Encontro Técnico AESABESP
35º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

IMPLANTAÇÃO, MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE ALAGADO CONSTRUÍDO IMPLEMENTADO EM UMA HABITAÇÃO SOCIAL NA COLÔNIA JULIANO MOREIRA, JACAREPAGUÁ, RJ

Aliciane de Souza Peixoto[(1)]
Engenheira ambiental, especialista em gestão e tecnologias do saneamento pela ENSP (Escola Nacional em Saúde Pública Sergio Arouca), bolsista no Programa de Desenvolvimento do Campus Fiocruz Mata Atlântica PDCFMA
Luis Carlos Soares Madeira Domingues [(2)]
Doutor em urbanismo pelo Programa de pós graduação em urbanismo PROURB-FAU/UFRJ; Mestre em planejamento urbano e regional pelo Instituto de pesquisa em planejamento urbano e regional IPPUR-UFRJ; Arquiteto e Urbanista pela FAU/UFRJ.

Endereço[(1)]**:** Rua Sampaio Correa, S/N – Colônia - Jacarepaguá – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 22713-560 - Brasil - Tel: +55 (21) 2448-9001 - e-mail: aliciane.peixoto@fiocruz.br

RESUMO

Os Sistemas de Alagados Construídos (SACs) são estruturas que simulam ecossistemas naturais para o tratamento de águas residuais. Este artigo explora a importância da implementação desta tecnologia social para o saneamento como determinante social da saúde. O SAC foi implantado em uma habitação de interesse social situada no Setor 1 da Colônia Juliano Moreira, localidade do bairro de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brasil, incorporando uma abordagem holística para o saneamento. No monitoramento foi utilizada uma análise macroscópica de seis parâmetros para avaliar, de forma quali-quantitativa, os aspectos paisagísticos, obtendo uma pontuação 28 que é considerada ótima. Já a eficiência na remoção dos parâmetros de qualidade da água o sistema obteve como resultado: 97,8% de sólidos suspensos totais (SST); 98,9% de DBO; 99,9% de *e-coli;* 97,9% de nitrogênio amoniacal e 98,4% de fósforo. Ressalta-se a relevância da participação ativa dos envolvidos nos processos desde a implantação até o desenvolvimento de políticas públicas, assim como no monitoramento dos aspectos técnicos e paisagísticos, resultando na eficiência da remoção de parâmetros de qualidade da água.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento de esgoto, saúde urbana, alagado construído.

DEFINIÇÕES

Para efeitos e entendimentos deste trabalho adotaremos as seguintes definições:
Análise macroscópica: observação visual de características em amostras ou sistemas.
Biodigestão – processo biológico de decomposição de matéria orgânica.
Biodiversidade – variedade de formas de vida (animais, plantas e microorganismos).
Cooperação Social – ação de trabalhar em conjunto com pessoas e organizações visando um objetivo comum.
Decantação – processo de separação de partículas sólidas da água por sedimentação.
Desenvolvimento Sustentável – equilíbrio entre o crescimento econômico, justiça social e preservação ambiental, garantindo qualidade de vida para as gerações presentes e futuras.
Determinação social da saúde – fatores sociais, econômicos, culturais e comportamentais que influenciam a saúde e seus riscos na população. Incluem condições de vida, trabalho, acesso a serviços e distribuição de recursos.
Diálogo Sociotécnico – inter-relação sobre aspectos sociais (sociedade) e técnicos focando procedimentos e conhecimentos compartilhados, com intuito de alcançar a otimização conjunta.
E-coli – bactéria comum no intestino humano, mas também pode ser patogênica.
Geomembrana PEAD – material usado para impermeabilização em obras civis e sistemas de tratamento.

Habitação de Interesse Social – moradias destinadas a população de baixa renda, promovendo o acesso à habitação digna e adequada.
Ilhas de calor - fenômeno urbano e climático que eleva a temperatura em cidades com ausência de vegetação e corpos d'água, afetando a qualidade do ar e o conforto térmico.
Implantação – ação de inserir ou fixar algo em outra coisa.
Manta bidim – geotêxtil usado para proteção e drenagem em obras geotécnicas.
Material Filtrante – substância usada em filtros para remover impurezas da água.
Monitoramento – acompanhamento contínuo de processos e sistemas. Observação e coleta de dados para avaliações da qualidade.
NMP (Número Mais Provável) – método para estimar a concentração de microorganismo em amostras de água.
Parâmetros de qualidade da Água – critérios usados para avaliar a pureza e segurança da água, como pH, turbidez, níveis de substâncias químicas e microbiológicas.
Políticas Públicas – diretrizes e ações governamentais para resolver problemas sociais, econômicos e ambientais, visando o bem estar da população.
Saúde Ambiental - relaciona a influência do meio ambiente natural na saúde humana, abordando questões como fauna, flora, água e qualidade do ar.
Saúde Urbana – relacionada aos impactos do ambiente na saúde das pessoas, considerando fatores como poluição, infraestrutura, acesso a serviços e qualidade de vida nas cidades.
Sistema Radicular – conjunto de raízes de uma planta.
Tecnologias Sociais – soluções desenvolvidas para resolve problemas sociais.
Tempo de Detenção Hidráulica – tempo que a água permanece em um sistema de tratamento.

INTRODUÇÃO

Com fins de promover a saúde e um território sustentável e saudável, a FIOCRUZ Mata Atlântica (FMA) desenvolve de forma integrada, o ensino, a pesquisa aplicada e a extensão universitária, e através da cooperação técnica, a troca dos saberes populares e científicos e a disponibilização de Tecnologias Sociais (TS), busca assessorar a população do seu entorno no caminho da garantia de seus direitos de acesso à água, ao saneamento, à terra e à moradia digna.

A metodologia de trabalho da FMA se baseia no diálogo sociotécnico e na cooperação social, fazendo com que as famílias beneficiárias das soluções sejam as protagonistas na tomada de decisão, no controle, na implantação e na manutenção dos sistemas.

> **A defesa do que se convencionou chamar de Tecnologia Social (TS) fundamenta-se na oposição às tecnologias convencionais. A instituição que se presta, por meio da extensão e da pesquisa, a desenvolver tecnologias sociais, necessariamente, precisa despir-se da tradição do modelo tecnológico moderno que produziu a tecnologia convencional ou pelo menos realizar as adequações necessárias para a nova realidade, especialmente dos empreendimentos populares, o que foi chamada pelo professor Dagnino (2004) de adequação sociotécnica (RTS, 2010, p.13).**

A FMA busca contribuir para a promoção e o desenvolvimento de um território sustentável e saudável sob a perspectiva da determinação social da saúde e da vida considerando a interface humano-animal-ambiente, atuar de forma articulada com as seis comunidades vizinhas e suas áreas de influência, localizadas no SETOR 1 da Colônia Juliano Moreira (CJM) e no entorno do Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB). Para isso, se organiza em três áreas de atuação: Saúde Urbana, Saúde Ambiental e Cooperação Social.

Neste trabalho daremos ênfase à área de Saúde Urbana no uso de tecnologia social para o saneamento, com a implantação de um Sistema de Alagado Construído (SAC) em habitação de interesse social, monitorando seus aspectos técnicos e paisagísticos e avaliando sua eficiência no tratamento de esgoto doméstico e descentralizado.

Os Sistemas de Alagados Construídos (SACs), também conhecidos como *constructed wetlands*, são estruturas que simulam ecossistemas naturais para o tratamento de águas residuais. Eles operam através de processos

físicos, químicos e biológicos, com a vegetação desempenhando um papel central na remoção de poluentes. Esses sistemas são particularmente valiosos em comunidades isoladas, onde alternativas de saneamento convencionais podem ser economicamente inviáveis ou tecnicamente impraticáveis (SALATI, 1982 *apud* SOUZA, 2019).

Do ponto de vista dos determinantes sociais da saúde (DSS), os SACs têm um impacto direto na qualidade de vida das comunidades. Eles abordam fatores críticos como moradia, alimentação, trabalho e lazer, influenciando a saúde e o bem-estar da população (FIOCRUZ, 2020). Ao melhorar a qualidade da água e reduzir a incidência de doenças transmitidas por água contaminada, os SACs contribuem para a equidade em saúde, oferecendo condições mais saudáveis para todos, independentemente de sua posição socioeconômica.

A implementação de SACs também está alinhada com políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável e a justiça social. Sua relevância para as políticas públicas é multifacetada. Eles não apenas tratam de questões imediatas de saúde pública, mas também promovem a resiliência ambiental e a sustentabilidade em longo prazo. A integração dos SACs nas estratégias de saneamento pode ajudar a garantir o acesso universal ao saneamento básico, um direito humano essencial e um objetivo de desenvolvimento sustentável reconhecido globalmente (CGEE, 2022).

Eles são uma solução de baixo custo e alta eficiência para o tratamento de esgoto, o que os torna uma opção atraente para o planejamento urbano e rural. Além disso, os SACs podem fornecer benefícios ambientais adicionais, como a redução de riscos de inundação, fornecimento de habitat para a vida selvagem e atenuação dos efeitos de ilhas de calor (ALMEIDA, 2020).

Em resumo, os SACs representam uma abordagem holística para o saneamento que considera as complexas interações entre o ambiente, a saúde humana e o desenvolvimento socioeconômico. Eles são um exemplo de como as Soluções baseadas na Natureza (SbN) podem ser incorporadas em políticas públicas para criar comunidades mais saudáveis, equitativas e sustentáveis.

> **Soluções baseadas na natureza são ações para proteger, conservar, restaurar, usar de forma sustentável e gerenciar ecossistemas terrestres, de água doce, costeiros e marinhos naturais ou modificados, que enfrentam desafios sociais, econômicos e ambientais de forma eficaz e adaptativa, ao mesmo tempo em que proporcionam bem-estar humano, serviços ecossistêmicos, resiliência e benefícios para a biodiversidade (UNEP, 2022, p. 5).**

O conceito de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) é destacado no relatório "*Nature-based Solutions: Opportunities and Challenges for Scaling Up*" do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) como uma abordagem vital para o desenvolvimento sustentável global. As SbN são definidas como ações que protegem, gerenciam de forma sustentável e restauram ecossistemas naturais ou modificados, que abordam desafios sociais de forma eficaz e adaptativa, ao mesmo tempo em que garantem o bem-estar humano e benefícios para a biodiversidade. Este conceito foi reforçado pela Assembleia do Meio Ambiente da ONU em 2022, estabelecendo elementos-chave, fornecendo exemplos e discutindo abordagens relacionadas. As SbN são vistas como essenciais para enfrentar desafios como mudanças climáticas, insegurança alimentar e hídrica, impactos de desastres e ameaças à saúde humana, ao mesmo tempo em que reduzem a degradação ambiental e a perda de biodiversidade.

O documento também fornece recomendações para ações por governos, sociedade civil e setor privado para ampliar significativamente o uso e a construção de um entendimento comum das SbN. Adotando abordagens integradas para implementação, aplicando salvaguardas apropriadas e fortalecendo a ação liderada localmente. A sociedade civil é encorajada a participar ativamente na promoção e implementação das SbN para contribuir com os objetivos globais (UNEP, 2022).

A experiência, objeto desse artigo tem demonstrado que a participação da comunidade/usuário é fundamental para o sucesso das tecnologias sociais e o desenvolvimento de políticas públicas. Os moradores locais devem estar envolvidos desde o planejamento até o monitoramento contínuo. A integração dos SACs nas estratégias de saneamento pode ajudar a garantir o acesso universal ao saneamento básico.

Dentro do contexto deste trabalho, trataremos apenas do componente esgotamento, lançamento de efluentes, ou seja, o tratamento das águas residuárias de atividades domésticas, visto que a poluição e contaminação dos mananciais propiciam a presença de elementos nocivos à saúde ambiental, colocando esse eixo do saneamento básico diretamente ligado à saúde pública.

OBJETIVO

Analisar a eficiência na remoção de parâmetros de qualidade da água e monitorar os aspectos técnicos e paisagísticos de um Sistema de Alagado Construído implementado em uma habitação de interesse social situados na localidade do Setor 1 da Colônia Juliano Moreira, bairro de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brasil.

METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia de trabalho tem como base o diálogo sociotécnico e a cooperação social, fazendo com que as famílias beneficiárias das soluções sejam as protagonistas na tomada de decisão, implantação e manutenção dos sistemas, assim como, conjuntamente com a cooperação técnica e pesquisa aplicada, na disseminação dos conhecimentos adquiridos.

Considerando os objetivos estabelecidos, a metodologia para implantação do SAC, foi referenciada na Trilha Metodológica apresentada por Jesus (2021), como estratégia de um percurso operacional para implantação de TS (Figura 1).

As etapas propostas são denominadas de estações, que incluem:

- Diagnóstico: Avaliação da situação atual e identificação de necessidades.
- Construção: Desenvolvimento do projeto com base nas necessidades identificadas e escolha da tecnologia com base na experiência do usuário.
- Experimentação: Testes práticos do projeto em um ambiente controlado, sob supervisão técnica e atuação do usuário.
- Disseminação: Expansão/Ampliação do projeto para outras áreas ou contextos.

Figura 1: Esquema Trilha de Implantação de TS



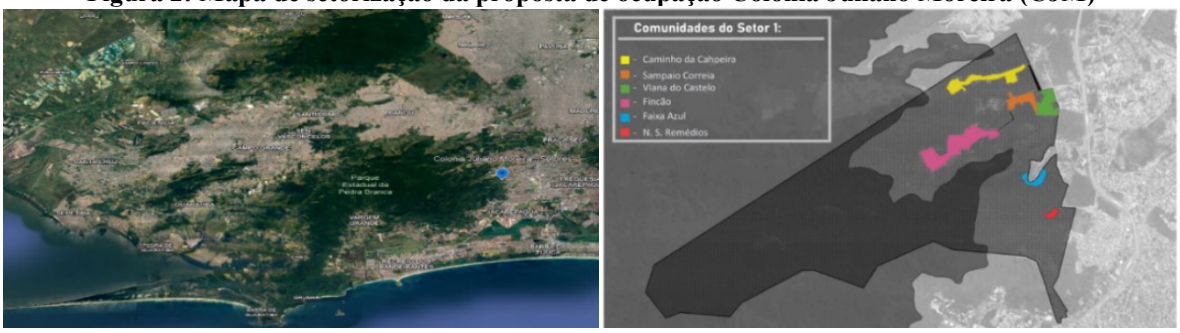
Fonte: Elaboração própria, adaptada de JESUS (2021).

A metodologia de pesquisa aplicada em questão tratará, especificamente, da Etapa III - Experimentação, mostrando o projeto desenvolvido, os testes da implantação, os ajustes e melhorias ocorridos em seus resultados.

Quanto à implantação:

Os SACs foram implantados como parte integrante de uma proposta para construção de um território sustentável e saudável em lotes padrão para habitação de interesse social, localizados no Setor 1 da CJM, Jacarepaguá, Rio de Janeiro, RJ. Na Figura 2, abaixo, é possível verificar a localização das comunidades em uma área de transição entre a malha urbana e uma unidade de conservação ambiental, zona de amortecimento do Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB), cujos lotes têm dimensões médias superiores e alto percentual de áreas livres não impermeabilizadas.

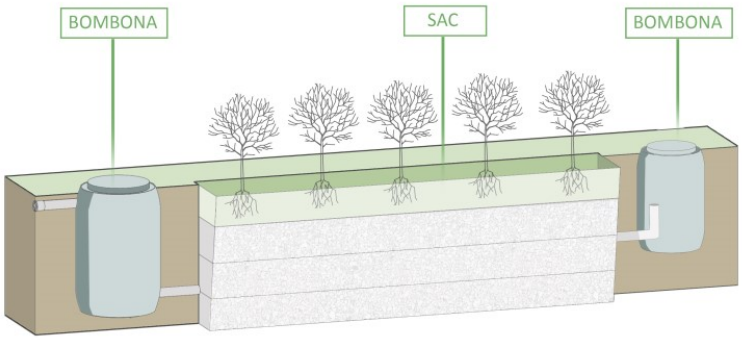
Figura 2: Mapa de setorização da proposta de ocupação Colônia Juliano Moreira (CJM)



Fonte: Elaboração própria

Diante das características específicas do território, foi desenvolvido um projeto padrão do sistema de tratamento para uso unifamiliar, conforme a Figura 3.

Figura 3: Projeto inicial no padrão unifamiliar



Fonte: Elaboração própria – FMA

Assim, o sistema inicial que teve o objetivo de atender nove contribuições/dia de efluentes provenientes de sanitário, pias e chuveiro, foi composto pelos seguintes componentes:

- 1 bombona de 200L como tanque de decantação e etapa anterior ao SAC
- 1 SAC com dimensões 1,7m de x 5,0m x 0,70m (LXCXP)
- 1 bombona de 60L na saída do sistema com controlador de nível
- Tubos e conexões
- Impermeabilização com geomembrana PEAD
- Manta geotêxtil (bidim) e
- Material filtrante (Brita #2, Brita #4 e areia lavada)
- Materiais de consumo para cola e vedação.

Tal projeto foi previsto para fins de redução e otimização de recursos, reaplicabilidade e sistematização na compra e estoque de materiais, aproximando os custos para a construção de um sistema no padrão unifamiliar ao valor de R$ 3.815,00 (três mil oitocentos e quinze reais), atualizados. Como a implementação visa o auto-empreendimento das famílias beneficiárias, não foram considerados nesse valor outros serviços como

assessoria técnica, mão de obra de serviços gerais, ferramentas, equipamentos de proteção individual e coletivo (EPIs e EPCs), serviços de escavação, vegetação e transporte/frete.

Quanto à vegetação selecionada, foram considerados os aspectos estéticos paisagísticos, tais como: porte, cor, forma, textura, contraste, além do desenvolvimento do sistema radicular e da ocorrência/adaptação da região.

Quanto ao monitoramento:

Para o monitoramento, foi utilizado um método que não necessitasse de equipamentos laboratoriais e fosse rapidamente aplicado por técnicos e usuários, com a finalidade de prevenção de colmatação e manutenção da estética paisagística e dos parâmetros físicos de qualidade da água. Assim, considerou-se a importância de observação de seis parâmetros, para fins de uma análise macroscópica nas visitas de campo, descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição de parâmetros de qualidade do SAC

Parâmetro	Descrição
1 Cor da água	Verifica se a cor da água atende os aspectos visuais e ausência de coloração, óleo ou espuma.
2 Aparência	Avalia a visualização geral do sistema. Deve ser livre de odores desagradáveis, com água limpa e vegetação saudável.
3 Odor	Verifica se há odores desagradáveis.
4 Vegetação	Analisa a diversidade e saúde das plantas aquáticas. (indivíduos, tamanho, cor, se nativas e/ou espécies que ocorrem na região e bem adaptadas)
5 Drenagem do solo	Considera a permeabilidade e textura do solo.
6 Incidência Solar	Avalia a exposição ao sol e adequação aos indivíduos plantados.

Fonte: Elaboração própria, adaptada de FELIPPE (2009)

O somatório dos parâmetros da Tabela 2 resulta em uma pontuação que define o grau de qualidade deste SAC, o que reflete nas classificações de 'A' a 'E', péssima a ótima, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 2: Metodologia de Índice de Qualidade dos SACs (IQS)

Parâmetro	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1 Cor da água	Escura	amarela	âmbar	Leve turbidez	Transparente
2 Aparência	Péssima	Ruim	Regular	Boa	Excelente
3 Odor	Insuportável	Forte	Moderado	Leve	Inexistente
4 Vegetação (Diversidade e saúde dos indivíduos)	Não há e/ou >80% indivíduos afetados	Pouquíssima diversidade e/ou 50%-80% de indivíduos afetados	Pouca diversidade e/ou 20% - 50% indivíduos afetados	Moderada c/ <20% indivíduos afetados	Diversificada e saudável
5 Drenagem do solo	Inadequado	Encharcado	Compacto e argiloso	Moderada	Ótima
6 Incidência Solar	Totalmente sombreado	Pouca luz	Sombra	Meia sombra	Sol pleno

Fonte: elaboração própria, adaptada de FELIPPE (2009)

Tabela 3: Classificação dos SACs quanto à qualidade dos parâmetros macroscópicos

Classe	Grau de Qualidade	Pontuação
A	Ótimo	25-30
B	Bom	19-24
C	Razoável	13-18
D	Ruim	7-12
E	Péssimo	Abaixo de 6

Fonte: elaboração própria, adaptada de FELIPPE (2009)

Quanto à avaliação da eficiência:

A avaliação do sistema foi através de análises químicas do esgoto coletado em dois pontos:

- Ponto 1: Final da etapa de decantação, afluente do SAC e
- Ponto 2: Final do sistema; saída do SAC para disposição final.

Os parâmetros avaliados foram carga orgânica, (DBO) Demanda Bioquímica de Oxigênio, Sólidos Suspensos Totais, Nitrogênio Amoniacal (NH_3), Fósforo Total e *E-coli*.

RESULTADOS OBTIDOS

Assim como grande parte da população que vive em áreas isoladas, o domicílio em questão era desprovido de um sistema de coleta e tratamento de esgoto adequado, mantendo os residentes do local em situação sanitária vulnerabilizada (Figura 4).

Figura 4: Foto do sistema montado com o material filtrante



Fonte: Autoria Própria

Os resultados do sistema de tratamento de esgoto biológico cujo objetivo foi atender nove contribuições/dia de efluentes provenientes de sanitário, pias e chuveiro são apresentados a seguir.

As dimensões do SAC executado foi de 1,7mL x 5,0mC x 0,70mP, impermeabilizado com geomembrana PEAD (polietileno de alta densidade) e preenchido com a camada de material filtrante com aproximadamente, 0,50m de brita #4 e brita#2, a entrada afluente do sistema foi montada para um fluxo horizontal de escoamento subsuperficial (Figura 5).

Figura 5: Entrada do sistema



Fonte: Autoria Própria

Objetivando o excesso de sólidos suspensos dentro do filtro biológico, a fim de evitar uma possível colmatação em um curto período de tempo, foi decidido implementar mais uma bombona de 200L no sistema, aumentando o Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) e otimizando os processos de decantação e biodigestão. Paralelo a isso foi feito o teste de estanqueamento do alagado. Prosseguindo com a implementação da manta bidim, a colocação de $1m^3$ de areia lavada para iniciar o plantio (Figura 6) e a conexão do sistema à casa.

Figura 6: Vista superior do sistema pré-plantio



Fonte: Autoria Própria

No mês seguinte, novembro de 2022, após o plantio e uso, o sistema apresentou parâmetros inadequados de qualidade do SAC, como poças, presença de vetores, odor muito forte, água com cor escura e a vegetação, apesar de diversificada, ainda estava em estágio inicial de maturidade com indivíduos afetados por conta da incidência solar (Figura 7).

Figura 7: Comparativo pós-plantio e um mês de uso.



Fonte: Autoria Própria.

Aplicando a metodologia de análise macroscópica foi possível avaliar a necessidade de intervenções no sistema para melhorias dos seus parâmetros.

Tabela 4: Aplicação do método de índice de qualidade dos SACs (IQS)

Parâmetro	**(1)**	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**
1 Cor da água	Escura				
2 Aparência	Péssima				
3 Odor	Insuportável				
4 Vegetação		Pouquíssima			
5 Drenagem do solo	Com poças e vetores				
6 Incidência Solar				Meia sombra	

Fonte: elaboração própria

Obteve-se uma pontuação 11, Classe "D", considerado um grau de qualidade ruim, conforme indicado na Tabela 3. Diante do diagnóstico, procedeu-se com alguns ajustes de forma tática para melhorar os parâmetros inadequados e com baixa pontuação.

Visando adequar a aparência do sistema, a vegetação e o solo drenante, optou-se pelo aumento na camada do meio de suporte, inserindo mais $1m^3$ de areia lavada (Figura 8) e o replantio com indivíduos e espécies selecionadas considerando os aspectos estéticos paisagísticos (porte, cor, forma, textura, contraste, além do desenvolvimento do sistema radicular e da ocorrência/adaptação da região).

Figura 8: Aumento meio de suporte e replantio do SAC.



Fonte: Autoria Própria.

As características individuais orientaram na distribuição das plantas no SAC, conforme demonstram na Figura 9 de forma mais evidente e algumas semanas após o replantio.

Figura 9: Distribuição das espécies conforme suas características individuais.



Fonte: Autoria Própria.

A coleta do efluente nos pontos 1 e 2 (Entrada e Saída), Figura 10, ocorreu em janeiro de 2023, dois meses após o replantio e com a vegetação já em porte mediano, tendo os resultados na eficiência de remoção descritos na Tabela 5.

Figura 10: Maturidade do SAC na coleta 1, janeiro/2023.



Fonte: Autoria Própria

Tabela 5: Resultado da Coleta 1, em janeiro de 2023

Parâmetro	Entrada	Saída	Remoção	NOP INEA-45	CONAMA 357 (Classe 2)
Carga Orgânica (Kg DBO/dia)	-	-	-		
SST (mg/L)	546,4	21,5	96,1%	110 mg /L	Ausente
DBO (mg/L)	191	24	87,4%	≤ 120mg/L	≤ 5 mg/L
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	465,66	280,48	39,8%	10 mg/L	≤ 1,27 mg/L
Fósforo Total (mg/L)	61,21	25,97	57,6%	1 mg/L	≤ 0,05 mg/L
E-coli (NMP/100ml)	160000	13000	91,9%	-	≤ 1000u /100ml

Fonte: elaboração própria

Os resultados na primeira coleta não foram muito satisfatórios, principalmente na remoção de nitrogênio e fósforo, considerando ainda que a quantidade de SST (564,4 mg/L) entrando no SAC poderia ser prejudicial ao longo do tempo. A cor ainda amarelada e odor ainda forte, também não estavam bem avaliados, na análise IQS. Diante dos resultados, resolveu-se então melhorar a etapa de biodigestão, substituindo uma das bombonas de 200L por um biodigestor do tipo tubular da marca Fortlev de 500L, pois os resultados ainda não atendiam a percepção de qualidade do usuário.

Em nova visita de monitoramento em maio de 2024 (Figura 11), nove meses após a implantação do biodigestor, procedeu-se com as novas avaliações, obtendo os resultados apresentados na Tabela 6 (análise IQS) e Tabela 7 (análises dos parâmetros de qualidade da água). E, ainda, na Tabela 8, um comparativo da evolução dos resultados nos dois períodos.

Figura 11: Maturidade do SAC na Coleta 2, maio/2024



Fonte: Autoria Própria

Pode-se observar o porte, tamanho e cor da vegetação, mostrando que os indivíduos estavam bem adaptados e saudáveis.

Tabela 6: Aplicação do método IQS, maio 2024

Parâmetro	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1 Cor da água					Transparente
2 Aparência					Excelente
3 Odor				Leve	
4 Vegetação					Diversa e saudável
5 Drenagem do solo					Ótima
6 Incidência Solar				Meia sombra	

Fonte: elaboração própria

A aplicação do método IQS, obteve-se 28 pontos, classificação “A”, considerado um ótimo grau de qualidade, conforme indicado na Tabela 3.

Tabela 7: Resultado da Coleta 2, maio de 2024.

Parâmetro	Entrada	Saída	Remoção	NOP INEA-45	CONAMA 357 (Classe 2)
Carga Orgânica (Kg DBO/dia)	C<5	C<5			
SST (mg/L)	66,7	1,5	97,8%	110 mg /L	Ausente
DBO (mg/L)	263	3	98,9%	≤ 120mg/L	≤ 5 mg/L
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	42,09	0,87	97,9%	10 mg/L	≤ 1,27 mg/L
Fósforo Total (mg/L)	46,47	0,74	98,4%	1 mg/L	≤ 0,05 mg/L
E-coli (NMP/100ml)	160000	130	99,9%	-	≤ 1000u /100ml

Fonte: elaboração própria

Tabela 8: Tabela comparativa dos resultados

Parâmetro	jan/2023	mai/2024
Carga Orgânica (Kg DBO/dia)	-	-
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	96,1%	97,8%
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	87,4%	98,9%
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	39,8%	97,9%
Fósforo Total (mg/L)	57,6%	98,4%
E-coli (NMP/100ml)	91,9%	99,9%

Fonte: elaboração própria

A Figura 12 demonstra, em uma linha do tempo, a atuação na etapa objeto deste trabalho, conforme descrita na metodologia aplicada – Etapa III – Experimentação: execução dos testes práticos, acompanhamento, sob supervisão técnica e atuação do usuário.

Figura 12: Linha do tempo da Etapa III - Experimentação



Fonte: Autoria Própria

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados das análises de eficiência na remoção de parâmetros da água estão resumidos nas Tabelas 5 e 7 do capítulo anterior. Mostrando que as intervenções realizadas nas etapas de tratamento do sistema resultaram em melhorias substanciais em sua eficiência.

Na remoção de *e-coli* houve um aumento significativo de 91,9% para 99,9% na eficiência do sistema, saindo de 160.000 para 130 NMP/100ml, abaixo do permitido pela resolução CONAMA 357 que é de 200ml/L.

Para os sólidos suspensos totais, a melhoria foi de 93% na coleta 1 para 98% na coleta 2, sugerindo que os processos de sedimentação e filtração foram aprimorados. Entretanto, é válido observar que em novembro de 2023 a quantidade de SST entrando no SAC era de 564,4 mg/L e, 66,7 mg/L em maio de 2024, constatando que o investimento em um processo de decantação e biodigestão antecedendo aos SACs promovem melhorias e postergam manutenções.

O sistema também teve um aumento na remoção de DBO, que é um indicador de matéria orgânica presente na água, de 87% para 97%, ficando abaixo do permitido em legislação que é de 5mg/L.

Os nutrientes nitrogênio e fósforo, são os indicadores difíceis de serem alcançados, na primeira coleta houve uma remoção baixíssima de 58% para nitrogênio e 43% para fósforo, resultando no efluente final ainda com excesso desses dois nutrientes. Entretanto na coleta 2 os resultados surpreenderam, havendo uma melhoria de 97% e 98% na remoção desses parâmetros, ficando ainda, dentro dos limites impostos pela legislação 0,87 de nitrogênio e 0,74 de fósforo.

Além dos parâmetros acima mencionados, o monitoramento feito através da metodologia de índice de qualidade dos SACs (IQS), análise macroscópica, com base em seis critérios que abrangem aspectos gerais da manutenção e desempenho dos sistemas indicou que em novembro de 2022 o SAC estava com uma qualidade "RUIM", recebendo uma classificação "D". Após os ajustes táticos realizados, a pontuação obtida em maio de 2024 foi de 28 pontos, com classificação "A", significando um "ÓTIMO" IQS.

CONCLUSÃO/RECOMENDAÇÕES

Neste artigo analisamos a eficiência na remoção de parâmetros de qualidade da água, (DBO) Demanda Bioquímica de Oxigênio, Sólidos Suspensos Totais (SST), Nitrogênio Amoniacal (NH_3), Fósforo Total e *E-coli*, e monitoramos os aspectos técnicos e paisagísticos de um Sistema de Alagado Construído implementado em uma moradia ocupada por família de baixa renda.

As intervenções realizadas no SAC, visando seu aprimoramento, resultaram em melhorias substanciais em sua eficiência e aspectos técnicos e paisagísticos. Essa eficiência é crucial para garantir que o efluente tratado atenda aos padrões de qualidade estabelecidos não só pela legislação, mas, prioritariamente, pelo usuário.

Esses resultados reforçam a importância do monitoramento contínuo e das ações corretivas para garantir o sucesso de uma tecnologia que é baseada na natureza. Um aspecto que também merece destaque se refere à percepção e expectativa do usuário quanto aos resultados da tecnologia social, devendo ser levadas em consideração e muito bem mapeadas, pois, somente desta forma, a TS será apropriada e não se tornará um problema, contribuindo assim para a participação ativa, democrática e engajada na formação de política públicas sustentáveis e voltadas para a garantia de direitos dos cidadãos.

Com a finalidade de aumentar a durabilidade e vida útil do sistema, entre os parâmetros que podem ser avaliados e incluídos na metodologia de análise do IQS estão a frequência e o tipo de manutenção no sistema, assim como o monitoramento do consórcio entre os indivíduos da flora e sua interação com a fauna silvestre nativa e a resiliência a condições variáveis (sazonalidade) e extremas.

Outra questão que apresenta relevância relacionada à adaptação e interação entre os indivíduos da fauna/flora nos alagados construídos se refere à possibilidade de realização de pesquisas de espécies nativas de brejo para

aplicação nas experiências brasileiras, se precavendo sempre das mais dominantes o que pode prejudicar a diversidade do sistema. A integração do SAC com o ambiente à sua volta deve também considerar os aspectos paisagísticos, verificando se as paisagens naturais e biodiversidade foram preservadas e aprimoradas.

Os resultados obtidos nas últimas análises demonstraram que o SAC é uma tecnologia social que oferece resultados significativos na remoção de poluentes e no atendimento às legislações ambientais, com potenciais impactos sobre o bem-estar das famílias e sua qualidade de vida, assim como de se consistir em uma ferramenta aliada na promoção da saúde em comunidades isoladas e desprovidas de saneamento básico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, N. Sistemas alagados construídos: tratamento de baixo custo para esgoto sanitário em áreas rurais [online]. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/jspui>, UFOP, 2020.

2. CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. Catálogo Brasileiro de Soluções baseadas na Natureza [online]. Disponível em: <https://catalogo-sbn-oics.cgee.org.br/solucoes/alagado-construido/>, Brasília, DF, 2022.

3. DAGNINO, R. A tecnologia social e seus desafios. In: Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas [online]. Disponível <https://books.scielo.org>, Campina Grande: EDUEPB, 2014, pp. 19-34. ISBN 978-85-7879-327-2.

4. FELIPPE, M. Caracterização e tipologia de nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte - MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais. Disponível em: < http://hdl.handle.net/1843/MPBB-83CPWN>, UFMG, Belo Horizonte, 2009.

5. FIOCRUZ/ENSP. Determinantes Sociais da Saúde [online]. Disponível em: https://dssbr.ensp.fiocruz.br/glossary/determinantes-sociais-da-saude/, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP), DSSBR, 2020.

6. INEA. Norma Operacional – NOP 45. Estabelecer critérios e padrões de lançamento de Esgoto Sanitário tratado em corpos receptores. Aprovada pela CONEMA 90, 2021, p. 1 a 15.

7. JESUS, G. Implantação de projetos de tecnologia social: Proposta de uma Trilha Metodológica [online]. Disponível em: <https://doi.org/10.17648/aos.v10i2.2418>, AOS - Amazônia, Organizações e Sustentabilidade, v. 10, n. 2, jul/dez. 2021, p.96-117.

8. REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL - RTS, Tecnologia Social e Desenvolvimento Sustentável: Contribuições da RTS para a formulação de uma Política de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação, Secretaria Executiva da Rede de Tecnologia Social (RTS), (Brasil) (Org.), Brasília, DF, 98p. 2010.

9. CONAMA. Resolução no 357, de 17 de março de 2005. 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, DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

10. SALATI, E. De Poluente a Nutriente, a Descoberta do Aguapé Revista Brasileira da Tecnologia (1982) | SOUZA, E. **O que são *wetlands* e como funcionam?** [online]. Disponível em: <http://2engenheiros.com/2019/12/24/o-que-sao-wetlands-e-como-funcionam/>, 2019.

11. *United Nations Environment Programme* - UNEP. *Nature-based Solutions: Opportunities and Challenges for Scaling Up*. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/40783>, 2022.