

CAPÍTULO 3

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA A SEDE DO PARQUE ESTADUAL DO TAINHAS: WETLANDS CONSTRUÍDOS NO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Fabiana Angela Girotto Boff

Daniel Brinckmann Teixeira

RESUMO: O presente trabalho apresenta e dimensiona a Solução Baseada na Natureza (SBN) denominada Wetlands Construídos (WC), como sistema sanitário para tratamento dos esgotos domésticos gerados na residência sede do Parque Estadual do Tainhas (PET). O PET é uma Unidade de Conservação (UC), com área de 6000ha, localizada na zona rural dos municípios de Jaquirana, São Francisco de Paula e Cambará do Sul no estado do Rio Grande do Sul (RS), Brasil. A UC é gerida pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA) do estado do RS. No PET existe uma residência unifamiliar com 497m² utilizada pela SEMA como apoio para atividades no parque. A residência conta com 42 leitos distribuídos em 10 dormitórios servindo de alojamento para essas atividades. O sistema está projetado para atender 73 pessoas com contribuições unitárias relativas a padrão de geração baixo (50L.d⁻¹ e 25gDBO5.d⁻¹), somando 3650 L.d⁻¹ (ou \approx 4m³.d⁻¹) de esgoto com taxa orgânica total de 1825 gDBO.d⁻¹. O tratamento do esgoto doméstico oriundo da residência foi dimensionado considerando as normas brasileiras (NBR's) vigentes a

época do desenvolvimento do trabalho, sendo elas: NBR's nº 8160/1999 (tratamento preliminar – caixa de gordura), nº 7229/1993 (tratamento primário – fossa séptica) e nº 13969/1997 (tratamento secundário – filtro anaeróbio). No dimensionamento do sistema de tratamento terciário com WC foi utilizado o boletim extraordinário publicado pelo grupo Wetlands Brasil em 2018. Cabe salientar que, em abril de 2024, foi publicada nova NBR (nº 17076/2024) que versa sobre dimensionamento de sistemas de tratamento preliminar, primário, secundário e terciário. Enquanto perspectiva futura, pretende-se reunir materiais e mão-de-obra necessários para construção do sistema sanitário no PET. Após isso, inicia-se a etapa de monitoramento ambiental para avaliação da performance do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Wetlands Construídos; tratamento de esgoto doméstico; residência unifamiliar;

NATURE-BASED SOLUTIONS
FOR THE TAINHAS STATE PARK
HEADQUARTERS: CONSTRUCTED
WETLANDS FOR DOMESTIC
SEWAGE TREATMENT

ABSTRACT: This paper presents and evaluates the Nature-Based Solution (NBS) called Constructed Wetlands (WC), as a sanitary system for treating domestic sewage

generated in the residence of the Tainhas State Park (PET). The PET is a Conservation Unit (UC), with an area of 6000ha, located in the rural area of the municipalities of Jaquirana, São Francisco de Paula and Cambará do Sul in the state of Rio Grande do Sul (RS), Brazil. The UC is managed by the State Secretariat of Environment and Infrastructure (SEMA) of the state of RS. In the PET there is a single-family residence with 497m² used by SEMA as support for activities in the park. The residence has 42 beds distributed in 10 dormitories serving as accommodation for these activities. The system is designed to serve 73 people with unitary contributions relative to a low generation standard (50 L.d-1 and 25 gDBO5.d-1), totaling 3650 L.d-1 (or \approx 4 m³.d-1) of sewage with a total organic rate of 1825 gDBO.d-1. The treatment of domestic sewage from the residence was dimensioned considering the Brazilian standards (NBR's) in force at the time of the development of the work, namely: NBR's nº 8160/1999 (preliminary treatment - grease trap), nº 7229/1993 (primary treatment - septic tank) and nº 13969/1997 (secondary treatment - anaerobic filter). The extraordinary bulletin published by the Wetlands Brasil group in 2018 was used to design the tertiary treatment system with WC. It is worth noting that, in April 2024, a new NBR (nº 17076/2024) was published, which deals with the design of preliminary, primary, secondary and tertiary treatment systems. As a future perspective, the aim is to gather the materials and labor necessary for the construction of the sanitary system in PET. After this, the environmental monitoring stage begins to evaluate the system's performance.

KEYWORDS: Constructed wetlands; domestic sewage treatment; single-family residence;

INTRODUÇÃO

A disposição não controlada de esgotos no solo é causa de doenças adquiridas pelo contato das mãos, dos pés ou de outras partes do corpo, com o local contaminado. Os dejetos humanos são veículos transmissores de patogênicos de diferentes doenças, entre as quais: febre tifoide e paratifoide, diarréias infecciosas, amebíase, ancilostomíase, esquistossomose, teníase, ascaridíase, etc. Por isso, torna-se indispensável afastar as possibilidades de seu contato com o homem (FUNASA, 2020).

A disposição adequada dos esgotos é essencial para a proteção da saúde pública pois os esgotos sem tratamento contaminam a água, os alimentos e o solo. Outra importante razão para gerenciar corretamente os esgotos é a preservação do meio ambiente sendo que, o seu tratamento, é indispensável a manutenção da qualidade de vida e ambiental (BRAGA, 2005).

As principais fontes geradoras de esgotos sanitários, em uma comunidade (urbana/rural) são, basicamente, as edificações existentes nas áreas com suas instalações de sanitários, cozinhas, lavanderias e refeitórios. Muito se avançou no quesito engenharia e tecnologia para levar saneamento básico até essas populações, promovendo o desenvolvimento sustentável (DUBOIS, et al., 2022).

Existe grande preocupação em relação ao grau de tratamento e ao destino final dos esgotos, suas consequências sobre o meio ambiente, sobre a qualidade das águas e seus usos benéficos. Este é um assunto que chama a atenção de engenheiros, especialistas, técnicos e organizações ambientalistas (JORDÃO, 2005).

No meio rural, estima-se que apenas 9% da população rural em todo o mundo está conectado a sistemas de esgotos (KIPNIS, 2020) e que 2,3 bilhões de pessoas não têm acesso aos sistemas de saneamento básico. Uma das alternativas que surgem, a partir da crescente preocupação com essa situação são chamadas de “Soluções Baseadas na Natureza” (SBN) e definidas pela União Internacional Conservação da Natureza (2016) como “ações para proteger, gerenciar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados, que abordam os desafios sociais de forma eficaz e adaptativa, proporcionando simultaneamente benefícios ao bem-estar humano e à biodiversidade” (SHIAO, 2020).

Em relação ao tratamento de esgotos, existe a ecotecnologia denominada de Wetlands Construídos (WC), como exemplo de SBN capaz de tratar esgotos de maneira eficaz auxiliando na universalização do saneamento básico. Os WC são sistemas de engenharia projetados para utilizar os processos naturais que envolvem a vegetação, o solo e suas populações microbianas associadas ao tratamento de águas residuárias. Tais sistemas são dimensionados para obter as vantagens dos processos que ocorrem em zonas úmidas naturais, porém, fazendo com que ocorram em um ambiente controlado (WALZBURIECH et al., 2019).

Os custos de implantação desse sistema são relativamente maiores que sistemas tradicionais pois variam de acordo com as condições locais e podem ser influenciados por diversos fatores como: valor da área, transporte do material que compõe, custos de materiais e mão-de-obra, instalação e das mudas (macrófitas). Comparado com tecnologias de eficiência similar, os custos de operação de qualquer tipo de WC são muito mais econômicos e as medidas de operação são muito mais simples (ROTÁRIA DO BRASIL, 2019).

O PET trata-se de uma Unidade de Conservação (UC) criada com o objetivo de proteger os campos e as matas presentes no vale do rio Tainhas, no trecho situado entre os arroios Taperinha e do Junco. O parque abriga matas com araucária, campos e banhados. Ocorre predomínio de áreas campestres (Plano de Manejo do Parque Estadual do Tainhas, 2008). O trabalho se propõe a dimensionar o sistema sanitário completo (preliminar, primário, secundário, terciário e disposição final) para tratamento dos esgotos domésticos gerados no PET, contribuindo de forma determinante para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em particular o de número 6: água potável e saneamento.

ESGOTO DOMÉSTICO E TRATAMENTO

O esgoto é o termo usado para caracterizar os despejos provenientes dos diversos usos da água, como o doméstico, comercial, industrial, agrícola, em estabelecimentos públicos e outros. Perante a NBR nº 7229/1997, esgoto doméstico é a água residuária gerada no conjunto de atividades de higiene pessoal, limpeza das residências, lavagem de roupas, preparo de alimentos e demais utilidades necessárias a rotina diária de uma moradia.

A matéria orgânica, encontrada nos esgotos domésticos, é um dos principais poluentes de corpos d'água através do consumo de Oxigênio Dissolvido (OD) pelos organismos nos seus processos metabólicos de degradação. (CHERNICHARO, 2008).

A introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta indiretamente no

consumo de oxigênio dissolvido e tem sido utilizado tradicionalmente para a determinação do grau de poluição e de autodepuração em cursos d'água. Em relação as características biológicas apresentadas pelo esgoto doméstico destacam-se os microorganismos de águas residuais como, por exemplo, os fungos, os protozoários, os vírus e as algas. A esse grupo e não menos importante somam-se as bactérias que são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza como nas estações de tratamento, especialmente em sistemas de SBNs, como os WC (WANG et al., 2022).

TIPOS DE WETLANDS CONSTRUÍDOS

Os WC também denominados de “alagados construídos”, “banhados construídos” ou “jardins filtrantes”, podem ser definidos como sistemas de engenharia projetados e construídos para utilizar processos naturais envolvidos com vegetação de banhados, solos e as comunidades microbianas, auxiliando no tratamento de águas residuárias de forma controlada e visando potencializar os mecanismos naturais de remoção de poluentes disponíveis (VYMAZAL, 2010; COLARES et al., 2023). A seguir são apresentados os principais tipos de WC existentes: horizontal, vertical e francês.

Wetland Construído de Escoamento Horizontal e Fluxo Subsuperficial (WCHFSS): o efluente a ser recebido provém de um tratamento primário a montante. O escoamento ocorre de forma horizontal na seção longitudinal pelo meio do material filtrante e, após percorrer todo o sistema, é captado por um cano em direção à disposição final. (VON-SPERLING E SEZERINO, 2018).

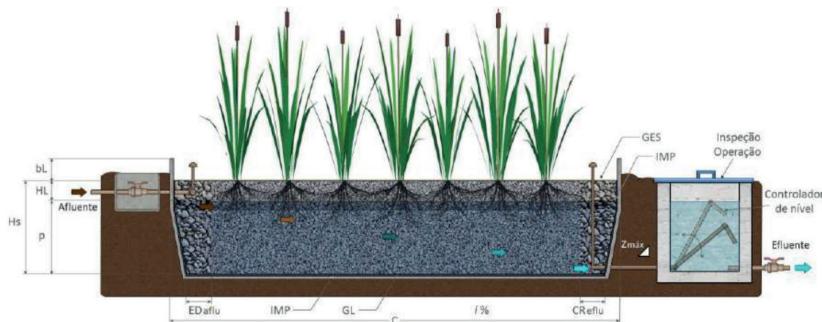


Figura 1 - Wetland Construído de Escoamento Horizontal e Fluxo Subsuperficial (WCHFSS).

Fonte: (SEZERINO et. Al., 2018).

Wetland Construído de Escoamento Vertical e Fluxo Subsuperficial (WCVFSS): o esgoto a ser recebido, provém de um tratamento primário a montante, é distribuído uniformemente sob toda a superfície do sistema. Escoa lentamente para o fundo onde, na base, há um coletor que conduz a água para disposição final. (VON-SPERLING e SEZERINO, 2018).

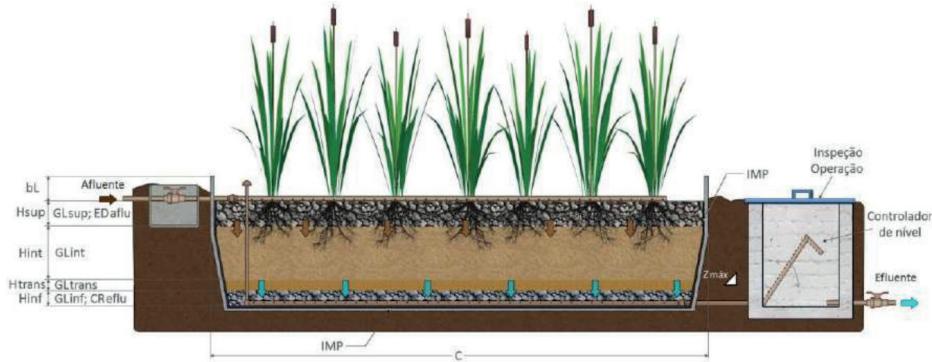


Figura 2 - Wetland Construído de Escoamento Vertical e Fluxo Subsuperficial (WCVFSS)

Fonte: (SEZERINO et. Al., 2018).

Wetland Construído Sistema Francês (WC Francês): composto de dois estágios, o primeiro estágio recebe esgoto bruto (após gradeamento), e o segundo recebe esgoto tratado do primeiro. Ambos estágios possuem em sua composição base, unidades em parelho, operando por ciclos, a primeira com 3 unidades, uma para alimentação e duas para descanso, já o segundo, possui duas, uma para alimentação e uma para descanso, após determinado tempo elas invertem seus usos. Seu funcionamento é por distribuição na superfície e escoamento vertical (VON-SPERLING E SEZERINO, 2018).

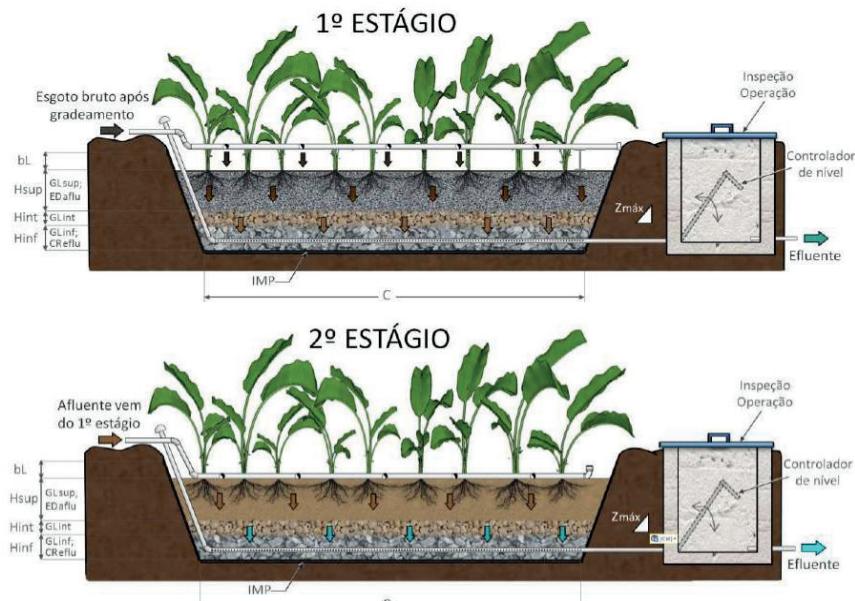


Figura 3 - Wetland Construído Sistema Francês (WC Francês).

Fonte: (SEZERINO et. Al., 2018).

A Tabela 1 compara as eficiências esperadas de cada um dos tipos de WC apresentados anteriormente.

Eficiência de remoção estimada na etapa a montante do WC

Parâmetros físico químicos	Após trat. 1º	Após trat. 2º (baixa eficiência)				
DBO	25 a 35%	60 a 75%				
DQO	20 a 30%	55 a 70%				

Eficiência de remoção estimada no sistema como um todo

Parâmetros físico químicos	WCHFSS		WCVFSS		WC Francês	
	Após trat. 1º	Após trat. 2º (baixa eficiência)	Após trat. 1º	Após trat. 2º (baixa eficiência)	1º estágio	Global (1º e 2º)
DBO	> 85%	> 90%	> 85%	> 90%	> 80%	> 90%
DQO	> 80%	> 85%	> 80%	> 85%	> 75%	> 85%
SS(T)	> 85%	> 90%	> 85%	> 90%	> 80%	> 90%
N Ammoniacal	< 40%	< 40%	> 85%	> 90%	> 50%	> 80%
N Total	< 50%	< 50%	< 40%	< 40%	< 40%	< 50%
Fósforo total	< 20%	< 20%	< 20%	< 20%	< 20%	< 30%
Coliformes termotolerantes	1 a 3 un. Log	1 a 3 un. Log	1 a 2 un. Log	1 a 2 un. Log	1 a 2 un. Log	1 a 2 un. Log

Tabela 1 - Faixas esperadas de desempenho considerando os tipos de tratamento.

Fonte: Adaptado de SEZERINO *et. Al.*, 2018.

WC são sistemas descentralizados de saneamento e têm chamado a atenção por vantagens como flexibilidade de expansão de capacidade e eliminação do transporte do esgoto a ser tratado por longas distâncias (LEIGH e LEE, 2019). Outros autores apontam, ainda, como fatores favoráveis: baixo custo, baixo impacto ambiental, disponibilidade local de materiais construtivos, eficiência no cumprimento dos padrões ambientais vigentes e operação simplificada. Essas são algumas das vantagens que podem levar a uma aplicação mais ampla de sistemas de WC (LARSEN *et al.*, 2009).

DESCRÍÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A residência sede do PET está localizada próximo ao Rio Tainhas, distante 640 metros ao norte do “Passo do ‘S’”. A residência conta com área total de 497m² (Figura 4).



Figura 4: Residência - A) Acesso; B) Banheiro; C) Cozinha; e D) Dormitório.

Fonte: Autora, 2023.

A residência possui 10 dormitórios (97m² de área para alojamento) somando 42 leitos, e ocupação máxima de 73 pessoas. A Tabela 2 apresenta as áreas de cada cômodo que compõe a residência.

Nº	Ambiente	Área (m ²)	Nº	Ambiente	Área (m ²)
1	Sala Multiuso	112,40	15	Sanitário 2	4,30
2	Depósito 1	85,70	16	Área de serviço / apoio	7,45
3	Churrasqueira	17,60	17	Antessala	20,00
4	Depósito 2	11,70	18	Dormitório 3 (2 leitos)	10,30
5	Depósito 3	8,90	19	Dormitório 4 (4 leitos)	6,85
6	Sala	14,07	20	Dormitório 5 (5 leitos)	9,30
7	Dormitório 1 (6 leitos)	15,45	21	Dormitório 6 (4 leitos)	8,10
8	Hall	10,70	22	Sanitário 3	5,70
9	Copa	7,15	23	Dormitório 7 (3 leitos)	6,50
10	Sala Reuniões	28,00	24	Hall / antessala	9,40
11	Escritório	11,50	25	Dormitório 8 (3 leitos)	6,50
12	Dormitório (4 leitos)	10,60	26	Dormitório 9 (7 leitos)	11,80
13	Sanitário 1	8,15	27	Dormitório 10 (4 leitos)	10,80
14	Cozinha	29,75	28	Varanda	7,80

Tabela 2 – Descrição de área correspondente a cada cômodo da residência.

Fonte: Autora, 2023.

A Figura 5 ilustra a planta baixa da residência sede do PET.

Figura 4 - Planta Baixa: Sede Parque Estadual do Tainhas _ Escala 1/250



Figura 5 – Planta Baixa da sede do PET na escala 1/250

Fonte: Autora, 2023.

As instalações da residência servem de apoio às atividades de pesquisa, conservação, fiscalização ambiental e ações de manejo da SEMA. Também recebe acadêmicos e pesquisadores que desenvolvem estudos na área do PET.

DADOS PARA O DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento do número de habitantes a serem atendidos pelo sistema de tratamento considerou a lotação máxima de 73 pessoas. Pois, além do número de leitos existentes (42), o local possui capacidade de acomodar mais pessoas para atividades nas salas multiuso, o que configura contribuição diária de esgoto.

O dimensionamento do sistema projeta atender 73 pessoas com contribuições unitárias relativas a padrão de geração baixo (50L.d^{-1} e 25gDBO5.d^{-1}), somando 3650 L.d^{-1} (ou $\approx 4\text{m}^3.\text{d}^{-1}$) de esgoto com taxa orgânica total de 1825 gDBO.d^{-1} . O sistema primário e secundário considera tempo de limpeza anual, apresentando as seguintes constantes: taxa de acumulação de lodo ($k=94$); contribuição de lodo fresco ($L_f=0,2$) e tempo de detenção hidráulica ($tdh=0,83\text{d}$).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, apresenta-se a Tabela 3 com o detalhamento do memorial descritivo dos cálculos utilizados, indicando as dimensões (em volume e/ou área) dos elementos constituintes de cada nível do sistema sanitário (caixa de gordura, fossa séptica, filtro anaeróbio, WC e vala de infiltração).

Nível tratamento	Elemento constituinte	Cálculo utilizado	Resultado
Preliminar	Caixa de gordura	$V=2N+20$	$V=166L$ (NBR recomenda o dobro) $V=332L$
Primário	Fossa Séptica	$V=1000+N(C.T+K.L)$	$V= 5402 L$ ou $5,5m^3$
Secundário	Filtro Anaeróbico	$V_u=1,6.N.C.T$	$V_u=4847L$ ou $4,8m^3$
Terciário	Carga (esgoto bruto) DBO	$C=Carga\ per\ capita\ x\ População$	$C=1825gDBO.d$
	DBO efluente	$Carga_{DBOeffu.}=1.825g/\ DBO.D\ x\ [1-75\%]$	$Carga_{DBOeffu.}=456,25\ gDBO.d$
	Área superficial pela taxa de aplicação orgânica	$A=456gDBO/d\ 20gDBO/\ m^2.d$	$A=22,81m^2$
	Taxa de aplicação hidráulica	$T_{resul.}=\frac{4m^3/d}{0,175m^3\cdot m^2\cdot d^{-1}}=22,80m^2$	$T_{resul.}=0,175m^3\cdot m^2\cdot d^{-1}$
	Área superficial pela taxa de aplicação hidráulica	$A_{super.\ requer.}=\frac{4m^3/d}{0,175m^3\cdot m^2\cdot d^{-1}}$	$A_{super.\ requer.}=22,85m^2\ (m^3.d) /$
	Área recomendada + segurança	$A = 22,8 + 10\%$	$A \approx 25m^2$
Disposição final	Vala de Infiltração	$L=C.N/TAXA_{aplicação}$	$L=36,5m^2$ (NBR recomenda o dobro) Área recomendada = $73m^2$

Tabela 6 – Memorial descritivo do dimensionamento.

Fonte: Autora, 2024.

O dimensionamento das etapas de pré-tratamento, tratamento primário, tratamento secundário, tratamento terciário e disposição final, seguiram, respectivamente, as normativas e orientações das NBR's: nº 8160/1999, nº 7229/1993, nº 13969/1997 e Boletim Extraordinário Wetlands Brasil.

O sistema dimensionado está composto por: tratamento preliminar (caixa de gordura de, no mínimo, 166L), tratamento primário (reator anaeróbio de fluxo ascendente de $5,5m^3$), tratamento secundário (filtro anaeróbico de fluxo ascendente de $4,8m^3$), tratamento terciário (WCVFSS de $25m^2$) e disposição final (vala de infiltração de, no mínimo, $36m^2$). Os elementos constituintes que compõem o sistema sanitário somam em área total, aproximadamente, $80m^2$. O tempo de detenção hidráulica no sistema é de, aproximadamente, 6 dias. As caixas de inspeção (175L) projetadas, também servem para homogeneização (equalização) das águas residuárias.

As características gerais de projeto incluem a impermeabilização com geomanta têxtil; geomembrana polimérica de 0,8mm; tubos com diâmetro nominal de 75mm (caixa de gordura) e 100mm (fossa séptica e filtro anaeróbio) para condução e distribuição dos efluentes gerados na residência até o sistema.

Como meio suporte no WCVFSS será utilizado, na cota de altura superior 20cm de brita com granulometria nº 2, na cota inferior 30cm de brita com granulometria nº 2 e na cota intermediária 30cm de brita de granulometria nº 1. Somado a isto tem-se, ainda, a altura de borda livre de 20cm, totalizando uma profundidade total de 1m. Em relação a inserção das plantas serão introduzidos 5 exemplares por metro quadrado. A espécie dessas plantas será selecionada com critério por tratar-se de uma UC.

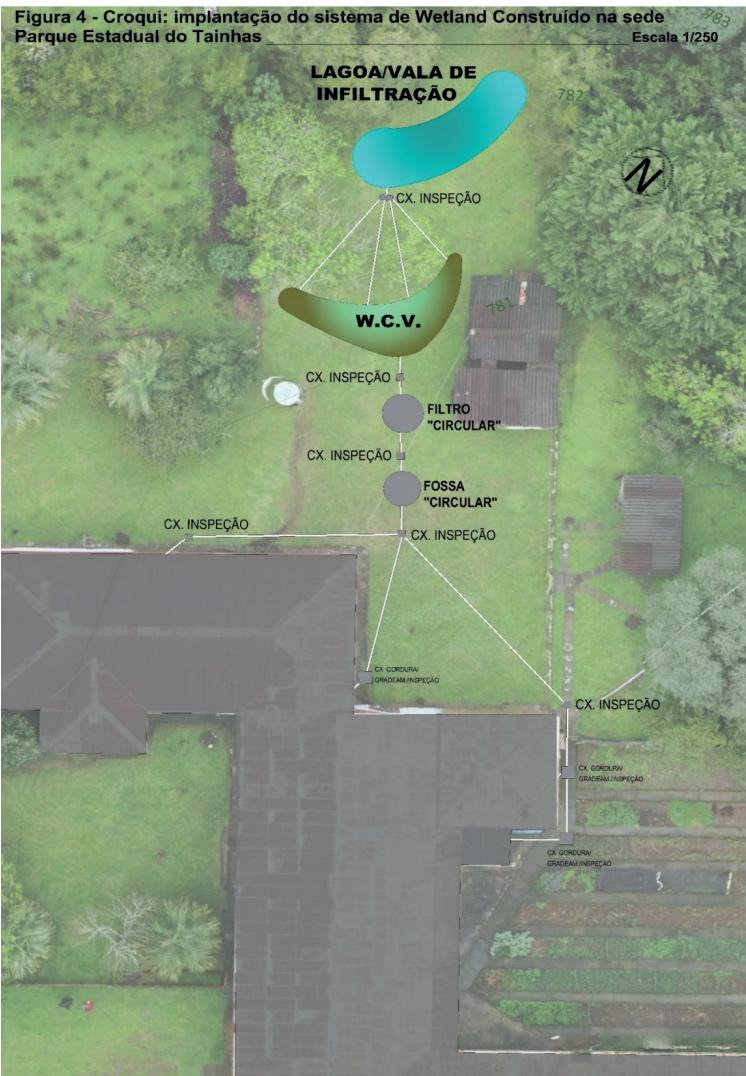


Figura 6 – Croqui disposição do sistema sanitário da sede do PET na escala 1/250.

Fonte: Autora, 2023.

Uma vez dimensionado o sistema, tem-se enquanto perspectiva futura juntamente com a SEMA, realizar a aquisição de materiais e mão-de-obra necessárias à execução do projeto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema sanitário para o PET é composto por tratamento preliminar (caixas de gordura), primário (fossa séptica), secundário (filtro anaeróbio), terciário (WCVFSS) e disposição final (vala de infiltração), e está dimensionado para atender 73 pessoas.

Espera-se atingir as eficiências de remoção apresentadas na Tabela 1: 90% para DBO; 85% para DQO; 90% para sólidos totais; 90% para nitrogênio amoniacial; 40% para nitrogênio total; 20% para fósforo total; e redução de coliformes termotolerantes na ordem de 1 a 2 unidades logarítmicas. A partir da instalação do sistema iniciar-se-á a etapa de monitoramento ambiental e avaliação da performance do sistema.

O WCVFSS para o tratamento de esgoto doméstico na sede do PET está projetado para ser localizado próximo da edificação, economizando com tubulações para direcionamento do efluente até o sistema e trazendo a possibilidade de evidenciar seu caráter educativo.

O sistema contribui significativamente para melhoria da qualidade das águas servidas, com a possibilidade de seu reuso. Utilizar WC no tratamento de esgoto doméstico auxilia no atendimento dos ODS, em especial o de número 6.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução*. Rio de Janeiro. 1999.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 17076: Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte – Requisitos*. Rio de Janeiro. 2024.

BRAGA J., BENEDITO, P. F. et al. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Prentice Hall. 2^a Edição, 2005.

CHERNICHARO C. A., NOUT A., VOLCHAN I. e GOLÇALVES R. F.. *Processos de tratamento de esgotos: guia profissional em treinamento: nível 2. Ministério das cidades. Secretaria de Saneamento Ambiental (org.)*. Brasília. 2008. 118p.

COLARES, G. S., Dell'Osbel, N., Barbosa, C. V., Lutterbeck, C., Oliveira, G. A., Rodrigues, L. R., Bergmann, C. P., Lopez, D. R., Rodriguez, A. L., Vymazal, J., & Machado, E. L. (2020). Floating treatment wetlands integrated with microbial fuel cell for the treatment of urban wastewaters and bioenergy generation. *Science of the Total Environment*, 142474. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142474>

DUBOIS, V.; FALIPOU, E.; BOUTIN, C. *Quantification and qualification of the urban domestic pollution discharged per household and per resident. Water Science and Technology*, v. 85, n. 5, p. 1484–1499, Disponível em: <https://iwaponline.com/wst/article/85/5/1484/87065/Quantification-and-qualification-of-the-urban> Acesso em: 18 fev. 2022.

FUNASA, Brasília, 2020. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 5ª Edição.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A.. *Tratamento de esgotos domésticos. 4ª ed. Rio de Janeiro, 2005. 932p.*

KIPNIS T. e CASTRO P. B. *A Relevância do Esgotamento Sanitário Descentralizado e Sistemas Baseados no Manejo do Lodo Fecal. São Paulo, 2020.*

LARSEN, TA, Alder, AC, Eggen, RIL, Maurer, M., Lienert, J., 2009. Source separation: will we see a paradigm shift in wastewater treatment? *Environment. Science. Technology*. 43, 6121–6125.

LEIGH, N.G., Lee, H., 2019. Sustainable and resilient urban water systems: the role of decentralization and planning. *Sustainability* 11, 918.

ROTÁRIA DO BRASIL. *Tecnologia Wetland e seu potencial – Oportunidades e Precauções. Disponível em: <https://brasil.rotaria.net/tecnologia-wetland-e-seu-potencial-oportunidades-e-precaucoes/>. Acessado em: 15/09/2024.*

SEZERINO, P.H. et al. *Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. Eng Sanit Ambient., v.20 n.1, Brasil, 2015.*

SHIAO T., KAMMEYER C., BRILL G., FEINSTEIN L., MATOSICH M., VIGERSTOL K. e ZANTOP C.M. *Avaliando os benefícios das Soluções Baseadas na Natureza para o planejamento de bacias hidrográficas. (Business Case for Nature-Based Solutions: Landscape Assessment.) Water Mandate and Pacific Institute. Oakland, California. 2020. 72p. Disponível em: <www.ceowatermandate.org/nbs/landscape >.*

VON SPERLING, M.; SEZERINO, P.H. *Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes. Boletim Wetlands Brasil, Edição Especial, 2018. 65 p. ISSN 2359-0548. Disponível em: <http://gesad.ufsc.br/boletins/>. Acessado em: 01/07/2024.*

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. - 2.ed Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.*

VYMAZAL, J. *Constructed Wetlands for wastewater treatment. Water, Vol. 2, n. 3, p. 530-549. 2010.*

WALZBURIECH L., SCHROEDER A., SEZERINO P. *Aplicabilidade da ecotecnologia dos wetlands construídos no tratamento de esgoto de forma descentralizada nos campi da UFSC. GESAD/UFSC, 2019.*

WANG, J. et al. *A Review on Microorganisms in Constructed Wetlands for Typical Pollutant Removal: Species, Function, and Diversity. Frontiers in Microbiology, v. 13, 5 Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35450286/ Acesso em: abr. 2022.*