

Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 2

Alan Mario Zuffo
(Organizador)



Alan Mario Zuffo

(Organizador)

Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 2

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia sanitária e ambiental [recurso eletrônico]: tecnologias para a sustentabilidade 2 / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia Sanitária e Ambiental; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-250-0

DOI 10.22533/at.ed.500191104

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária.
3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario.

CDD 628

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 22 capítulos, os conhecimentos tecnológicos da engenharia sanitária e ambiental.

As Ciências estão globalizadas, englobam, atualmente, diversos campos em termos de pesquisas tecnológicas. Com o crescimento populacional e a demanda por alimentos tem contribuído para o aumento da poluição, por meio de problemas como assoreamento, drenagem, erosão e, a contaminação das águas pelos defensivos agrícolas. Tais fatos, podem ser minimizados por meio de estudos e tecnologias que visem acompanhar as alterações do meio ambiente pela ação antrópica. Portanto, para garantir a sustentabilidade do planeta é imprescindível o cuidado com o meio ambiente.

Este volume dedicado à diversas áreas de conhecimento trazem artigos alinhados com a Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade. A sustentabilidade do planeta é possível devido o aprimoramento constante, com base em novos conhecimentos científicos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a Engenharia Sanitária e Ambiental, assim, garantir perspectivas de solução de problemas de poluição dos solos, rios, entre outros e, assim garantir para as atuais e futuras gerações a sustentabilidade.

Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A INFLUÊNCIA DAS ANOMALIAS DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR SOBRE A PRECIPITAÇÃO DO NORDESTE DO BRASIL	
Luanny Gabriele Cunha Ferreira Alexandre Kemenes	
DOI 10.22533/at.ed.5001911041	
CAPÍTULO 2	9
ADSORÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS UTILIZANDO A CASCA DA CASTANHA DO PARÁ	
Jordana Georjin Letícia de Fátima Cabral de Miranda Paola Rosiane Teixeira Hernandes Daniel Allasia Guilherme Luiz Dotto	
DOI 10.22533/at.ed.5001911042	
CAPÍTULO 3	16
AGRICULTURA: UMA ALTERNATIVA PARA O USO DO LODO GERADO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE IBEROSTAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR-BA	
Iolanda de Almeida Bispo Sheila dos Santos Almeida Selma Souza Alves	
DOI 10.22533/at.ed.5001911043	
CAPÍTULO 4	32
ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DOS MANGUEZAIS NA CAPITAL SERGIPANA	
Fabrícia Vieira Vanessa Guirra Almeida Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.5001911044	
CAPÍTULO 5	38
ANÁLISE DO DESCARTE INADEQUADO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO EM TERRENOS BALDIOS NO MUNICÍPIO DE ALAGOINHAS - BA	
Crislane Santos Nascimento Amanda Pereira Bispo Rêgo Crisliane Aparecida Pereira dos Santos David Brito Santos Junior Hebert França Oliveira Leidiane de Jesus Santana Renato Santos da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5001911045	
CAPÍTULO 6	45
ANÁLISE DO SANEAMENTO BÁSICO NO CONJUNTO COHAB EM ICOARACI NO MUNICÍPIO DE BELÉM-PA	
Lucas Cortinhas Cardoso Ferreira Helenice Quadros de Menezes	
DOI 10.22533/at.ed.5001911046	

CAPÍTULO 7	53
ANÁLISE E MAPEAMENTO DE REGIÕES DE DESPEJO DE EFLUENTES NO RIO POXIM POR MÉTODOS DE GEOPROCESSAMENTO NA CAPITAL SERGIPANA	
José Alves Bezerra Neto Nicole Príncipe Carneiro da Silva Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.5001911047	
CAPÍTULO 8	61
APA DA FAZENDINHA: CONSCIENTIZAÇÃO DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS LOCAIS POR PARTE DOS MORADORES ENTRE OS ANOS DE 2013 A 2015	
Pedro Ribeiro da Silva Neto Tatiana Santos Saraiva Bruno Alves Lima Porto	
DOI 10.22533/at.ed.5001911048	
CAPÍTULO 9	66
ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM AQUÍFEROS DO AGRESTE SERGIPANO: ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DAS POTENCIALIDADES HÍDROGEOLÓGICAS POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO	
Nicole Príncipe Carneiro da Silva Ana Karolyne Fontes Andrade Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.5001911049	
CAPÍTULO 10	75
AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DE <i>Euphorbia tirucalli</i> Linneau NA PRODUÇÃO DO BIODIESEL DE SOJA	
William Frederick Schwanz Kiefer Yvanna Carla de Souza Salgado José Osmar Castagnolli Junior Maria Elena Payret Arrua Sandra Regina Masetto Antunes	
DOI 10.22533/at.ed.50019110410	
CAPÍTULO 11	91
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ELETRODIÁLISE NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DO SETOR DE GEMAS	
Maria de Lourdes Martins Magalhães Simone Stülp Eduardo Miranda Ethur Verônica Radaelli Machado	
DOI 10.22533/at.ed.50019110411	
CAPÍTULO 12	102
AVALIAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E COMPOSTOS NITROGENADOS EM <i>WETLANDS</i> COMO ALTERNATIVA NO PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO	
Isadora Godoy Brandão Beatriz Santos Machado Juliane Gonçalves da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.50019110412	

CAPÍTULO 13 112

AVALIAÇÃO DA REDUÇÃO FOTOCATALÍTICA DE $HgCl_2$, EM FASE AQUOSA, POR ZNO E TiO_2 COMERCIAIS ATIVADOS POR RADIAÇÃO ARTIFICIAL OU SOLAR

Ana Letícia Silva Coelho
Giane Gonçalves Lenzi
Luiz Mário de Matos Jorge
Onélia Aparecida Andreo dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.50019110413

CAPÍTULO 14 119

AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA AVENIDA LITORÂNEA, SÃO LUÍS/MA

Karla Bianca Novaes Ribeiro
Karine Silva Araujo
James Werllen de Jesus Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.50019110414

CAPÍTULO 15 127

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA USINA DE ASFALTO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE RECIFE-PE

Júlio César Pinheiro Santos

DOI 10.22533/at.ed.50019110415

CAPÍTULO 16 134

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: UM ESTUDO DE CASO NO AÇUDE GRAVATÁ, MUNICÍPIO DE SERRINHA-BA

Gilberto Ferreira da Silva Neto
Maria Auxiliadora Freitas dos Santos
Jackeline Lisboa Araújo Santos
Marcio Ricardo Oliveira dos Santos
Istefany Oliveira de Santana Lima

DOI 10.22533/at.ed.50019110416

CAPÍTULO 17 142

AVALIAÇÃO DO PADRÃO COMERCIAL DA GÉRBERA ESSANDRE SOB APLICAÇÃO DE EFLUENTE DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO

Pedro Henrique Máximo de Souza Carvalho
João Vitor Máximo de Souza Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.50019110417

CAPÍTULO 18 148

BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO: UMA ALTERNATIVA VIÁVEL PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES EM ZONAS RURAIS

Heitor Soares Machado
Saulo Paulino Salgado
Luiz Gomes Ferreira Junior
Andréia Boechat Delatorre
Bárbara Diniz Lima
Antônio Delfino de Jesus Junior
Wellington Pacheco David

DOI 10.22533/at.ed.50019110418

CAPÍTULO 19	163
BALNEABILIDADE DA PRAIA DE ONDINA_ UM ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E A RELAÇÃO COM O SANEAMENTO BÁSICO	
Luciano da Silva Alves	
Laís Lage dos Santos	
Catiana da Silva Alves	
Ivo Cruz Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.50019110419	
CAPÍTULO 20	172
BARREIRAS DE PROTEÇÃO EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO – UMA EXPERIÊNCIA NA DIRETORIA DE OPERAÇÃO DO INTERIOR DA EMBASA	
João Marcelo Gonçalves Coelho	
Itaiara Sá Marques	
Ricardo de Macedo Lula Silva	
Alex Oliveira Cruz	
Márcio Santana Rocha de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.50019110420	
CAPÍTULO 21	182
BIODEGRADABILIDADE ANAERÓBIA DE EFLUENTES DA AGROINDÚSTRIA ACEROLEIRA	
Nayara Evelyn Guedes Montefusco	
Andreza Carla Lopes André	
Patrícia da Silva Barbosa	
Ruanna Souza Matos	
Miriam Cleide Cavalcante de Amorim	
DOI 10.22533/at.ed.50019110421	
CAPÍTULO 22	194
BIOENSAIOS DE TOXICIDADE AGUDA COM SEMENTES DE <i>Lactuca sativa</i> UTILIZANDO O SULFATO FERROSO	
Geórgia Peixoto Bechara Mothé	
Camila de Miranda Pereira Corrêa	
Glacielen Ribeiro de Souza	
Jader José dos Santos	
Ruann Carlos Marques Rodrigues da Silva	
Aline Chaves Intorne	
DOI 10.22533/at.ed.50019110422	
SOBRE O ORGANIZADOR	200

AVALIAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E COMPOSTOS NITROGENADOS EM WETLANDS COMO ALTERNATIVA NO PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Isadora Godoy Brandão

Universidade Católica Dom Bosco
Campo Grande – MS

Beatriz Santos Machado

Universidade Católica Dom Bosco
Campo Grande – MS

Juliane Gonçalves da Silva

Universidade Católica Dom Bosco
Campo Grande – MS

RESUMO: Visando contribuir para melhoria das condições sanitárias de comunidades desprovidas de saneamento, *Wetlands* Construídos são sistemas utilizados principalmente para o tratamento de esgotos e apresentam como vantagem simplicidade e baixo custo de operação e baixo consumo energético. O presente trabalho objetivou avaliar o desempenho de *Wetlands* na remoção de matéria orgânica, nitrogenada e turbidez. Este possui diâmetro de 30 cm, 65 cm de profundidade útil, operando em fluxo descendente, com altura livre de 10 cm afim de evitar transbordamento devido à possível colmatação, tendo 10 cm de pedrisco (4,8 a 9,5 mm), 35 cm de areia (coeficiente de uniformidade de 2,52 e de permeabilidade 0,0143, à partir da curva granulométrica), 10 cm de brita 2 (32 a 25 mm), envolto por manta geotêxtil. A planta utilizada

no mesmo é a Helicônia (*Heliconia rostrata*), com área de influência de 150 cm². O sistema foi desenvolvido com 2 taxas de aplicação, sendo essas respectivamente de 70 L.m⁻².dia⁻¹ e 95 L.m⁻².dia⁻¹, com controle da vazão realizado por bomba peristáltica. A eficiência dos sistemas foram avaliadas pelo percentual de remoção, com respectivamente: 98% em ambos sistemas (turbidez); 52 e 53% (DQO); 31 e 46% (DBO); 52 e 55% (NTK); temperatura média de 21° e pH neutro na faixa 6 a 7. Foi possível observar que os sistemas, quando aplicados a diferentes taxas de aplicação não apresentaram diferença significativa entre os parâmetros devido aos poucos dias de monitoramento dos sistemas.

PALAVRAS-CHAVE: *Wetlands*, tratamento de esgoto doméstico, sistemas naturais.

ABSTRACT: Visible to improve the sanitary conditions of communities deprived of sanitation, The constructs *Wetlands* are systems mainly destined to the treatment of sewage and they present the advantage of simplicity and low cost of operation and low energy consumption. The present work aimed to evaluate the performance of *Wetlands* in the removal of organic matter, nitrogen and turbidity. The diameter is 30 cm, 65 cm of useful depth, operating in descending flow, with free height of 10 cm to avoid the clogging, having 10 cm of hail (4.8 to 9.5 mm), 35 cm of sand (coefficient of uniformity of 2.52

and permeability 0.0143, from the granulometric curve), 10 cm of gravel 2 (32 to 25 mm), wrapped by geotextile blanket. A plant used is Heliconia (*Heliconia rostrata*), with influence area of 150 cm². The system was developed with two stages of advertisement, these being together of 70 L.m-2.dia-1 and 95 L.m-2.dia-1, with the peristaltic pump flow control. The rate of the systems was evaluated by the percentage of removal, with 98% in the both systems (turbidity); 52 and 53% (COD); 31 and 46% (BOD); 52 and 55% (NTK); pH and neutral pH in the range of 6 to 7. It was possible to observe that the systems, when applied at different application rates did not present significant differences among the parameters due to the few days of monitoring of the systems.

KEYWORDS: *Wetlands*, domestic sewage treatment, natural systems.

1 | INTRODUÇÃO

O quadro precário do atendimento com serviços de esgotamento sanitário resulta no lançamento de esgotos sem tratamento ou com concentrações acima dos limites permitidos pela legislação ambiental, Resolução CONAMA nº 357/05 (Brasil, 2005). Desta maneira, aliado ao aumento do consumo nos grandes centros urbanos, a alteração da qualidade dos corpos receptores podem prejudicar o abastecimento e irrigações de culturas que dependem de água com boa qualidade.

Diante deste fato, tornam-se relevantes a necessidade de se desenvolverem e adaptarem tecnologias economicamente viáveis de tratamento de águas residuárias. Os *Wetlands* construídos são sistemas desenvolvidos pelo homem que tentam imitar os processos ecológicos encontrados nos ecossistemas naturais (zonas úmidas, várzeas, brejos, banhados ou zonas alagadiças) como alternativas sustentáveis, empregadas de forma descentralizada.

A concepção de tratar os esgotos em *wetlands* de fluxo horizontal foi desenvolvida na Alemanha na década de 70. O primeiro *wetland* entrou em operação em 1974 em Othfresen e o processo foi chamado de RZM – Root Zone Method (Método Zona de Raízes) (LECLERC et al., 1999; KICKUTH, 1977 apud IWA, 2000).

Esses desempenham o papel de “rins naturais” para a preservação da qualidade das águas por meio da remoção de nutrientes e de metais tóxicos (MALIK, 2007; MITSCH, W.J.; GOSSELINK, J.G., 2007). As macrófitas aquáticas, principais comunidades vegetais de *wetlands*, são eficientes para a remoção de poluentes em virtude de suas altas taxas de crescimento em águas eutróficas e intensa capacidade de remoção de nutrientes.

Von Sperling (2005) destaca os impactos causados pelo nitrogênio orgânico e amoniacal, bem como sua contribuição para poluição das águas. A amônia livre (NH₃) é um componente diretamente tóxico aos peixes, podendo conduzir à eutrofização de lagos e represas, além da nitrificação da amônia ionizada nos corpos receptores, que promove o consumo de oxigênio dissolvido. Concomitante a problemática exposta, há

o impacto do nitrogênio na forma de nitrato que está associado a doenças e os efeitos adversos à saúde pública causados pela ingestão de água com nitrato e nitrito.

Em relação à remoção de produtos orgânicos, os *Wetlands* verticais construídos normalmente fornecem uma boa remoção de produtos orgânicos e sólidos suspensos, mas estes sistemas tipicamente fornecem pouca denitrificação, sendo limitada a remoção de nitrogênio total nestes sistemas. No entanto, estes são menores e requerem menos operação e manutenção comparado com sistemas horizontais (KADLEC e WALLACE et al).

O desempenho do sistema *wetlands* construído, no que diz respeito à nitrificação e remoção de outros poluentes presentes nos esgotos, está diretamente relacionado às condições hidrodinâmicas, de escoamento da fase líquida, que prevalecem em seu interior.

Os filtros plantados com macrófitas podem ser de acordo com a literatura, segundo fluxo hidráulico como filtros plantados com macrófitas de fluxo horizontal, vertical e sistemas híbridos. O Brasil apresenta pouca experiência com os filtros plantados com macrófitas, principalmente os de fluxo vertical e sistemas híbridos. Os *wetlands* de fluxo vertical produzem uma boa transferência de oxigênio, o que permite a decomposição da matéria orgânica e a nitrificação do oxigênio amoniacal (COOPER et al, 1996 apud).

Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o comportamento da matéria orgânica carbonácea e nitrogenada de um *wetlands* construído, visando desenvolver uma alternativa descentralizada mais econômica do ponto de vista de operação e manutenção.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Esta pesquisa foi realizada na Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) – Campo Grande – Mato Grosso do Sul, região tropical de coordenadas: 20°26'34" latitude Sul e 54°38'47" longitude Oeste, com 532 metros de altitude, como também nos laboratórios da própria universidade.

2.2 Desenvolvimento Do Sistema

2.2.1 ETAPAS DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DO SISTEMA

O sistema como todo foi realizado de maneira comparativa, sendo sistemas com iguais dimensões, e composição do meio-suporte iguais, com cargas hidráulicas distintas de 45 L.m⁻².dia⁻¹, 70 L.m⁻².dia⁻¹ e 95 L.m⁻².dia⁻¹.

No sistema *wetlands* com carga de 45 L.m⁻².dia⁻¹, o efluente era captado e

operado manualmente, do tanque séptico, anterior ao tratamento da lagoa facultativa e encaminhado manualmente em baldes de 5l e alimentados diariamente de segunda a sábado, sem reservatório.

Os demais sistemas, o efluente primeiramente foi captado do tanque séptico, anterior ao tratamento da lagoa facultativa e encaminhado manualmente em baldes de 5l até o reservatório de entrada de 50l, localizado na casa de vegetação, próximo a entrada do Ceteagro. Este reservatório de entrada é o recipiente onde foram colocados os efluentes que alimentaram os sistemas, com o auxílio de uma bomba peristáltica (BP) presente no local de desenvolvimento da pesquisa. Após o bombeamento do efluente, o mesmo era encaminhado para os sistemas de CW-VF, sendo este responsável pela remoção dos poluentes encontrados no efluente.

Estes filtro operavam em fluxo descendente, isto é, o efluente entra por cima do filtro e tem sua saída na parte inferior. Em seguida o efluente tratado era coletado em garrafa esterilizada e o restante escoado para vala de infiltração.

2.2.2 DESENVOLVIMENTO E OPERAÇÃO DO WETLANDS

O dimensionamento dos sistemas *wetlands* de fluxo vertical foi feito de acordo com as recomendações de Hoffmann; Platzer (2011) e Sezerino (2006) para águas residuais seguindo critérios com clima quente, carga hidráulica, carga orgânica e TDH e área dos respectivos sistemas, demonstrado na tabela 1.

Critérios de projeto	Unidade	Wetlands de Fluxo Vertical		
		Recomendação	70 L.m ⁻² .dia ⁻¹	95 L.m ⁻² .dia ⁻¹
Profundidade do meio filtrante	Cm	≥50	60	60
Declividade	%	0,5 – 1	0,5 – 1	0,5 – 1
Carga Hidráulica	mm.dia	200	70	95
DQO	gDQO/m ² .dia	70	28	38
DBO	gDBO/m ² .dia	35	14	19

Tabela 1: Recomendações de parâmetro de projeto para *wetlands* vertical.

Fonte: adaptado de Hoffmann; Platzer (2011) e Sezerino (2006).

A alimentação do sistema *wetlands* vertical, foi realizada com efluente oriundo de tratamento primário, sendo cada sistema alimentado respeitando suas especificações. Os tratamentos foram dispostos com 3 taxas de aplicação diferentes a fim de observar o comportamento do sistema. Essas taxas trabalhadas no presente trabalho foram respectivamente de 45 L.m⁻².dia⁻¹, 70 L.m⁻².dia⁻¹ e 95 L.m⁻².dia⁻¹. O primeiro sistema foi desenvolvido um ano antes dos demais e alimentado com uma carga hidráulica de aproximadamente 45 L.m⁻².dia⁻¹, durante um período de 150 dias de monitoramento

em ambiente aberto, exposto as intempéries do tempo. Os dois demais filtros de $70 \text{ L.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e $95 \text{ L.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, foram monitorados com o mesmo período de tempo, porém em casa de vegetação, protegidos das intempéries do tempo. Foram alimentados respectivamente em duas bateladas de 2,5l e em três bateladas de 2,25l ao longo do dia, sendo o controle da vazão será realizado por uma bomba peristáltica (Watson-Marlow, Brasil).

Os sistemas de *wetlands* foram feitos de material PVC vedados com fibra de vidro na parte inferior de onde será retirada o efluente, sendo que seu fundo possuía uma pequena declividade favorecendo a hidráulica dos fluidos. Estes possuem 80 cm de profundidade operando em fluxo descendente, com camada superficial livre de 5 cm para aplicar o efluente e evitar que ocorra transbordamento devido a uma possível colmatção do filtro, 60 cm de meio filtrante, 5 cm de pedrisco (4,8 a 9,5 mm), 5 cm de brita 2 (32 a 25 mm), conforme Figura 1.

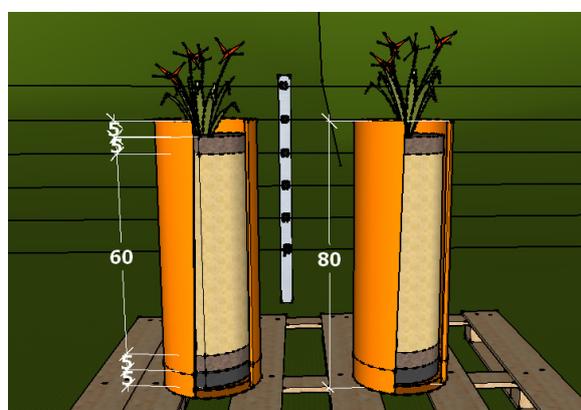


Figura 1 – Meio suporte e camada filtrante dos sistemas *Wetlands* construídos.

Fonte: Elaboração do autor.

A distribuição do efluente, na entrada do filtro, é uniforme, ocupando toda sua área, intuito de melhorar a hidrodinâmica. As britas encontradas no meio apresentam características distintas que contribuem de forma eficiente para o funcionamento do filtro. A primeira camada constituída por pedrisco impossibilita a erosão do meio filtrante quando o efluente é lançado. A segunda camada de areia é denominada como camada filtrante. A brita 2, sendo a última camada é responsável por impedir a saída da areia.

A planta inserida no sistema é a *Heliconia rostrata* da família Heliconiaceae tem origem Sul Americana de clima tropical a Equatorial, podendo chegar à altura de até 3,6 m. Quando a planta foi inserida no sistema, esta apresentava uma altura de 90 cm como demonstrada na figura 2. Ao iniciar o sistema, foi necessário adaptar a planta ao novo meio e ao efluente doméstico. Nos primeiros 5 dias de alimentação foi colocado apenas água no sistema, com o passar dos dias houve o incremento gradativo do efluente, inicialmente com 5% de esgoto para 95% de água, acrescentando o efluente de maneira gradativa a cada dia, até alimentação exclusivamente de esgoto doméstico.



Figura 2 - Sistema *Wetlands*.

Fonte: Tirada pelo autor.

2.3 GRANULOMETRIA

A granulometria foi analisada de acordo com a NBR 6502, pois o funcionamento baseia-se na passagem do efluente pela camada filtrante, que é constituída de areia. Portanto, é muito importante a determinação da granulometria correta da areia que constituirá esse leito filtrante. Para Di Bernardo & Dantas (2005), a determinação adequada deve utilizar os parâmetros de diâmetro médio efetivo (D10), coeficiente de uniformidade (CU), coeficiente de desuniformidade (D60/D10), esfericidade e porosidade, que são primordiais para a condição ideal de filtração.

2.4 ANÁLISES E AMOSTRAGEM

Foram analisados os parâmetros demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica de oxigênio (DBO), pH, Nitrogênio Amoniacal (NH₄-N), Nitrogênio Total (NTK) e turbidez, preconizados de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

A amostragem foi efetuada de forma simples, com tempo suficiente para encher os frascos de 1L, sendo armazenados em ambiente refrigerado, a fim de preservar suas características, sem comprometer a eficiência de seus resultados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 GRANULOMETRIA DO MEIO FILTRANTE

A curva granulométrica (Figura 3) foi feita apenas com a areia, pois ela é o meio filtrante, a brita e o pedrisco foram usados apenas para reter essa camada de meio filtrante e evitar erosão na distribuição e que na saída esse material fosse lixiviado.

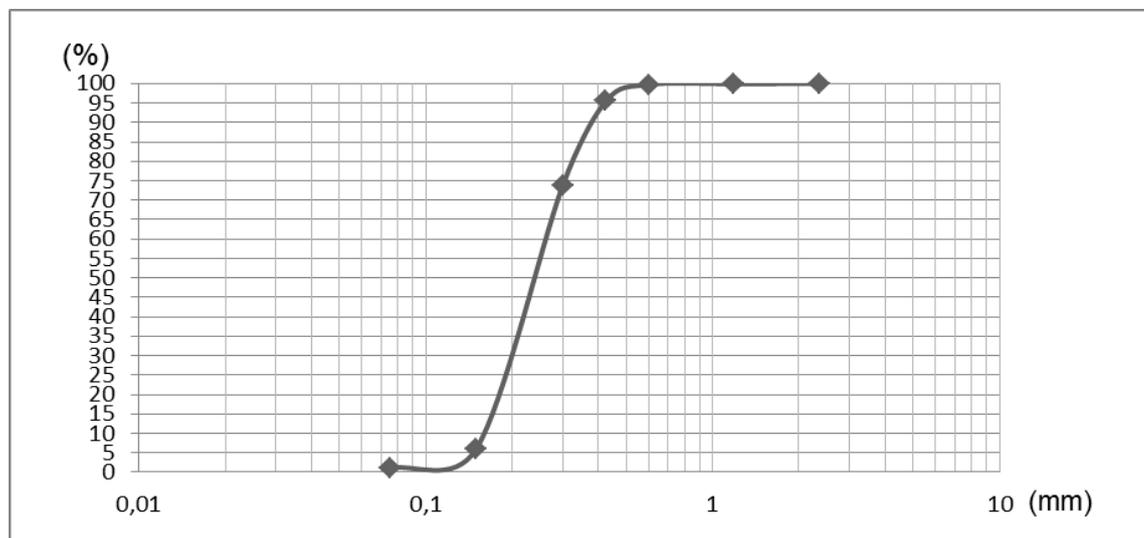


Figura 3 – Curva Granulométrica da Areia

Fonte: Elaboração do autor

A partir da curva granulométrica calculou-se o coeficiente de uniformidade (Cu), onde apresentou o valor de 2,52 e o coeficiente de permeabilidade de 0,0143. De acordo com Sezerino e Philippi (2004) o valor de Cu deve ser menor que 5 e o de Ks menor que 10-2. Sendo assim de acordo com a granulometria desse meio filtrante (areia) ele não apresenta suscetibilidade ao processo de colmatação/entupimento.

3.2 PARÂMETROS ANALISADOS

Os parâmetros analisados ao decorrer do período de pesquisa se encontram na Tabela 2 abaixo com os valores da qualidade do efluente de entrada e saída do sistema, avaliando o comportamento do mesmo na capacidade de remoção dos poluentes.

Parâmetro	Unidade	Entrada	Saída	Remoção (%)
CARGA - 45 L.m⁻².dia⁻¹				
DQO	mgO ₂ /L	423	194	54
DBO	mgO ₂ /L	168	85	50
pH	-	7,6	7,2	-
Turbidez	NTU	126	10.8	91
NTK	mg/L	-	-	-
NH ₄ -N	mg/L	27	9,6	64
Temperatura	°C	28	29	-

CARGA - 70 L.m².dia⁻¹				
DQO	mgO ₂ /L	218	105,17	52
DBO	mgO ₂ /L	95	66	31
pH	-	6,32	8,07	-
Turbidez	NTU	209	4,1	98
NTK	mg/L	42,3	20,2	52
NH ₄ -N	mg/L	32	15	53
Temperatura	°C	20	21	
CARGA - 95 L.m².dia⁻¹				
DQO	mgO ₂ /L	218	102	53
DBO	mgO ₂ /L	95	51	46
pH	-	6,32	7,52	-
Turbidez	NTU	209	4,82	98
NTK	mg/L	42,3	19,2	55
NH ₄ -N	mg/L	32	12	63
Temperatura	°C	20	22	

Tabela 2 – Resultados dos parâmetros analisados.

(*): número de análises; NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl; NH₄-N – Nitrogênio Amoniacoal.

Avaliando e comparando os sistemas, foi possível observar que mesmo o sistema com carga de aplicação diferentes, os sistemas não apresentaram diferença significativa quanto a remoção dos contaminantes até o presente momento. Em virtude do recente monitoramento dos sistemas, os mesmos podem futuramente apresentar uma diferença significativa, pois a população microbiana presente no biofilme responsável pela degradação dos poluentes crescerá, proporcionando uma maior remoção. A temperatura média manteve-se a cerca de 21° C, enquanto o pH se manteve estável, mantendo a neutralidade do efluente ao percolar pelo sistema.

O potencial hidrogeniônico (pH) apresentou valores análogos de entrada e saída nos diferentes tipos de tratamento e camada filtrante sem tendência de acidificação, nota-se uma estabilização do pH em ambos os casos. A Temperatura não apresentou variações altas. Em relação aos valores de turbidez após o tratamento nos wetlands, a remoção foi em torno de 98% e 91% no de carga mais baixa, possibilitando esse sistema como pré-tratamento para desinfecção solar, em função da baixa carga de sólidos suspensos, auxiliando na penetração dos raios solares.

Em relação a remoção de matéria orgânica (DQO), Lana *et al.*, (2013) obtiveram 81% para as unidades plantadas e não plantadas, em sistemas de *wetlands* verticais que receberam parte do esgoto de Estação de Tratamento de Esgoto após sua passagem por tratamento preliminar, porém com sistemas mais robustos. Em relação a remoção de NTK, com base nos resultados obtidos, apesar de medianos, foi possível verificar que está ocorrendo o processo de nitrificação nos tratamentos.

Ao decorrer do tempo de operação dos sistemas, o filtro com carga de 45 L.m².dia⁻¹, apresentou indícios de colmatação com um ano de monitoramento do mesmo. Isso

pode ter sido em causa da morte da planta utilizada no sistema, período anteriormente próximo a colmatação do mesmo. Esse acontecimento desenvolveu-se no momento em que a universidade onde a pesquisa era desenvolvida estava em período de férias, com entrada controlada de pessoas, e intensidade de calor era maior.

Os outros sistemas como monitorados em ambiente controlado demoraram um tempo maior para apresentar colmatação, mesmo com taxas de aplicação maiores.

4 | CONCLUSÕES

- No período operado para granulometria do meio filtrante que foi utilizado, o sistema não apresentou colmatação e/ou entupimento com a taxa de aplicação hidráulica de 70 L.m⁻².dia⁻¹ e 95 L.m⁻².dia⁻¹.
- O *Wetlands* desenvolvido com taxa de 70 L.m⁻².dia⁻¹, foi eficiente na remoção de matéria orgânica carbonárea e nitrificada com remoção de DQO, nitrogênio total Kjeldahl e nitrogênio amoniacal de 52% e 52% 53% respectivamente, atendendo a legislação CONAMA 357.
- O *Wetlands* desenvolvido com taxa de 95 L.m⁻².dia⁻¹, foi eficiente na remoção de matéria orgânica carbonárea e nitrificada com remoção de DQO, nitrogênio total Kjeldahl e nitrogênio amoniacal de 53% e 55% 63% respectivamente, atendendo a legislação CONAMA 357.
- A turbidez na saída do sistema de *Wetlands* construído foi em torno de 4,5 NTU, com remoção de 98%, possibilitando esse sistema como pré-tratamento para desinfecção solar, em função da baixa carga de sólidos suspensos, auxiliando na penetração dos raios solares.
- Os sistemas apesar de serem operados com taxas de aplicação diferentes, os mesmos não obtiveram diferença nos resultados dos parâmetros.

REFERÊNCIAS

T, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181 – Solo – Análise Granulométrica**.

ABNT, 1984. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13969: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação**. São Paulo. 1997.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 edition. Washington DC: American Public Health Association, 2012

BRIX, H.; SCHIERUP, H.-H. **Soil oxygenation in constructed reed beds: The role of macrophyte and soil-atmosphere interface oxygen transport**. In: COOPER, P.F.; FINDLATER, B. C. (eds.) **Constructed Wetlands in Water Pollution Control**. Oxford, United Kingdom: Pergamon Press 1990. p. 53–66.

CAWST. **Biosand Filter Manual, Design, Construction, Installation, Operation and Maintenance**. Alberta: Center for Affordable Water and Sanitation Technology 2009.

COOPER, P. **A review of the design and performance of vertical-flow and hybrid reed bed**

treatment systems. Wat. Sci. Tech., v. 40, n.3, p. 1-9, 1999.

Di BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 2.ed. Ed. Rima,v.1, 2005.

PHILIPPI, S.L; SEZERINO, P.H. **Aplicação de sistemas tipo *Wetlands* no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas.** Ed. do Autor, 2004.

IWA – International Water Association. **Constructed *Wetlands* for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation.** Scientific and Technical Report No. 8. London, England: IWA Publishing, 2000. 156 p.

KICKUTH, R., 1977. **Degradation and incorporation of nutrients from rural wastewaters by plant rhizosphere under limnic conditions.** In: Utilization of Manure by Land Spreading. Comm. Europ. Commun., EUR 5672e, London, UK, pp. 335–343.

KORKUSUZ, E. A.; BEKLIOGLU, M.; DEMIRER, G. N. **Treatment efficiencies of the vertical flow pilot-scale constructed *wetlands* for domestic wastewater treatment.** Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences, v. 28(5), p. 333-344, 2004.

LANA, L. C. O.; Von Sperling, M.; Moraes, D. C.; Vasconcellos, G. R.; Cota, R. S. **Pesquisas da úfmg com sistemas de *wetlands* construídos de escoamento vertical: lições após cinco anos de estudos;** In: 1º Simpósio Brasileiro Sobre Aplicação de *Wetlands* Construídos no Tratamento de Águas Residuárias, 2013, Florianópolis. Anais...Florianópolis: UFSC, p. 133

LECLERC, G.; ROCHETE, F. J.; MÁLAGA, H.; MENDOÇA, S. R.; SÁNCHEZ, A. P.; ACEVEDO, L. F. **Estudios técnicos de sustitución aplicables al saneamiento de aguas servidas de pequeñas comunidades: Sistemas de tratamiento de aguas servidas por medio de humedades artificiales.** Santa Fé; Canadá. Societé Québécoise d’Assanissement des Eaux; Organización Panamericana de la Salud; Centro Nacional del Agua (CENAGUA); Nov. 1999. 217 p.

OLIJNYK, D. P.; SEZERINO, P. H.; FENELON, F. R.; PANCERI, B.; PHILIPPI, L. S. **Sistemas de tratamento de esgoto por zona de raízes: análise comparativa de sistemas instalados no Estado de Santa Catarina.** In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. CD-Room. Belo Horizonte/MG. Rio de Janeiro: ABES, 2007. 8 p.

PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H. **Aplicação de sistemas tipo *wetlands* no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas.** Ed. do Autor. Florianópolis, 2004. 144 p.

PNSB (2000) – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Ministério do Planejamento, 2000. **Orçamento e Gestão.** Instituto de Geografia e Estatística – IBGE. Diretoria de Pesquisa. Departamento de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro.

TONETTI, A. L.; FILHO, B. C.; STEFANUTTI, R.; FIGUEIREDO, R. F.; PEDRO, C. C. O. S. **Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia.** Engenharia Sanitária Ambiental. vol.10, n.3, pp. 209-218. 2005.

SOBRE O ORGANIZADOR

Alan Mario Zuffo - Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-250-0

