

Mestrado Profissional
Sustentabilidade em
Recursos Hídricos

PRODUTO

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE
SANITÁRIO PELA ASSOCIAÇÃO DE
TANQUE SÉPTICO E WETLANDS
CONSTRUÍDOS: Relatório Técnico**

Lucas de Albuquerque Martins
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE
SANITÁRIO PELA ASSOCIAÇÃO DE
TANQUE SÉPTICO E *WETLANDS*
CONSTRUÍDOS: Relatório Técnico**

**Universidade Vale Do Rio Verde
2020**

Lucas de Albuquerque Martins
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

SISTEMA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTE SANITÁRIO PELA
ASSOCIAÇÃO DE TANQUE SÉPTICO
E *WETLANDS* CONSTRUÍDOS

2020

Universidade Vale do Rio Verde
Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão
Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos

Elaboração: Lucas de Albuquerque Martins

Coordenação: Dra Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

Tratamento de águas residuárias. Esgoto. Wetlands de escoamento horizontal.

FICHA CATALOGRÁFICA

577.4
M386s MARTINS, Lucas de Albuquerque

Sistema de tratamento de efluente sanitário pela associação de tanque séptico e wetlands construídos : relatório técnico – Três Corações : Universidade Vale do Rio Verde, 2020.
28 fls.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rosângela Francisca de Paula V. Marques

Produto – Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações/
Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos.

1. Tratamento de águas residuárias. 2. Esgoto. 3. Wetlands de escoamento horizontal.
I. Prof^a. Dr^a. Rosângela Francisca de Paula V. Marques, orientadora. II. Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações. III. Título.

Catálogo na fonte

Bibliotecária responsável: ERNESTINA MARIA PEREIRA CAMPOS DANTAS CRB6: 2.101

Lucas de Albuquerque Martins
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

SISTEMA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTE SANITÁRIO PELA
ASSOCIAÇÃO DE TANQUE SÉPTICO
E WETLANDS CONSTRUIDOS

Reitora

Prof^a. Dra. Renata Mantovani de Lima

Vice-Reitor

Prof^o. Me. Marcelo Junqueira Pereira

Diretor Geral

Prof^o. Leandro Rodrigues de Souza

Diretor Executivo

Prof. Túlio Marcos Romano

Pró-Reitor de Graduação e Assuntos Acadêmicos

Prof. Dr. Carlos Roberto Faustino

Pró-Reitora de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

Prof^a. Dra. Elisa Dias de Melo

Pró-Reitora de Assuntos Administrativos

Prof^a. Viviane Barbosa

Coordenação do Mestrado

Prof^a. Dra. Marília Carvalho de Melo

Mantenedora da UninCor**Fundação Comunitária Tricordiana de Educação – FCTE**

Fundação Comunitária Tricordiana de Educação -
FCTE Universidade Vale do Rio Verde de Três
Corações - UNINCOR Av. Castelo Branco, 82 -
Chácara das Rosas – Centro 37410-000 - Três
Corações - MG Tel: (0xx) 35- 3239-1239
E-mail: biblioteca@unincor.edu.br

Catálogo na fonte: biblioteca@unincor.edu.br
Bibliotecária responsável:

ENDEREÇOS UNINCOR

UNIDADE TRÊS CORAÇÕES

Av. Castelo Branco, 82 - Chácara das Rosas 37417-150 - Três Corações - Minas Gerais

e-mail:

secretaria@unincor.edu.br

Telefax: (35) 3239-1000

UNIDADE BETIM

Rua Santa Cruz,750, Centro, Betim - Minas Gerais

e-mail:

secretariabt@unincor.edu.br

Telefax: (31) 3514-2500

UNIDADE BELO HORIZONTE

Av Amazonas, 3.200 – Prado - Belo Horizonte – Minas Gerais

e-mail:

secretariabh@unincor.edu.br

Telefone: (31) 3064-6333

UNIDADE PARÁ DE MINAS

Rua José Bahia Capanema, 440, João Paulo II Minas Gerais

e-mail:

secretariapm@unincor.edu.br

Telefone: (37) 3232-2089

<http://www.unincor.br>

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO.....	6
2 O PRODUTO	8
3 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE TANQUES SÉPTICOS	15
4 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DOS WETLANDS CONSTRUÍDOS HORIZONTAIS	16
5 ORIENTAÇÕES	18
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	20
APÊNDICE	20
APÊNDICE A - Resultados analíticos e eficiência de remoção em cada unidade de tratamento, para os parâmetros DBO/DQO.....	20
APÊNDICE B - Resultados analíticos e eficiência de remoção em cada unidade de tratamento, para os parâmetros SST/Turbidez.	21
APÊNDICE C - Resultados analíticos para os parâmetros Temperatura e pH.	22
APÊNDICE D - Resultados analíticos e eficiência de remoção em cada unidade de tratamento, para o parâmetro Coliformes Termotolerantes.....	23
APÊNDICE E - Resultados analíticos para o parâmetro Oxigênio Dissolvido.	23
APÊNDICE F - Resultados analíticos e eficiência em % para os parâmetros Nitrogênio Amoniacal, Nitrato e Fósforo Total.....	24

1 APRESENTAÇÃO

No Brasil, no que se refere ao serviço de esgotamento sanitário, 43% da população possui esgoto coletado e tratado e 12% utilizam-se de fossa séptica, ou seja, 55% da população possuem tratamento considerado adequado, 18% possuem esgoto coletado e não tratado e 27% não possuem coleta e tratamento (ANA, 2017).

Segundo Paulino e Teixeira (2012), a destinação mais comum dos esgotos é o lançamento nos corpos hídricos, o que proporciona condições de poluição e contaminação ao corpo hídrico receptor e dentre os principais impactos ambientais pode-se citar: eutrofização de corpos d'água, diminuição do oxigênio dissolvido, toxicidade aos organismos aquáticos devido à presença de metais pesados, demanda de maiores quantidades de produtos químicos para tratamento de água e alteração da qualidade física, química e microbiológica do corpo receptor.

Para minimizar os impactos descritos, maior esforço deve ser empreendido na implantação de sistemas de tratamento. Segundo Von Sperling (2014), para escolha do processo de tratamento que será utilizado é preciso considerar aspectos como eficiência, confiabilidade, área de implantação, impactos ambientais, custos de operação e implantação, características do efluente a ser tratado entre outras variáveis.

As condições climáticas no Brasil favorecem a aplicação de sistemas naturais, dos quais destaca-se os *wetlands* construídos (WC), que vem despertando o interesse em algumas empresas, pequenos núcleos populacionais e universidades, pelo seu baixo custo de implantação, operação, manutenção e não há exigência de mão-de-obra qualificada. Os WC já são utilizados por países desenvolvidos como alternativa tecnológica para o tratamento de esgotos e na promoção do saneamento rural (SEZERINO, 2006).

Conforme apontado por Salaro (2008) e Monteiro (2009) os WC são sistemas naturais de tratamento de esgotos que utilizam plantas aquáticas, estabelecidas em leitos filtrantes, sendo adequadas às condições climáticas do Brasil. Esses sistemas apresentam baixa demanda energética, baixa ou nenhuma geração de lodo e de maus odores. Os WC são resistentes às variações de carga sem comprometimento de sua eficiência e podem ser utilizadas como pós-tratamento de efluentes domésticos ou industriais (SEZERINO, 2006; MONTEIRO, 2009, PELISSARI, 2013).

Dentre os modelos de WC destacam-se os *wetlands* horizontais de escoamento subsuperficial (WHESS), que podem promover tratamento satisfatório, quando

dimensionadas corretamente e instaladas com materiais adequados para sua construção e operação (DE PAOLI, 2010).

No Brasil, estudos utilizando WC para tratamento de águas residuárias, devem atender os valores obtidos para parâmetros físicos, químicos e biológicos preconizados na Resolução CONAMA nº 430 de 2011 (BRASIL, 2011), e no âmbito estadual, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008). Seu uso tem se demonstrado uma alternativa ambientalmente sustentável e estudos que avaliam a eficiência do seu desempenho são de fundamental importância para propor medidas de otimização do processo e divulgação dos resultados, além de promover o tratamento adequado dos efluentes.

Este produto foi construído a partir do trabalho de conclusão de curso de mestrado: Sistema de tratamento de efluente sanitário pela associação de tanque séptico e *wetlands* construídos, no ano de 2020, defendido no programa de Mestrado em Sustentabilidade e Recursos Hídricos (UninCor), cujo objetivo foi avaliar o desempenho e o comportamento de um *wetland* aerado horizontal de escoamento subsuperficial (WAHESS) seguido de um *wetland* horizontal de escoamento subsuperficial (WHESS), tratando efluente de tanque séptico (TS), em escala real, no escritório administrativo de uma mineradora, localizada no município de Nova Lima, Minas Gerais, Brasil.

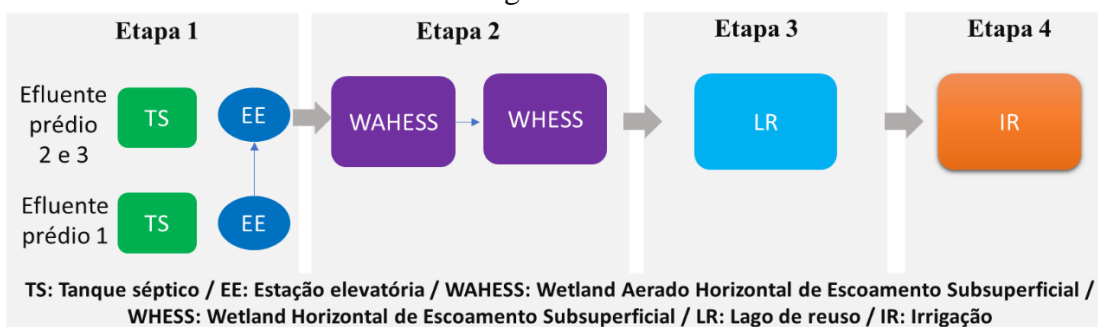
Neste relatório são apresentados os resultados em tabelas e gráficos do monitoramento quali-quantitativo, bem como o dimensionamento das estruturas do sistema de tratamento de efluentes de uma mineradora no período de outubro/2019 a fevereiro/2020 (que se encontram nos apêndices A, B, C, D, E e F) das seguintes variáveis: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos suspensos totais (SST), nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total, coliformes termotolerantes, pH, temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido. Assim, foram coletadas amostras no efluente bruto (EB), após tanque séptico (TS), após o WAHESS e após o WHESS, com intuito de divulgar os resultados para a empresa, para o público em geral e profissionais externos, como forma de difundir a tecnologia dos *wetlands* construídos para o tratamento de efluentes, desde que apresentem características similares aos obtidos no presente produto. Este produto ainda apresenta os critérios de dimensionamento de tanques sépticos e *wetlands* construídos horizontais para tratamento de efluentes sanitários.

2 O PRODUTO

O relatório técnico apresenta os resultados em tabelas e gráficos do monitoramento qualiquantitativo, bem como o dimensionamento das estruturas do sistema de tratamento de efluentes de uma mineradora no período de outubro/2019 a fevereiro/2020, com análises quinzenais, totalizando 10 amostragens dos seguintes parâmetros: DBO, DQO, SST, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total, coliformes termotolerantes, pH, temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido, para tanto foram coletadas amostras em 4 pontos (efluente bruto, após tanque séptico, após o WAHESS e após o WHESS).

O sistema de tratamento de efluente do presente estudo, está localizado em uma empresa do ramo de mineração, no município de Nova Lima – Minas Gerais, na latitude 19° 58' 07'' sul e longitude 43° 54' 54'' oeste. Segundo a classificação de Köppen (1948) o clima é do tipo Cwa (Clima subtropical úmido), possui um clima quente e temperado, maior pluviosidade no verão que no inverno, uma temperatura média anual de 21° C e 1390 mm de pluviosidade média anual. O sistema de tratamento de efluentes da mina de Águas Claras para os prédios administrativos 1, 2 e 3 (Figura 1) é composto por tanque séptico, *wetland* aerado horizontal de escoamento subsuperficial, *wetland* horizontal de escoamento subsuperficial, lago de reúso e posteriormente irrigação, caso não haja utilização para o efluente tratado, o mesmo é lançado no curso d'água. Para o trabalho em questão foram considerados apenas os dados dos efluentes nas etapas 1 e 2, ou seja, considerados os dados qualitativos dos pontos de amostragem: efluente bruto (EB), tanque séptico (TS), WAHESS e WHESS, bem como os dados quantitativos do efluente bruto.

Figura 1 - Fluxograma do sistema de tratamento de efluentes sanitários da Mina de Águas Claras.



Fonte: Adaptado de Rotária (2017).

Para o dimensionamento das estruturas que compõe o sistema de tratamento de efluentes da Mina de Águas Claras foram adotados critérios estabelecidos com base em referências e normas disponíveis no Brasil, cabe ressaltar que todos os sistemas foram dimensionados pela empresa Rotária do Brasil.

Para os dados qualitativos de acordo com Von Sperling (2005) devem ser considerados os parâmetros demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos suspensos totais (SST), nitrogênio total (NT), além dos dados de vazão representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização dos efluentes gerados na Mina de Águas Claras quanto a carga de DQO, DBO, SST, NT.

Variáveis	Valor	Unidade
Vazão média diária de esgoto	40	m ³ dia ⁻¹
Vazão máxima horária de esgoto	0,83	L s ⁻¹
Carga Orgânica DBO	13,5	kg dia ⁻¹
Carga Orgânica DQO	27,5	kg dia ⁻¹
Carga NT	2,5	kg dia ⁻¹
Carga de SST	15	kg dia ⁻¹

Fonte: adaptado de Rotária (2017).

Para estimativa do volume gerado de efluentes nos prédios 1, 2 e 3 foi considerado os dados de contribuição dos funcionários. Foi considerado para dimensionamento o valor de 50 litros diários por funcionário (contribuição específica) para tipologia ocupantes temporários em escritório (ABNT-NBR 7229, 1993). Os valores de vazão considerados estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Geração de efluentes nos prédios 1, 2 e 3 na Mina de Água Claras.

Local	Nº funcionários	Q med (m ³ d ⁻¹)	Q med (m ³ h ⁻¹)	Contribuição DBO (g hab ⁻¹ d ⁻¹)	DBO Total (kg d ⁻¹)
Prédio 1	450	22,5	0,94	54	7,6
Prédio 2	250	12,5	0,52	54	4,22
Prédio 3	100	5	0,21	54	1,68
Total	800	40	1,67	54	13,5

Fonte: adaptado de Rotária (2017).

Na primeira etapa do processo de tratamento dos esgotos gerados nos prédios 1, 2 e 3, foram implantados dois tanques sépticos e após estes, por meio de estações elevatórias, os efluentes são enviados para o WAHESS e o WHESS.

O dimensionamento dos tanques sépticos dos prédios 1 e 2/3 seguiram os critérios e recomendações da ABNT NBR 7229 (1993) e ABNT NBR 13969 (1997). Os tanques sépticos foram dimensionados para uma remoção de carga orgânica com eficiência de 35%, conforme dimensionamento exposto na Tabela 3.

Tabela 3 – Dimensionamento dos tanques sépticos.

Local	Nº Funcionários	Vazão média Q med (L d ⁻¹)	Tempo de detenção hidráulica TDH (dia)	Volume TS (m ³)
Prédio 1	450	22.500	0,5	18
Prédio 2 e 3	350	12.500	0,5	18

Fonte: adaptado de Rotária (2017).

Após o tratamento primário (tanques sépticos), os efluentes são bombeados em estações elevatórias, para o tratamento secundário que é constituído de dois WC horizontais de escoamento subsuperficial, sendo o primeiro composto por um sistema de aeração mecânica, conduzida por compressores de ar.

O oxigênio no WAHESS é fornecido por sopradores de ar, distribuídos em todo o sistema, por mangueiras difusoras dispostas no fundo do leito filtrante, impulsionados por dois sopradores de ar a uma vazão equivalente a 0,70 m³ min⁻¹.

O dimensionamento do WAHESS e WHESS foram baseados na eficiência média de tratamento dos tanques sépticos (35%), para tratamento de efluentes domésticos, considerando os parâmetros DQO, DBO, SST (VON SPERLING, 2005).

Os WC foram preenchidos com brita nº 1 e as dimensões descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Dimensões dos wetlands construídos utilizados no tratamento do efluente sanitário do tanque séptico.

Dimensões	Wetland 1 (WAHESS)	Wetland 2 (WHESS)	Total
Comprimento (m)	15	15	30
Largura (m)	15	15	30
Profundidade do leito (m)	0,80	0,40	-
Borda Livre (m)	0,10	0,10	-
Área (m ²)	225	225	450
Volume (m ³)	180	90	270
Tempo de detenção hidráulica (dia)	1,49	0,64	-
Velocidade de escoamento (m dia ⁻¹)	3,8	8,8	-
Macrófita utilizada	<i>Cyperus prolifer</i> (Mini Papiro)	<i>Thalia Dealbata</i> (Thalia).	-

Fonte: adaptado de Rotária (2017).

A área dimensionada para os *wetlands* foi calculada de acordo com os valores sugeridos por Usepa (2000), sendo a carga orgânica de 13,5 kg dia⁻¹ de DBO e 27,5 kg dia⁻¹ de DQO, carga de nitrogênio de 2,5 kg dia⁻¹ e carga de sólidos suspensos totais de 15 kg dia⁻¹ e a vazão de projeto de 40 m³ dia⁻¹.

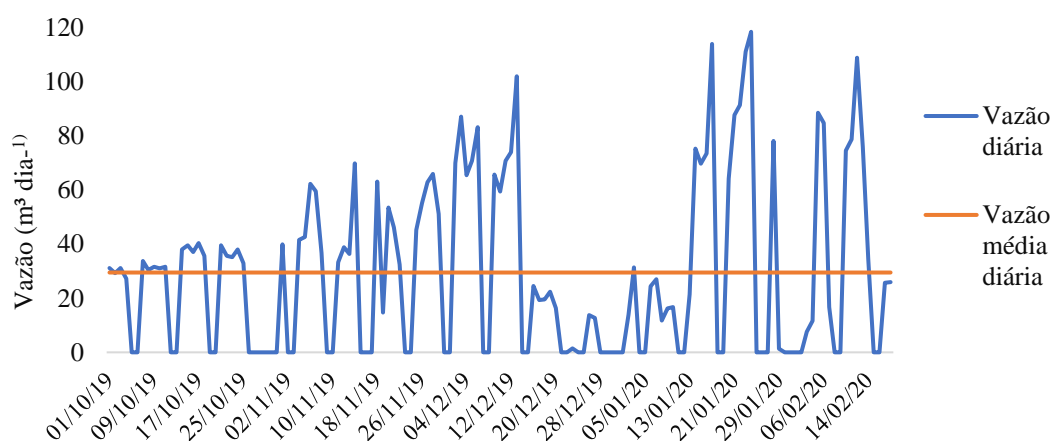
Os procedimentos de coleta e análises foram realizados conforme preconizados pelo APHA, AWWA e WEF (2012).

Com intuito de avaliar o desempenho dos sistemas de tratamento de efluentes da Mina de Águas Claras, os dados do monitoramento do afluente e efluentes foram analisados por meio de estudos de estatística descritiva relativas ao número de dados, média, valores máximos e mínimos e desvio padrão. Para análise e geração de gráficos dos dados, foi utilizado o software Microsoft Excel (2016).

As variáveis bem como as eficiências (parcial e global) foram comparadas com os valores máximos permitidos preconizados pela Deliberação Normativa COPAM/CERH 01/2008, relacionada aos padrões de lançamento de efluentes no estado de Minas Gerais.

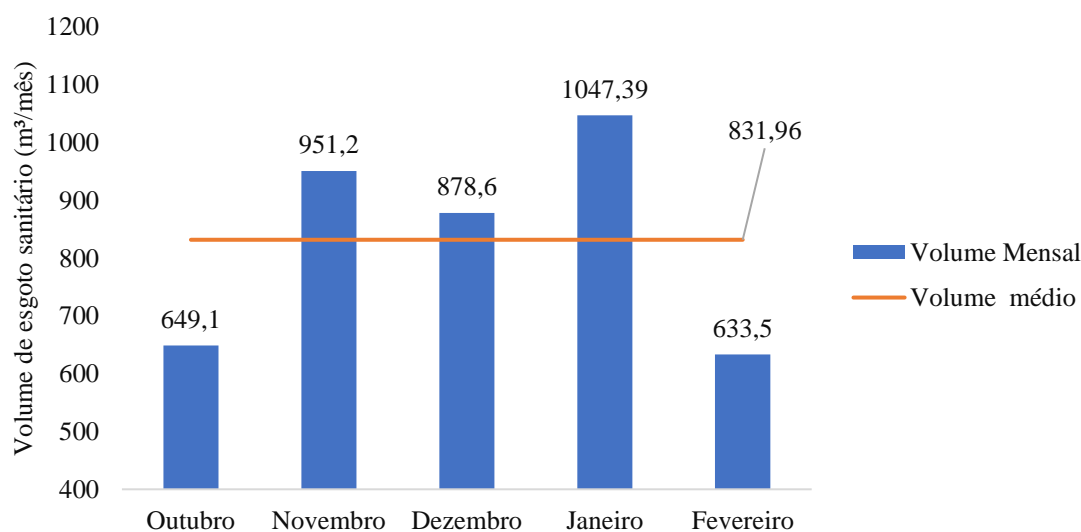
A seguir serão apresentados os dados de vazões afluentes e resultados de monitoramento da qualidade da água (Figuras 2 e 3 e Tabelas 5 e 6).

Figura 2 – Vazão média diária da geração de efluentes sanitários na Mina de Águas Claras.



Fonte: Do autor (2020).

Figura 3 – Volume mensal de efluente sanitário gerado na Mina de Águas Claras.



Fonte: Do autor (2020).

A vazão média diária afluyente foi equivalente $29,5 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, através de medidores de vazão com frequência diária, durante o período avaliado conforme exposto na Figura 2. A vazão média horária encontrada foi equivalente a $1,22 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, abaixo da vazão de projeto de $1,67 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, conforme indicado pela Tabela 2.

Com relação ao volume médio mensal, observa-se pela Figura 3 que o mês de fevereiro/2020 foi o mais baixo, com $633,5 \text{ m}^3$, bem próximo ao mês de outubro/2019 com $649,1 \text{ m}^3$, já o maior valor encontrado foi no mês de janeiro/2020 com $1.047,39 \text{ m}^3$, associado ao maior número de reuniões e visitas externas.

Observa-se que o volume médio mensal foi equivalente $831,9 \text{ m}^3$. Nos meses com volume mais baixos, pode estar associado ao número de dias (fevereiro), bem como parte dos funcionários estarem de férias, ou seja, menor quantidade de pessoas nos escritórios, diminuindo a geração de efluente, conforme pode ser observado também no mês de outubro.

A Tabela 5 apresenta a análise da estatística descritiva para as variáveis avaliadas em cada etapa de tratamento do efluente, bem como o efluente final.

Tabela 5 – Estatística descritiva das variáveis analisadas durante a pesquisa.

Parâmetro		EB	TS	WAHESS	WHESS
DBO (mg L ⁻¹)	Média	161,2	121,5	7,1	3,3
	Mínimo	52,0	40,8	3,0	3,0
	Máximo	264	228	16,4	5,5
	Desvio padrão	81,8	55,9	5,1	0,7
DQO (mg L ⁻¹)	Média	550,4	453,1	56,1	26,1
	Mínimo	203	286	19,2	5
	Máximo	106	555	124	45
	Desvio padrão	264,4	83,5	31	15,1
SST (mg L ⁻¹)	Média	139,9	79,3	13,4	5,0
	Mínimo	48,	26	5,0	5,0
	Máximo	390	118	86	5,0
	Desvio padrão	98,2	32,4	25,5	0
N-Amoniacal (mg L ⁻¹)	Média	66,9	173,1	83,3	57,1
	Mínimo	8,2	89,8	11,0	13,9
	Máximo	128	195	159	113
	Desvio padrão	39	32,6	51,1	35,6
Nitrito – N (mg L ⁻¹)	Média	1,7	1,8	8,4	3,4
	Mínimo	0,7	0,9	0,5	0,8
	Máximo	2,7	4,2	19,2	5,8
	Desvio padrão	0,6	1,1	6,4	1,7
Fósforo (mg L ⁻¹)	Média	15,2	15,3	13	11,7
	Mínimo	9,4	11,4	6,9	5
	Máximo	20	16,9	18,8	17,6
	Desvio padrão	3,2	1,6	3,3	4
Coliformes Termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)	Média	2x10 ⁵	2,4x10⁶	6,3x10 ⁴	3,5x10 ³
	Mínimo	3,6x10 ⁵	2,4x10 ⁶	1x10 ³	1x10 ³
	Máximo	2,4x10 ⁶	2,4x10 ⁶	7,2x10 ⁵	6,4x10 ⁴
	Desvio padrão	6,50x10 ⁵	0,0	2,67x10 ⁵	2,00x10 ⁴
pH	Média	8,2	8,1	7,8	7,7
	Mínimo	8,0	8,0	7,5	7,5
	Máximo	9,0	8,2	7,9	7,9
	Desvio padrão	0,28	0,08	0,13	0,14
Temperatura (°C)	Média	29,5	29,3	29,3	29,4
	Mínimo	23,0	23,0	23,0	23
	Máximo	32,0	32,0	32,0	32
	Desvio padrão	2,8	2,6	2,7	2,8
Turbidez (NTU)	Média	100,5	104,9	6,3	2,1
	Mínimo	59,6	57,5	1,1	0,9
	Máximo	142	129	12,8	5,7
	Desvio padrão	24,1	23,5	3,4	1,4
OD (mg L ⁻¹)	Média	0,6	0,9	2,2	2,2
	Mínimo	0,7	0,4	1,1	2
	Máximo	0,9	1,1	2,9	2,7
	Desvio padrão	0,2	0,2	0,6	0,2

Fonte: Do autor (2020).

Os resultados evidenciam que para a comparação entre os valores de entrada (efluente bruto) e saída (efluente tratado parcialmente em cada unidade e final), para a concentração das variáveis relativas à matéria orgânica (DQO e DBO), sólidos (SST), turbidez e coliformes termotolerantes, apresentaram valores expressivos de eficiência de remoção obtida pelo sistema (parcial e global).

Na etapa de tratamento no TS, observou-se que somente nas variáveis DBO, DQO e SST, houve redução, corroborando com Jordão e Pessoa (1995), de que os TS são concebidos para retenção de sólidos e degradação de parte da matéria orgânica. Dessa forma, existe a necessidade de tratamento complementar ao TS. Assim conforme os dados desta pesquisa, os *wetlands* atenderam satisfatoriamente esta complementação para as variáveis DBO, DQO e SST e adicionalmente a turbidez e os coliformes termotolerantes. Deve-se considerar que o pH e a temperatura sempre estiveram dentro das faixas estabelecidas pela legislação estadual ao longo do processo de tratamento de efluentes.

Tabela 62 - Eficiências médias de remoção de concentração (%) das variáveis no período avaliado.

Variáveis	TS	WAHESS	WHESS	Eficiência Global
DBO	24%	94%	53%	97%
DQO	17%	87%	53%	95%
SST	43%	83%	62%	96%
N-Amoniacal	0%	51%	31%	14%
Nitrato-N	0%	0%	58%	0%
Fósforo Total	0%	15%	9%	22%
Coliformes Termotolerantes	0%	97%	94%	99%
Turbidez	0%	93%	66%	97%

Fonte: Do autor (2020).

As eficiências médias para cada unidade de tratamento, eficiência parcial e eficiência global são descritas na Tabela 6. Pode-se constatar que todas as variáveis, à exceção de Nitrato-N, foram mais eficientes no WAHFSS, principalmente porque neste conjunto há oxigenação por meio dos sopradores de ar, no fundo do leito filtrante, por ser o primeiro sistema a receber o efluente provindo do TS, associado ao maior volume de armazenamento e profundidade do leito em relação a WHFSS (Tabela 4).

Pode-se constatar que todas as variáveis, à exceção de Nitrato-N, as remoções foram mais eficientes no WAHESS, principalmente porque neste ocorre a degradação

aeróbia, sabidamente mais eficiente no processo de degradação de poluentes, associado ao maior TDH em relação a WHESS (Quadro 10).

Com relação à eficiência global do sistema (Quadro 13), observa-se resultados satisfatórios em termos de remoção de matéria orgânica, alcançando remoção de DBO e DQO de 98% e 95%, respectivamente.

Para os nutrientes houve redução do N – amoniacal em 15% no efluente final, ressalta-se que a baixa eficiência global está associada ao aumento no Tanque séptico com incremento de N – amoniacal, podendo estar associado ao arraste de lodo do TS.

Com relação ao nitrato – N houve aumento da oferta em 105%, com destaque para o WAHESS, indicando que o oxigênio fornecido pelos sopradores de ar no interior do leito, favoreceu a nitrificação do efluente, e desnitrificação no WEHSS, fato também observado por Guimarães et al. (2000) e Sezerino et al. (1998) com aumento de 40% e 20% respectivamente. Em relação ao fósforo total, houve redução da ordem de 23%, no efluente final.

Em relação aos SST e turbidez, houve redução de 96% e 98% respectivamente, associados ao caráter de filtração e sedimentação dos leitos dos *wetlands*. Já para os coliformes houve 97,9% de redução ao longo do sistema.

Quanto ao OD, houve aumento de sua oferta ao longo do sistema de tratamento, em associação aos difusores de ar no leito do WAHESS, com incremento de 246% em relação ao tanque séptico, e ao decaimento da matéria orgânica ao longo do processo, reduzindo a demanda de OD para atividades de oxidação da matéria orgânica e pode estar associado ao processo de fotossíntese das plantas.

Observa-se que o TS foi o sistema que apresentou menor eficiência de remoção de DBO, DQO e SST (25%, 18% e 43%), por sua simplicidade de concepção construtiva e reduzida capacidade de remoção de poluentes, justificando a implantação do WAHESS e do WHESS como pós-tratamento. Conforme critérios de dimensionamento dos TS, os mesmos foram projetados para uma remoção de carga orgânica máxima de 35%.

3 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE TANQUES SÉPTICOS

Os tanques sépticos também conhecidos como fossa, são unidades de tratamento primária de esgotos, onde ocorre sedimentação dos sólidos e decomposição da matéria orgânica facultativamente ou anaerobicamente e são dimensionados a partir da Norma

ABNT NBR 7229/1993 (Projeto, construção e operação de tanques sépticos. Os cálculos de dimensionamento são apresentados a seguir.

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

Onde:

V= Volume útil em litros;

N= Número de pessoas ou unidades de contribuição;

C= Contribuição de despejos, em litros/pessoas x dia (Item 5.3 – Tabela 1 da norma ABNT NBR 7229/1993);

T= Período de detenção, em dia (Item 5.7 – Tabela 2 da norma ABNT NBR 7229/1993);

K = Taxa de acúmulo de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acúmulo de lodo fresco (Item 5.7 – Tabela 3 da norma ABNT NBR 7229/1993);

Lf= Contribuição de lodo fresco, em litros/pessoas x dia (Item 5.3 da norma ABNT NBR 7229/1993);

Os TS possuem baixa eficiência de remoção de poluentes, justificando o tratamento complementar. Dessa forma o sistema de *wetlands* pode atender satisfatoriamente.

4 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DOS WETLANDS CONSTRUÍDOS HORIZONTAIS

A principal etapa do pré-dimensionamento de *wetlands* construídos horizontais baseia-se na determinação da área superficial requerida, do número de unidades em paralelo e das dimensões das unidades, bem como à estimativa das concentrações efluentes. A seguir apresenta-se uma sequência simplificada de dimensionamento.

Os sistemas são dimensionados objetivando principalmente a remoção de matéria orgânica.

Inicialmente, é necessário estimar o valor da carga de DBO do esgoto bruto afluente ao sistema de tratamento. Esta carga é obtida por meio do produto da população contribuinte pela carga per capita de DBO. Posteriormente, estipula-se a eficiência de remoção de DBO na etapa de tratamento que precede ao *wetland* (Tanque séptico). Com

base na carga de DBO removida no tratamento prévio, calcula-se a carga de DBO afluente à etapa de *wetlands*.

Carga de DBO afluente ao sistema de tratamento de esgotos, pode ser obtida por meio da equação abaixo:

$$\text{Carga de DBO do esgoto bruto (g/d)} = \text{Carga per capita (g/hab.d)} \times \text{População (hab)}.$$

Carga de DBO afluente à etapa de *wetlands*, pode ser obtida pela equação abaixo:

$$\text{Carga de DBO afluente aos } \textit{wetlands} \text{ (g/d)} = \text{Carga de DBO do esgoto bruto (g/d)} \times (1 - \text{Eficiência de remoção do tratamento prévio(\%)/100}).$$

Para o cálculo da área superficial requerida utilizando a taxa de aplicação orgânica superficial, pode ser obtida por meio da equação abaixo:

$$\text{Área superficial requerida (m}^2\text{)} = \text{Carga de DBO afluente aos } \textit{wetlands} \text{ (g DBO/ d)} / \text{Taxa de aplicação orgânica superficial (g DBO/ m}^2\text{.d)}.$$

Com base na área superficial calculada, é possível obter o valor resultante para a taxa de aplicação hidráulica superficial, por meio da equação abaixo:

$$\text{Taxa de aplicação hidráulica superficial (m}^3\text{/ m}^2\text{.d)} = \text{Vazão média afluente aos } \textit{wetlands} \text{ (m}^3\text{/d)} / \text{Área superficial requerida (m}^2\text{)}.$$

Para determinar o comprimento e a largura da unidade de *wetland*, pode ser obtido por meio da equação abaixo, e que deve ser levado em conta a área disponível para instalação do *wetland*.

$$\begin{aligned} \text{Comprimento (m)} \times \text{Largura (m)} &= \text{Área da unidade (m}^2\text{)} \\ \text{Comprimento (m)} / \text{área (m}^2\text{)} &= \text{Relação comprimento/largura} \end{aligned}$$

Para determinar a profundidade útil e altura do meio filtrante em *wetlands horizontais*, especifica-se a profundidade útil do líquido e a altura total ocupada pelo meio filtrante.

Para determinar o volume útil ocupado pelo líquido é preciso considerar o índice de vazios do meio filtrante (porosidade). A porosidade é calculada pela granulometria

adotada para o material filtrante, e deve ser consultada na literatura. O volume útil é obtido pela equação abaixo:

$$\text{Volume útil do líquido (m}^3\text{)} = \text{comprimento (m)} \times \text{largura (m)} \times \text{Profundidade útil (m)} \times \text{Porosidade.}$$

O tempo de detenção hidráulica nos *wetlands* pode ser obtido por meio da equação a seguir:

$$\text{Tempo de detenção hidráulica (d)} = \text{Volume útil do líquido (m}^3\text{)} / \text{Vazão média (m}^3\text{/d)}$$

A velocidade escoamento do efluente pelo *wetland* pode ser determinada pela equação a seguir:

$$\text{Velocidade de escoamento (m/d)} = \text{Vazão (m}^3\text{/d)} / \text{área transversal (m}^2\text{)}.$$

Foram apresentados os principais critérios de dimensionamento de *wetlands* de escoamento horizontal, com tratamento prévio por tanques sépticos.

5 ORIENTAÇÕES

O público alvo deste trabalho são os profissionais, empresas, órgãos públicos, instituições de ensino e interessados, ligados à área de saneamento ambiental e tratamento de efluentes sanitários e industriais. Este produto serve de orientação e pilar para a instalação de sistemas de tratamento de efluentes com WC, na qual apresenta-se critérios de dimensionamento, tanto para tanques sépticos quanto para os WC, apresentando os resultados obtidos do sistema de tratamento de efluentes.

Os resultados deste trabalho demonstraram que os WC são uma boa alternativa para tratamento complementar de efluente de tanque séptico, e possibilitam enquadrar o lançamento de efluentes perante a legislação estadual vigente no estado de Minas Gerais (DN COPAM CERH 01/2008).

Espera-se com esse trabalho que outras empresas, concessionárias de saneamento e comunidade no geral adotem as variantes dos WC aqui apresentadas para tratamento dos diversos tipos de efluentes líquidos gerados. Deve-se ressaltar que as empresas,

concessionárias de saneamento e comunidades que venham a adotar esse tipo de sistema, necessitam de que o efluente bruto apresente as características semelhantes às do afluente em estudo. Em relação ao clima também é necessário avaliar, pois afeta diretamente a operação e desempenho do sistema, no que tange ao desenvolvimento das plantas, ação dos microrganismos, e reações físico-químicas. Dependendo do local, a melhor escolha da macrófita seria uma espécie regional, pois esta, estará mais adaptada e seu desenvolvimento será melhor.

Outro fator importante é o tempo de detenção hidráulica (TDH), que corresponde ao tempo que o efluente permanece dentro do sistema de tratamento. Dessa forma, o TDH, influencia diretamente na eficiência do sistema. Em geral, sistemas que visam à remoção de matéria orgânica e sólidos requerem menores TDH, já para remoção efetiva de nutrientes e coliformes é necessário operar o sistema com maiores TDH (USEPA, 2000).

Foram apresentados os critérios de dimensionamento de Tanques sépticos e *wetlands* de escoamento horizontal para tratamento de esgoto sanitário, mas antes de dimensionar algum sistema de tratamento, é preciso saber as características do esgoto a ser tratado, quais parâmetros a serem tratados, e a eficiência de remoção desses parâmetros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A operação do sistema de tratamento de efluentes composto por tanque séptico seguido de WAHESS e WHESS, permitiu concluir que, tal sistema demonstrou adequação do efluente sanitário gerado por funcionários de um escritório de uma mineradora aos padrões preconizados pela legislação ambiental vigente, quanto à remoção de matéria orgânica (DBO e DQO), sólidos suspensos totais e pH e temperatura.

A eficiência de remoção no WAHESS para DBO e DQO foi de 95% e 88% respectivamente, sólidos suspensos totais com 83%, turbidez com 94% e remoção de 97% para coliformes termotolerantes. Sendo que a eficiência global do sistema para todas essas variáveis permaneceu acima de 95%.

O pH tendeu à neutralidade dentro do sistema de tratamento atingindo o valor de 7,7 e a temperatura não sofreu grandes oscilações durante o período, seguindo a temperatura ambiente.

O oxigênio dissolvido, ao longo do processo, houve oferta, devido a estabilização da matéria orgânica, e o efluente final obteve concentrações equivalente a 2,21 mg L⁻¹.

Com relação aos nutrientes o fósforo total, foi o que apresentou maiores eficiências de remoção. Sendo no WAHESS 16% e ET 23%. O nitrogênio amoniacal apresentou 52% de remoção no WAHESS, porém ao final do processo o efluente final apresentou remoção de 15%. Para o nitrato houve aumento de concentração no final do efluente em 104% em relação ao efluente bruto, podendo estar associado ao TDH equivalente 1,49 dia no WAHESS e 0,64 dia no WHESS. Os nutrientes não possuem limite legal estabelecido pela legislação para o seu lançamento, mas ressalta-se que este efluente final, possui características vantajosas para aplicação na agricultura, como, por exemplo, a irrigação de jardins, conforme delimitado no projeto de tratamento de efluentes desta mineradora.

Observou-se nesta pesquisa que os wetlands construídos foram essenciais para o tratamento de efluentes, sendo o WAHESS o que apresentou maiores taxas de remoção dos poluentes, seguido do WHESS.

Conclui-se que o emprego de wetlands construídos para o tratamento de esgoto doméstico após tratamento por tanque séptico, foi eficiente, atingindo os valores exigidos pela legislação estadual vigente para lançamento de efluentes no estado de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Atlas Esgotos: Despoluição das Bacias Hidrográficas**. 97 p. 2017.

DE PAOLI, A. C. **Análise de desempenho e comportamento de wetlands horizontais de fluxo subsuperficial baseado em modelos hidráulicos e cinéticos**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em saneamento, meio e recursos hídricos) Universidade Federal de Minas Gerais, 165 p. 2010.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**, Rio de Janeiro, ABES, 1995

KÖPPEN, W. **Climatologia**. Con un estudio de los climas de la tierra. México, FCE, 478 p. 1948.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 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. **Diário Oficial de Minas Gerais**. 05 de maio, 2008.

MONTEIRO, R. C. M. **Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo “wetlands” para tratamento de água cinza visando reuso não potável**. 2009. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo/SP, 2009.

PAULINO, W. D.; TEIXEIRA, F. J. C.. A questão ambiental e a qualidade da água nas bacias hidrográficas do Nordeste. In: ANA – Agência Nacional de Águas. **A Questão da Água no Nordeste/ Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas**. – Brasília, DF: CGEE, 2012.

PELLISSARI, C. **Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura de leite empregando wetlands construídos de escoamento superficial**. 2013. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SALARO JUNIOR, R. **Avaliação da eficiência de sistema fito-pedológico (wetlands) na depuração de efluentes domésticos gerado em pequena comunidade**. 2008. 156f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2008.

SEZERINO, P. H. **Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (Constructed Wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 166p; 2006.

STANDARD, methods for examination of water and wastewater, 22ª Edição, Washington: **APHA**, 1360 p. 2012.

ROTARIA. **Estação de tratamento de esgotos – VALE MAC**. Projeto AS-BUILT – Memorial descritivo e de cálculo – MDAB-ARQ-17083-00. Nova Lima – Minas Gerais. 30 p. 2017.

USEPA – **UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY**. Constructed *wetlands* treatment of municipal wastewater. Enviromental Agency Protection. 2000.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgoto: Princípio do tratamento biológico de águas residuárias**. 4ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 452 p. 2014.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Resultados analíticos e eficiência de remoção em cada unidade de tratamento, para os parâmetros DBO/DQO.

Parâmetro	Data	EB	TS	WAHFSS	WHFSS	TS	WAHFSS	WHFSS	ET
DBO (mg/L)	03/10/2019	52	104	4,1	3	-	96,06%	26,83%	94,23%
	17/10/2019	218	137	16,4	3	37,16%	88,03%	81,71%	98,62%
	06/11/2019	72	134	6	3	-	95,52%	50,00%	95,83%
	19/11/2019	66,7	80,9	3	3	-	96,29%	0,00%	95,50%
	04/12/2019	155	125	16,2	5,5	19,35%	87,04%	66,05%	96,45%
	19/12/2019	264	228	9,2	3,4	13,64%	95,96%	63,04%	98,71%
	07/01/2020	137	95	6,3	3,3	30,66%	93,37%	47,62%	97,59%
	28/01/2020	143	40,8	3	3	71,47%	92,65%	0,00%	97,90%
	04/02/2020	260	194	3	3	25,38%	98,45%	0,00%	98,85%
	18/02/2020	245	76,9	4,7	3	68,61%	93,89%	36,17%	98,78%
DQO (mg/L)	03/10/2019	876	424	46,5	5	51,60%	89,03%	89,25%	99,43%
	17/10/2019	487	446	54,7	16,4	8,42%	87,74%	70,02%	96,63%
	06/11/2019	203	555	49,2	45	-	91,14%	8,54%	77,83%
	19/11/2019	370	476	52	21,3	-	89,08%	59,04%	94,24%
	04/12/2019	389	496	124	41,7	-	75,00%	66,37%	89,28%
	19/12/2019	1060	514	44,6	17,1	51,51%	91,32%	61,66%	98,39%
	07/01/2020	351	535	93,5	41,1	-	82,52%	56,04%	88,29%
	28/01/2020	456	286	24,2	15,3	37,28%	91,54%	36,78%	96,64%
	04/02/2020	588	450	19,2	14,1	23,47%	95,73%	26,56%	97,60%
	18/02/2020	724	349	53,5	44,2	51,80%	84,67%	17,38%	93,90%

Fonte: Do autor (2020).

Lucas de Albuquerque Martins
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

SISTEMA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTE SANITÁRIO PELA
ASSOCIAÇÃO DE TANQUE SÉPTICO
E WETLANDS CONSTRUÍDOS

APÊNDICE B - Resultados analíticos e eficiência de remoção em cada unidade de tratamento, para os parâmetros SST/Turbidez.

Parâmetro	Data	EB	TS	WAHFSS	WHFSS	TS	WAHFSS	WHFSS	ET
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	03/10/2019	200	66	86	5	67,00%	-	94,19%	97,50%
	17/10/2019	100	118	5	5	-	95,76%	0,00%	95,00%
	06/11/2019	131	112	5	5	14,50%	95,54%	0,00%	96,18%
	19/11/2019	107	113	5	5	-	95,58%	0,00%	95,33%
	04/12/2019	79	111	8	5	-	92,79%	37,50%	93,67%
	19/12/2019	88	54	5	5	38,64%	90,74%	0,00%	94,32%
	07/01/2020	390	80	5	5	79,49%	93,75%	0,00%	98,72%
	28/01/2020	48	26	5	5	45,83%	80,77%	0,00%	89,58%
	04/02/2020	90	62	5	5	31,11%	91,94%	0,00%	94,44%
	18/02/2020	166	51	5	5	69,28%	90,20%	0,00%	96,99%
Turbidez (NTU)	03/10/2019	99,8	127	10,5	2,65	-	91,73%	74,76%	97,34%
	17/10/2019	78,7	129	12,8	5,74	-	90,08%	55,16%	92,71%
	06/11/2019	102,1	114	3,01	2,03	-	97,36%	32,56%	98,01%
	19/11/2019	80,3	105	6,66	3,08	-	93,66%	53,75%	96,16%
	04/12/2019	122	110	6,18	0,9	9,84%	94,38%	85,44%	99,26%
	19/12/2019	102	129	7,33	1,9	-	94,32%	74,08%	98,14%
	07/01/2020	122,3	109	6,86	1,036	10,87%	93,71%	84,90%	99,15%
	28/01/2020	59,6	57,5	3,09	1,13	3,52%	94,63%	63,43%	98,10%
	04/02/2020	96,7	92,3	1,13	1,12	4,55%	98,78%	0,88%	98,84%
	18/02/2020	142	76,7	6,29	1,56	45,99%	91,80%	75,20%	98,90%

Fonte: Do autor (2020).

Lucas de Albuquerque Martins
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

SISTEMA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTE SANITÁRIO PELA
ASSOCIAÇÃO DE TANQUE SÉPTICO
E WETLANDS CONSTRUÍDOS

APÊNDICE C - Resultados analíticos para os parâmetros Temperatura e pH.

Parâmetro	Data	EB	TS	WAHFSS	WHFSS
pH	03/10/2019	8,39	8,21	7,63	7,72
	17/10/2019	8,26	8,18	7,75	7,57
	06/11/2019	8,12	8,01	7,95	7,85
	19/11/2019	8,21	8,18	7,84	7,57
	04/12/2019	8,01	8,12	7,86	7,83
	19/12/2019	9,03	8,11	7,67	7,53
	07/01/2020	8,21	8,03	7,93	7,93
	28/01/2020	8,34	8,12	7,91	7,72
	04/02/2020	8,19	8,09	7,69	7,56
	18/02/2020	8,37	8,25	7,58	7,72
Temperatura (°C)	03/10/2019	32	31	31	32
	17/10/2019	32	32	32	32
	06/11/2019	31	31	32	32
	19/11/2019	23	23	23	23
	04/12/2019	30	30	30	30
	19/12/2019	27	27	27	27
	07/01/2020	31	30	31	30
	28/01/2020	28	28	28	28
	04/02/2020	31	30	29	30
	18/02/2020	30	31	30	30

Fonte: Do autor (2020).

Lucas de Albuquerque Martins
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

SISTEMA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTE SANITÁRIO PELA
ASSOCIAÇÃO DE TANQUE SÉPTICO
E WETLANDS CONSTRUÍDOS

APÊNDICE D - Resultados analíticos e eficiência de remoção em cada unidade de tratamento, para o parâmetro Coliformes Termotolerantes.

Parâmetro	Data	EB	TS	WAHFSS	WHFSS	TS	WAHFSS	WHFSS	ET
Coliformes Termotolerantes (E. coli) (NMP/100ml mL)	03/10/2019	2420000	2420000	16100	23100	0,00%	99,33%	-	99,05%
	17/10/2019	2420000	2420000	689300	1000	0,00%	71,52%	99,85%	99,96%
	06/11/2019	365400	2420000	139600	1000	-	94,23%	99,28%	99,73%
	19/11/2019	2420000	2420000	151500	1000	0,00%	93,74%	99,34%	99,96%
	04/12/2019	2420000	2420000	172300	7500	0,00%	92,88%	95,65%	99,69%
	19/12/2019	2420000	2420000	290900	64400	0,00%	87,98%	77,86%	97,34%
	07/01/2020	2420000	2420000	122300	3100	0,00%	94,95%	97,47%	99,87%
	28/01/2020	2420000	2420000	1000	2000	0,00%	99,96%	0,00%	99,92%
	04/02/2020	2420000	2420000	1000	1000	0,00%	99,96%	0,00%	99,96%
18/02/2020	2420000	2420000	727000	5200	0,00%	69,96%	99,28%	99,79%	

Fonte: Do autor (2020).

APÊNDICE E - Resultados analíticos para o parâmetro Oxigênio Dissolvido.

Parâmetro	Data	EB	TS	WAHFSS	WHFSS
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	03/10/2019	0,41	0,97	1,97	2,08
	17/10/2019	0,74	1,03	2,04	2,09
	06/11/2019	0,86	1,14	2,56	2,33
	19/11/2019	0,81	0,95	2,94	2,79
	04/12/2019	0,95	1,16	2,49	2,44
	19/12/2019	0,75	0,89	1,53	2,08
	07/01/2020	0,78	0,83	1,94	2,12
	28/01/2020	0,21	0,46	1,14	2,07
	04/02/2020	0,63	0,81	1,66	2,09
18/02/2020	0,61	0,75	1,13	2,03	

Fonte: Do autor (2020).

Lucas de Albuquerque Martins
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

SISTEMA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTE SANITÁRIO PELA
ASSOCIAÇÃO DE TANQUE SÉPTICO
E WETLANDS CONSTRUÍDOS

APÊNDICE F - Resultados analíticos e eficiência em % para os parâmetros Nitrogênio Amoniacal, Nitrato e Fósforo Total.

Parâmetro	Data	EB	TS	WAHFSS	WHFSS	TS	WAHFSS	WHFSS	ET
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	03/10/2019	8,22	175	159	112	-	9,14%	29,56%	-
	17/10/2019	52,4	183	11	78,2	-	93,99%	-	-
	06/11/2019	60,1	192	135	14,6	-	29,69%	89,19%	75,71%
	19/11/2019	111	190	89,6	51,7	-	52,84%	42,30%	53,42%
	04/12/2019	128	180	100	67,6	-	44,44%	32,40%	47,19%
	19/12/2019	60,8	185	138	113	-	25,41%	18,12%	-
	07/01/2020	23,7	195	56	28,9	-	71,28%	48,39%	-
	28/01/2020	47,4	89,8	45,8	43,3	-	49,00%	5,46%	8,65%
	04/02/2020	66,3	146	16,7	13,9	-	88,56%	16,77%	79,03%
	18/02/2020	112	195	82,4	48,5	-	57,74%	41,14%	56,70%
Nitrato-N (mg/L)	03/10/2019	1,38	0,94	5,29	4,15	31,88%	-	21,55%	-
	17/10/2019	1,44	1,32	4,8	4,28	8,33%	-	10,83%	-
	06/11/2019	1,22	1,02	1,74	3,44	16,39%	-	-	-
	19/11/2019	0,78	3,58	19,2	5,22	-	-	72,81%	-
	04/12/2019	2,02	4,24	0,5	3,38	-	88,21%	-	-
	19/12/2019	1,42	1,38	4,16	4,91	2,82%	-	-	-
	07/01/2020	2,78	1,2	5,88	0,88	56,83%	-	85,03%	68,35%
	28/01/2020	1,09	1,16	15,9	1,24	-	-	92,20%	-
	04/02/2020	2,75	2,11	15	1,55	23,27%	-	89,67%	43,64%
	18/02/2020	2,16	1,34	11,2	5,83	37,96%	-	47,95%	-
Fósforo Total (mg/L)	03/10/2019	12,8	15,6	16,8	17,3	-	-	-	-
	17/10/2019	16,9	14,7	18,8	17,6	13,02%	-	6,38%	-
	06/11/2019	16,3	16,8	13,4	15	-	20,24%	-	7,98%
	19/11/2019	14,5	15	11,8	12,1	-	21,33%	-	16,55%
	04/12/2019	11,7	16	13,2	12,1	-	17,50%	8,33%	-
	19/12/2019	15,5	16,7	12,4	11,5	-	25,75%	7,26%	25,81%
	07/01/2020	9,46	14,9	14,5	9,96	-	2,68%	31,31%	-
	28/01/2020	16,5	11,4	10,1	7,58	30,91%	11,40%	24,95%	54,06%
	04/02/2020	20	15,9	6,95	5,03	20,50%	56,29%	27,63%	74,85%
	18/02/2020	18,6	16,9	12	9,22	9,14%	28,99%	23,17%	50,43%

Fonte: Do autor (2020).

Lucas de Albuquerque Martins
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

SISTEMA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTE SANITÁRIO PELA
ASSOCIAÇÃO DE TANQUE SÉPTICO
E WETLANDS CONSTRUÍDOS

 MESTRADO PROFISSIONAL
**SUSTENTABILIDADE EM
RECURSOS HÍDRICOS**

UninCór
Universidade Vale do Rio Verde