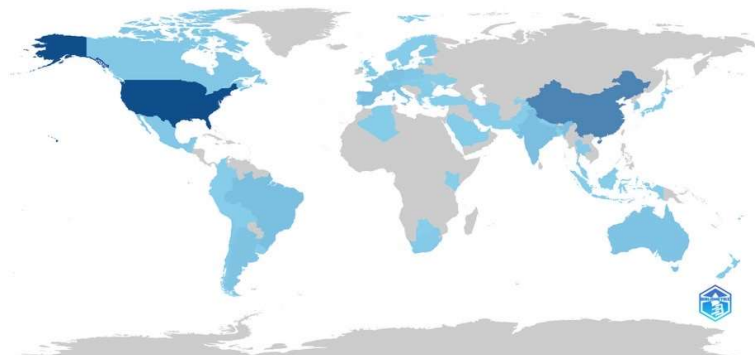


Fonte: Os autores (2024).

Os autores “HARITASH AK, 2009, J HAZARD MATER” destaca-se como os maiores produtores de literatura relacionado ao tema com 2441 artigos publicados globalmente.

Na figura 4 são apresentadas as produções científicas entre os países, sendo que Estados Unidos e China ocupam posições de destaque (azul escuro no mapa), disso o tema tem ganhado destaque em toda a América, sendo a América do Norte o maior produtor de literatura voltada ao assunto.

Figura 4: Produção científica entre países.  
Country Scientific Production



Fonte: Os autores (2024)





experimental com dimensões reduzidas apresentou flexibilidade operacional mantendo bom desempenho, mostrando-se adequado para tratamento das contribuições diárias de esgotos domésticos. O segundo maior valor foi obtido no estudo realizado por Celis (2015), que obteve 93% de remoção de DBO também por meio de *wetland* plantado com taboa. O menor valor de remoção da DBO apresentado foi de 53%, obtido igualmente por meio da Taboa em experimento realizado por Forgiarini e Rizzi (2016), que utilizaram efluente de esgoto sanitário que recebeu tratamento primário em tanque séptico. A justificativa para o baixo valor de desempenho, segundo os autores, decorre do clima frio que atingiu 2°C negativos e ocasionou a morte e inibição do crescimento das plantas.

O maior percentual de remoção de DBO obtido pelo Capim Vetiver foi de 92%. A macrófita apresentou-se como eficiente na remoção de matéria orgânica para o tratamento de esgotos sanitários, alcançando a eficiência de 60% exigida pela legislação em vigor (BRASIL, 2011; MINAS GERAIS, 2008). Os demais valores apresentados na Tabela 4 variaram de acordo com as condições testadas nos sistemas *wetlands*. Todos os resultados indicados nos trabalhos obtiveram eficiência estabelecida na legislação para o parâmetro avaliado (60%). Em relação aos padrões de eficiência de remoção de DBO, todos os trabalhos atingiram a exigência mínima estabelecida na legislação pertinente, que é de 60%, exceto o experimento de Forgiarini e Rizzi (2016), que apresentou remoção de DBO de 53%.

#### 4.1. Eficiência dos WCH aplicado em comunidades isoladas urbanas e rurais

O quadro 1 mostra os tipos de tratamentos da *wetland* de escoamento horizontal.

Quadro 1: Tipos de tratamento relacionado ao *wetland* construído de escoamento horizontal subsuperficial

Item	Wetlands horizontais recebendo efluente de tratamento primário	Wetlands horizontais recebendo efluente de tratamento secundário de baixa eficiência	Comentário
<b>Tipos de tratamento a montante dos wetlands</b>			
Tratamento preliminar	Gradeamento e desarenação	Gradeamento e desarenação	
Tratamento primário ou secundário a montante do <i>wetland</i>	Tanques sépticos (várias configurações)	Exemplos: reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente; reatores anaeróbios compartimentados; 1º estágio do sistema francês de wetlands verticais	Poderá haver outras unidades ou sistemas na etapa anterior de tratamento biológico.

Fonte: Von Sperling, Marcos & H. Sezerino, Pablo, 2018.

Nos *wetlands* construídos de escoamento horizontal subsuperficial (WCH), o líquido que será tratado é inserido na porção inicial do leito, área denominada como “zona de entrada” (sua composição é geralmente brita de maior porte ou material similar), atingindo a zona principal do leito, por onde irá escoar lentamente através do material filtrante (também denominado meio suporte ou substrato; geralmente brita ou cascalho), até atingir a porção final,



na extremidade oposta (também composta por brita de maior porte), denominada de “zona de saída”. O escoamento predominante do líquido ocorre de forma horizontal, ao longo da seção longitudinal, e o nível do líquido fica abaixo do nível superior do material filtrante. O escoamento ocorre, portanto, em um meio saturado hidráulicamente, em que os espaços vazios entre os grãos do meio suporte estão preenchidos pelo líquido em tratamento.

A *wetlands* de escoamento horizontal subsuperficial possui de 2 ou mais tipos de tratamentos, o tratamento preliminar onde, o efluente passa por uma área de gradeamento e desarenação para retirar os sólidos maiores e separar materiais sedimentáveis de pequenas dimensões (0,1 a 0,4 mm) presentes no líquido. Após a etapa preliminar, inicia-se o tratamento primário ou secundário que compõem de tanques sépticos de variadas configurações, como reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente e etc.

O quadro 2 mostra a eficiência da tecnologia *wetland* de escoamento horizontal quanto a sua eficiência de remoção de DBO.

Quadro 2: Faixas esperadas de desempenho de tratamento relacionado ao *wetland* construído de escoamento horizontal subsuperficial

Eficiências de remoção			
<i>Eficiência de remoção assumida na etapa a montante do wetland</i>			
DBO	25 a 35 %	60 a 75 %	As eficiências apresentadas retratam faixas esperadas, caso o projeto, a construção e a operação sejam adequados. Naturalmente, poderão ocorrer valores inferiores ou superiores. Caso desejado, o projetista poderá ficar a favor da segurança, assumindo valores mais próximos ao limite inferior da faixa.  Este comentário é válido para todos os parâmetros de qualidade cobertos neste item.
DQO	20 a 30 %	55 a 70 %	
<i>Eficiências globais de remoção esperadas no sistema como um todo</i>			
DBO	> 85 %	> 90 %	Ref: Experiência internacional, expressa em IWA Task Group (2017); experiência nacional, expressa em GESAD/UFSC  As eficiências apresentadas retratam faixas esperadas, caso o projeto, a construção e a operação sejam adequados. Naturalmente, poderão ocorrer valores inferiores ou superiores. Caso desejado, o projetista poderá ficar a favor da segurança, assumindo valores mais próximos ao limite inferior da faixa.  Este comentário é válido para todos os parâmetros de qualidade cobertos neste item.

Fonte: Von Sperling, Marcos & H. Sezerino, Pablo, 2018.

Pode-se observar que a porcentagem de remoção na primeira etapa é inferior a taxa de remoção de DBO da segunda etapa. Na primeira etapa é recebido o efluente bruto, ou seja, vai passar pelo tratamento primário mais ainda não será suficiente pois apenas tem a remoção dos sólidos dissolvidos, ao passar para a segunda etapa do tratamento, vê-se que a taxa de remoção da DBO é efetiva e está dentro dos limites estabelecidos por norma. Analisando o sistema como

um todo, a eficiência de remoção é ainda maior, visto que existem etapas de tratamentos suficientes para adequarem os parâmetros de tratabilidade do efluente.

O quadro 3 mostra a eficiência da tecnologia *wetland* de escoamento horizontal quanto a sua eficiência de adequação de todos os parâmetros.

Quadro 3: Faixas esperadas de desempenho de tratamento relacionado ao *wetland* construído de escoamento horizontal subsuperficial (Continuação)

Item	Wetlands horizontais recebendo efluente de tratamento primário	Wetlands horizontais recebendo efluente de tratamento secundário de baixa eficiência	Comentário
<i>Eficiências globais de remoção esperadas no sistema como um todo</i>			
DQO	> 80 %	> 85 %	Ref: GESAD/UFSC
SST	> 85 %	> 90 %	Ref: Experiência internacional, expressa em IWA Task Group 2017; experiência nacional, expressa em GESAD/UFSC
N amoniacal	< 40 %	< 40 %	Em condições climáticas bem favoráveis, com o emprego de baixas taxas de aplicação superficial, com o cultivo de macrófitas eficientes na extração de nitrogênio e um manejo da vegetação que conduza a cortes mais frequentes, na fase de crescimento, podem-se alcançar eficiências de remoção mais elevadas. Ref: adaptado de IWA Task Group (2017).
N total	< 50 %	< 50 %	Ver comentário relativo a N amoniacal. Ref: adaptado de IWA Task Group (2017).
Fósforo total	< 20 %	< 20 %	Ref: adaptado de IWA Task Group (2017).
Coliformes termotolerantes	1 a 3 unidades log	1 a 3 unidades log	Ref: Maiga, von Sperling, Mihelcic (2017).

Fonte: Von Sperling, Marcos & H. Sezerino, Pablo, 2018.

Os parâmetros de tratabilidade do efluente atendem as normas, no entanto, é importante manter as condições favoráveis para que seja possível manter esses parâmetros dentro das especificações ou ainda mais elevadas. Ou seja, proporcionar um ambiente favorável para o crescimento das macrófitas e dos microrganismos existentes.

#### 4.2. Eficiência dos WCV aplicado em comunidades isoladas urbanas e rurais

Nos *wetlands* construídos de escoamento vertical (WCV), o líquido a ser tratado é disposto uniformemente sobre toda a área superficial do módulo de tratamento, de forma intermitente, percolando em trajetória descendente por entre o sistema radicular das macrófitas e dos poros do material filtrante, o qual é usualmente composto por areia, até ser coletado no fundo por um sistema de drenagem. O meio permanece não saturado, isto é, os espaços vazios entre os grãos do meio suporte não estão preenchidos com líquido, mas com ar. Em decorrência, predominam condições aeróbias no leito filtrante.

No quadro 4 é possível identificar os tipos de tratamentos que a *wetland* de fluxo vertical recebe e as por quais etapas esse tratamento passa.



Quadro 4: Tipos de tratamento relacionado ao *wetland* construído de escoamento vertical

Item	Wetlands verticais recebendo efluente de tratamento primário	Wetlands verticais recebendo efluente de tratamento secundário de baixa eficiência	Comentário
<b>Tipos de tratamento a montante dos wetlands</b>			
Tratamento preliminar	Gradeamento e desarenação	Gradeamento e desarenação	
Tratamento primário ou secundário a montante do wetland	Tanques sépticos (várias configurações)	Exemplos: reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente; reatores anaeróbios compartimentados	Poderá haver outras unidades ou sistemas na etapa anterior de tratamento biológico.

Fonte: Von Sperling, Marcos & H. Sezerino, Pablo, 2018.

O quadro 5 mostra a eficiência da tecnologia *wetland* de escoamento vertical quanto a sua eficiência de remoção de DBO.

Quadro 5: Faixas esperadas de desempenho de tratamento relacionado ao *wetland* construído de escoamento vertical

<b>Eficiências de remoção</b>			
<i>Eficiência de remoção assumida na etapa a montante da wetland</i>			
DBO	25 a 35 %	60 a 75 %	As eficiências apresentadas retratam faixas esperadas, caso o projeto, a construção e a operação sejam adequados. Naturalmente, poderão ocorrer valores inferiores ou superiores. Caso desejado, o projetista poderá ficar a favor da segurança, assumindo valores mais próximos ao limite inferior da faixa.  Este comentário é válido para todos os parâmetros de qualidade cobertos neste item.
DQO	20 a 30 %	55 a 70 %	
<i>Eficiências globais de remoção esperadas no sistema como um todo</i>			
DBO	> 85 %	> 90 %	Ref: Experiência internacional, adaptado de IWA Task Group 2017; experiência nacional, expressa em GESAD/UFSC.  As eficiências apresentadas retratam faixas esperadas, caso o projeto, a construção e a operação sejam adequados. Naturalmente, poderão ocorrer valores inferiores ou superiores. Caso desejado, o projetista poderá ficar a favor da segurança, assumindo valores mais próximos ao limite inferior da faixa.  Este comentário é válido para todos os parâmetros de qualidade cobertos neste item.

Fonte: Von Sperling, Marcos & H. Sezerino, Pablo, 2018.



O efluente da *wetlands* de escoamento vertical passa por 2 ou mais etapas de tratamento, a primeira etapa é a remoção dos sólidos em suspensão e para isso, o efluente passa por uma área de gradeamento e desarenação. Após primeira etapa, inicia-se o tratamento primário ou secundário que compõem de tanques sépticos de variadas configurações, como reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente e etc. A eficiência apresentada na *wetland* de escoamento vertical é bastante efetiva comparada aos parâmetros estabelecidos em normas, visto que, a taxa de remoção de DBO tem que ser superior a 60%. Para que esse nível de tratamento permaneça, é necessário que o projeto, a construção e a operação sejam adequadas.

O quadro 6 mostra a eficiência da tecnologia *wetland* de escoamento vertical quanto a sua eficiência de adequação de todos os parâmetros.

Quadro 6: Faixas esperadas de desempenho de tratamento relacionado ao *wetland* construído de escoamento vertical (Continuação)

Item	Wetlands verticais recebendo efluente de tratamento primário	Wetlands verticais recebendo efluente de tratamento secundário de baixa eficiência	Comentário
<i>Eficiências globais de remoção esperadas no sistema como um todo</i>			
DQO	> 80 %	> 85 %	Ref.: GESAD/UFSC
SS	> 85 %	> 90 %	Ref: Experiência internacional, adaptado de IWA Task Group 2017; experiência nacional, expressa em GESAD/UFSC.
N amoniacal	> 85 %	> 90 %	Ref: Experiência internacional, adaptado de IWA Task Group 2017; experiência nacional, expressa em GESAD/UFSC.
N total	< 40 %	< 40 %	Eficiências mais elevadas de remoção de N total podem ser obtidas incluindo-se um fundo com meio saturado, proporcionando condições anóxicas e a ocorrência de desnitrificação. No entanto, esta adaptação no funcionamento dos <i>wetlands</i> verticais não é abordada no presente documento. Ref: adaptado de IWA Task Group (2017).
Fósforo total	< 20 %	< 20 %	Ref: adaptado de IWA Task Group (2017).
Coliformes termotolerantes	1 - 2 unidades log	1 - 2 unidades log	Ref: Maiga, von Sperling, Mihelcic (2017).

Fonte: Von Sperling, Marcos & H. Sezerino, Pablo, 2018.

Os parâmetros de tratabilidade do efluente atendem as normas, no entanto, é importante manter as condições favoráveis para que seja possível manter esses parâmetros dentro das especificações ou ainda mais elevadas. Ou seja, proporcionar a remoção de nitrogênio total incluindo um fundo com meio saturado.



## 5. Considerações finais

O banco de dados levantado por meio de artigos científicos foram fundamentais para analisar a aplicabilidade da tecnologia *wetlands* quanto a tratabilidade de esgotos sanitários comunidades isoladas rurais e urbanas. Essa ecotecnologia não somente trataria os efluentes, mas também proporcionaria uma harmonia paisagística, com áreas verdes de vegetação quando forem plantadas preferencialmente com espécies nativas, como por exemplo, a *Typha sp*, ou com espécies exóticas. Além disso, ressalta-se que podem atrair a avifauna local, além de poderem constituir belíssimos jardins proporcionando a melhoria paisagística do ambiente.

Com isso, conclui-se que a eficiência da tecnologia *wetlands* possuem desempenho compatível, e até mesmo superior, quando comparados com as tecnologias de nível secundário, as macrófitas são eficientes na adsorção de partículas e metais, além de propiciar um ambiente com bons nutrientes para as bactérias, leveduras e fungos que auxilia na decomposição da matéria orgânica.

Visto a quantidade notória de artigos e estudos sobre o tema, recomenda-se, para trabalhos futuros, a busca por incentivos e políticas públicas para a aplicação dessa tecnologia em comunidades que necessitam de esgoto tratado. Sugere-se também pesquisar a implementação dessa tecnologia na França e, por fim, propõe-se um estudo de caso sobre a implantação de *wetlands* em comunidades isoladas, abordando custos, tempo, desempenho em ambiente real, dimensionamento detalhado e acompanhamento dos parâmetros e remoção de lodo.

## 6. Referências bibliográficas

BRASIL. **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, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, 16 maio 2011.

BRIX, H. **Functions of macrophytes in constructed wetlands**. Water Sci. Tech., Vol.29, nº 4, 1994. p. 71-78.

CEBALLOS, B. S. O.; COSTA; L.; MEIRA, M. B. S.; LUIZ, M.; CAVALCANTI, F. **Eficiência de Wetlands construídos com dez dias de retenção hidráulica na remoção de colifagos e bacteriófagos**. REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA. 2003.

CELIS, G.S. **Participação Da Macrófita *Typha Domingensis* Na Remoção De Nutrientes De Esgoto Sanitário Em Wetlands Construídos**. Dissertação de mestrado, Florianópolis. UFSC, 2015. 124 p.

CORREA, Kaio; CHIAVEGATTO, Alexandre. **Saneamento básico e saúde autoavaliada nas capitais brasileiras: uma análise multinível**. São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://scielosp.org/pdf/rbepid/2020.v23/e200050/pt>>. Acesso em: 19 out. 2024.

FONDER, N.; HEADLEY, T. **The taxonomy of treatment wetlands: A proposed classification and nomenclature system**. Ecological Engineering, v.51, p.203-211, 2013.



FORGIARINI, F.R.; RIZZI, E.S. **Eficiência de diferentes macrófitas na remoção da matéria Orgânica biodegradável em “wetland” construído de fluxo Vertical em clima subtropical.** *Ciência & Engenharia (Science & Engineering Journal)*, v. 25, n°2, p. 79 -86, dezembro 2016.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento: Orientações técnicas.** 3. ed. Brasília, 2004.

GIZ, Gesellschaft Fur Internationale Zusammenarbeit. **Technology review of constructed wetlands Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment.** Sociedade Alemã de Cooperação Internacional, Programa de saneamento sustentável, 2011.

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicilio:** PNAD, 2014. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 20 out. 2024.

KADLEC, R. H.; WALLACE, R. D. **Treatment Wetlands.** 2a. ed. Florida: CRC Press., 2009.

KASEVA, M.E. **Performance of a sub-surface flow constructed wetland in polishing pretreated wastewater: A tropical case study.** *Wat. Res.* 38, 681–687. 2004.

KIVAISI, A. K. **The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: A review.** *Ecological Engineering.* v.16, p. 545-560, 2001.

LIN, Y.F.; JING, S.R.; LEE, D.Y.; WANG, T.W. **Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system.** *Aquaculture*, 209: 169-184. 2002.

MATOS, A. T.; ABRHÃO, S. S.; MONACO, P. L. V. A.; SARMENTO, A. P.; MATOS, M. P. **Capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios.** *Engenharia Agrícola Ambiental*, v.14, n.12, p.1311-1317, 2010.

MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S. S.; PEREIRA, O. G. **Desempenho agrônômico de capim tifton (Cynodon spp.) cultivado em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de água residuária de laticínios.** *Revista Ambiente e Água*, v.3, n.1, p.43-53, 2008.

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; FIA, R.; MATOS, M. P. **Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura visando seu reuso.** *Engenharia na Agricultura*, v.17, p.383-391, 2009.

MENDONÇA, A.A.J. **Avaliação de um sistema descentralizado de tratamento de esgotos domésticos em escala real composto por tanque séptico e wetland construída híbrida.** Dissertação de mestrado. 209p. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2015.



MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta N° 1**, de 05 de Maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte: Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais – COPAM e Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH, 2008.

PNSB, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017. **Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101734.pdf>. Acesso em: 19 out. 2024.

SNSA, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento: diagnóstico Dos Serviços de Água e Esgoto–2013**. Brasília, 2014.

TANNER, C.C. **Plants as ecosystem engineers in subsurface-flow treatment wetlands**. Water Science and Technology Vol 44 No 11–12 pp 9–17. 2001.

TCHOBANOGLIOUS, G. **Constructed wetlands and aquatic plant systems: research, design, operational, and monitoring issues**. Pages 23–24 in G. A. Moshiri, ed. Constructed wetlands for water quality improvement. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. 1993.

TRATA BRASIL. **Pesquisa Saneamento Básico em Áreas Irregulares: Relatório Brasil**. São Paulo, 2016. 118 p.

USEPA (2000). **Constructed wetlands treatment of municipal wastewaters**. United States Environmental Protection Agency. 154 p.

VON SPERLING, M; SEZERINO, P (2018). **Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil: Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes**. Boletim Wetlands Brasil, Edição Especial. Disponível em: <<http://gesad.ufsc.br/boletins/>>. Acesso em: 20 out. 2024.

VYMAZAL, J. **The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater**. Ecological Engineering, v.35, n.1, p.1-17, 2009.