

Seleção de tecnologias descentralizadas de tratamento de esgoto para comunidades costeiras isoladas com base na ABNT NBR 17076:2024: estudo de caso na Ilha de Eufrasina (PR)


Selection of decentralized wastewater treatment technologies for isolated coastal communities based on ABNT NBR 17076:2024: a case study on Eufrasina Island (PR)

• **Data de entrada:**
20/10/2025
• **Data de aprovação:**
06/04/2026

Thamyris Mayara Miras^{1*} | Alexandre Claus¹ | Fernando Armani¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2026.132>

Miras TM  <https://orcid.org/0009-0007-2597-5903>
Claus A  <https://orcid.org/0000-0001-8660-4072>

Armani F  <https://orcid.org/0000-0001-9942-0555>

Resumo

A ausência de sistemas adequados de tratamento de esgoto sanitário em comunidades isoladas representa um desafio para a universalização do saneamento básico no Brasil, especialmente em regiões costeiras. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a aplicabilidade de tecnologias descentralizadas de tratamento de esgoto de pequeno porte, previstas na norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 17076:2024, utilizando como estudo de caso a comunidade da Ilha de Eufrasina, em Paranaguá (PR). A metodologia baseou-se na análise das alternativas normativas associadas ao levantamento de campo. As tecnologias foram avaliadas por análise multicritério qualitativa, considerando volume ou área requerida, demanda de energia elétrica, manutenção, eficiência de remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e viabilidade logística. Os resultados indicaram como soluções mais adequadas os tanques sépticos, filtros anaeróbios, reatores compartimentados, vermifiltros e Módulos de Tratamento de Esgoto Compactos (MTEC), podendo ser associados a Sistemas de Alagados Construídos (*Wetlands*) construídos. O estudo contribui para a seleção de tecnologias compatíveis com as particularidades de comunidades costeiras isoladas.

Palavras-chave: Saneamento descentralizado. Vermifiltro. *Wetlands* construídos. Tanque séptico. Filtro anaeróbio. Comunidades costeiras.

Abstract

The lack of adequate wastewater treatment systems in isolated communities challenges the universalization of sanitation in Brazil, especially in coastal regions. This study aimed to evaluate the applicability of decentralized small-scale wastewater treatment technologies provided for in ABNT NBR 17076:2024, using the Eufrasina Island community in Paranaguá (PR) as a case study. Its methodology was based on the analysis of alternatives to the standard combined with a field survey. Technologies were assessed via qualitative multicriteria analysis considering

¹ Universidade Federal do Paraná – Curitiba – Paraná – Brasil.

* **Autor correspondente:** thamyris_miras@hotmail.com

required volume or area, electricity demand, maintenance, biochemical oxygen demand removal efficiency, and logistical feasibility. Results indicated septic tanks, anaerobic filters, compartmentalized reactors, vermifilters, and compact treatment units (MTEC) as the most suitable treatment, potentially combined with constructed wetlands. This study contributes to selecting technologies compatible with isolated coastal communities.

Keywords: *Decentralized sanitation. Vermifilters. Constructed wetlands. Septic tanks. Upflow anaerobic filters. Coastal communities.*

1 INTRODUÇÃO

O esgotamento sanitário é definido como o conjunto de ações destinadas à coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários, conforme estabelecido pela Lei nº 11.445/2007, que institui as diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil (Brasil, 2007). Em escala global, o acesso ao saneamento também foi consolidado como um direito humano essencial pela Organização das Nações Unidas (ONU) (United Nations, 2010), por meio da Agenda 2030 e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que estabelecem como meta garantir, até o ano de 2030, o acesso universal e equitativo a serviços seguros e adequados de saneamento e higiene (Peixoto; Ahmed; Sales, 2021).

Apesar dos avanços registrados nas últimas décadas na ampliação da cobertura dos serviços de esgotamento sanitário no Brasil, persistem desigualdades estruturais que dificultam a universalização do atendimento. Segundo Chernicharo *et al.* (2018), a meta nacional para o setor estabelece a ampliação do tratamento de esgoto a níveis próximos à universalização até o ano de 2033. Entretanto, o alcance dessas metas enfrenta desafios significativos em determinadas regiões do território brasileiro.

Entre essas áreas, destacam-se aquelas com elevado grau de isolamento geográfico, caracterizadas por baixa densidade populacional, difícil acesso e ocupação territorial dispersa. Nesses contextos, a implantação de sistemas convencionais de coleta e tratamento de

esgoto, baseados em redes extensas e estações centralizadas, mostra-se frequentemente tecnicamente complexa e economicamente inviável (Tonetti *et al.*, 2018). Essa condição representa um entrave importante à universalização dos serviços públicos de saneamento em territórios remotos.

Como consequência dessas limitações logísticas, a ausência ou precariedade do tratamento de esgoto pode resultar em impactos significativos sobre os corpos hídricos. Conforme Barán, Aquino e Sanson (2023), uma das principais fontes de contaminação das águas é o lançamento de esgoto sanitário não tratado ou apenas parcialmente tratado. No Estado do Paraná, por exemplo, dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022) indicam que, em 2022, apenas 76,3% da população era atendida por redes coletoras de esgoto e aproximadamente 75,9% do volume gerado era submetido a tratamento. Esses percentuais evidenciam limitações na cobertura do serviço, frequentemente associadas à existência de comunidades localizadas em regiões periféricas ou de difícil acesso.

No entorno da Baía de Paranaguá, localizada no litoral do Paraná, existem diversas comunidades com elevado grau de isolamento geográfico, acessíveis exclusivamente por transporte hidroviário. As limitações logísticas associadas, aliadas à baixa densidade populacional e à ocupação dispersa do território, configuram um cenário de inviabilidade técnica e econômica para a implantação de sistemas centralizados de esgotamento sanitário nessas áreas.

Diante dessas condições, soluções descentralizadas de tratamento de esgoto têm se mostrado alternativas tecnicamente viáveis para comunidades isoladas. Nesse contexto, a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 17076:2024 estabelece diretrizes técnicas para o dimensionamento e implantação de sistemas descentralizados de esgotamento sanitário, aplicáveis a empreendimentos com vazões de até 12.000 L/dia e cargas orgânicas de até 3,80 kg de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) por dia. Essa norma contempla soluções tecnológicas adaptadas às condições locais, considerando aspectos geográficos, geotécnicos e ambientais específicos da área de implantação. Diversos estudos têm investigado o desempenho de tecnologias de tratamento descentralizado aplicáveis a sistemas de pequeno porte. Ferreira e Saron (2013), por exemplo, analisaram a eficiência de um *wetland* construído de fluxo vertical descendente, alcançando remoção de 83,92% de DBO. De forma semelhante, Carneiro (2018) avaliou um *wetland* compacto aplicado ao tratamento de águas residuárias brutas, obtendo eficiência de remoção de DBO de 74,3%. Além disso, *wetlands* de fluxo superficial são amplamente utilizados nos Estados Unidos como etapa de tratamento terciário em sistemas de esgotamento sanitário (Rubim, 2017).

Além das soluções baseadas em *wetlands* construídos, outras abordagens biotecnológicas têm sido investigadas para o tratamento de esgoto doméstico, com o objetivo de acelerar a degradação da matéria orgânica presente nos efluentes. De acordo com Terra (2016), com base em dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama, 2013), já existiam mais de 40 biorremediadores disponíveis para aplicação em sistemas de tratamento de esgoto. O autor relata a aplicação do biorremediador Embralm em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), resultando no aumento da eficiência de remoção de DBO de valores inferiores a

60% para aproximadamente 84%. Outras tecnologias, como o uso de biopolímeros ionizados, também têm demonstrado resultados promissores, elevando a eficiência de remoção de DBO de 55,2% para 94,4% (Carvalho *et al.*, 2018).

Nesse mesmo contexto, foram desenvolvidas tecnologias compactas que utilizam consórcios bacterianos para a degradação biológica dos efluentes, alcançando eficiência de até 92% na remoção de matéria orgânica (Almeida *et al.*, 2023). Outras soluções viáveis incluem os biodigestores, sistemas de fácil instalação e manutenção que apresentam eficiência de até 89% na remoção de poluentes (Fortlev, 2013). Já os vermifiltros, que utilizam minhocas no processo de tratamento, vêm sendo reconhecidos por sua eficácia, atingindo até 91% de remoção de matéria orgânica, conforme demonstrado por Tonetti *et al.* (2005) e contemplado na ABNT NBR 17076:2024.

Apesar da disponibilidade de diferentes tecnologias descentralizadas de tratamento de esgoto, ainda há uma limitada sistematização de critérios técnicos para a seleção dessas soluções em comunidades isoladas, especialmente em territórios costeiros com restrições logísticas, ambientais e geográficas.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo identificar e avaliar as tecnologias previstas na ABNT NBR 17076:2024, com ênfase na seleção das mais adequadas para atender à realidade específica de uma comunidade do litoral do Paraná, a Ilha de Eufrasina, situada no município de Paranaguá. Para tanto, foram considerados os aspectos edáficos, geográficos e de uso e ocupação do solo local. A proposta deste artigo é fornecer subsídios técnicos para a implementação de sistemas descentralizados de esgotamento sanitário, buscando ampliar o acesso ao saneamento básico nessa comunidade.

2 METODOLOGIA

A metodologia foi estruturada com base nos critérios técnicos estabelecidos na ABNT NBR 17076:2024, norma que define os requisitos mínimos para a concepção de sistemas de esgotamento sanitário de pequeno porte. Foram consideradas as etapas descritas no item 4.1.1 da norma, contemplando: (a) caracterização técnica dos sistemas viáveis para implantação; (b) levantamento planialtimétrico da área de estudo; (c) obtenção de dados ambientais locais; (d) execução de sondagens geotécnicas para determinação das características edáficas do solo; (e) mapeamento das unidades consumidoras e respectivas fontes geradoras de efluentes; (f) análise do uso e ocupação do solo; (g) identificação de restrições ambientais; (h) avaliação das condições de segurança e acesso; (i) verificação da legislação aplicável; e (j) atendimento às condicionantes estabelecidas pelos órgãos ambientais competentes.

Um levantamento de campo foi realizado na Ilha de Eufrasina em 1º de abril de 2023, com o objetivo de identificar as soluções individuais de tratamento de esgoto utilizadas pela população residente na Ilha. A atividade foi conduzida por três equipes interdisciplinares, compostas por representantes da associação de moradores local, da Secretaria Municipal de Aquicultura, Pesca e Abastecimento de Paranaguá e da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

O levantamento foi realizado por meio de visitas às unidades habitacionais da comunidade, com observação direta das instalações sanitárias. Durante as visitas, foram coletadas informações relativas à caracterização das residências, incluindo número de moradores, quantidade de vasos sanitários, existência ou não de sistema de tratamento de esgoto, presença de dispositivos complementares, como caixas de gordura, e características das instalações hidráulicas internas. Também foi verificado se os efluentes provenientes do chuveiro e do vaso sanitário

eram conduzidos por tubulação interna única ou por tubulações independentes, possibilitando a segregação do esgoto sanitário.

Para o atendimento ao item (a) da ABNT NBR 17076:2024, foram analisadas as alternativas tecnológicas recomendadas para sistemas de esgotamento sanitário de pequeno porte. A Figura 1 apresenta a classificação dos sistemas de tratamento de efluentes de acordo com o tipo de processo aplicado. Para fins desta pesquisa, a aplicabilidade de cada tecnologia foi analisada com base nas faixas de vazão e carga orgânica tratável, seguindo os critérios de dimensionamento e tipificação definidos na referida norma.

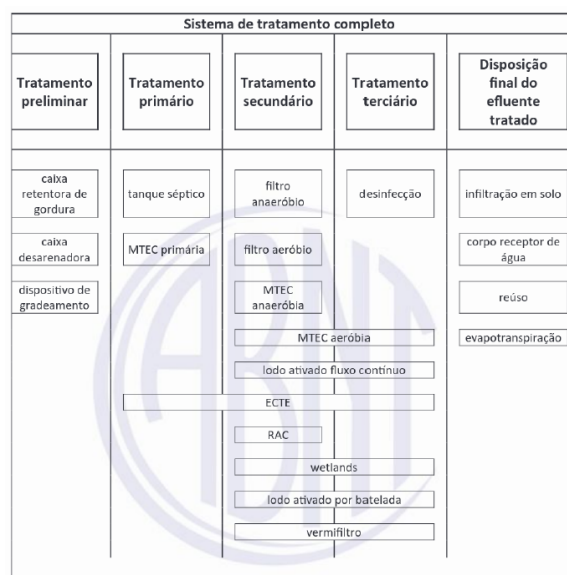


Figura 1 – Classificação dos sistemas de tratamento de efluentes de menor porte.

Fonte: ABNT (2024).

Para o dimensionamento das tecnologias descentralizadas de tratamento de esgoto analisadas neste estudo, adotou-se o coeficiente de contribuição de 100 L/hab.dia, conforme recomendado pela referida norma para residências unifamiliares de padrão construtivo baixo. Considerou-se, ainda, uma taxa média de ocupação de três habitantes por domicílio, valor obtido a

partir do levantamento de campo realizado na área de estudo. Com base nesses parâmetros, estimou-se a geração de esgoto doméstico por unidade habitacional, resultando em uma vazão média diária de 300 L/dia por residência.

A partir dessa vazão, procedeu-se ao dimensionamento preliminar das unidades de tratamento previstas na ABNT NBR 17076:2024. Para fins de dimensionamento, considerou-se a temperatura média anual do município de Paranaguá, no período de 2001 a 2019, correspondente a 22,4°C (Souza *et al.*, 2020). Considerando que a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C, foram aplicados os critérios estabelecidos na referida norma para regiões de clima tropical.

Quanto à taxa de acumulação de lodo, para as tecnologias cuja metodologia de cálculo envolve a definição do intervalo de limpeza periódica, foi adotado ciclo operacional de três anos, conforme indicado na norma para unidades de tratamento primário, como tanques sépticos e reatores anaeróbios, garantindo o correto dimensionamento dos volumes de armazenamento e dos sistemas de digestão.

Além disso, foi considerado o fator logístico relacionado ao transporte dos equipamentos até o local de implantação. Por tratar-se de uma comunidade localizada no interior da Baía de Paranaguá, a acessibilidade é restrita ao transporte hidroviário, o que impõe limitações quanto às dimensões e ao peso dos componentes

a serem instalados. Assim, a viabilidade de transporte e montagem dos sistemas também foi incluída como critério comparativo entre as tecnologias analisadas.

De modo complementar, realizou-se a avaliação da eficiência de tratamento de efluentes de cada tecnologia considerada. Essa etapa contemplou a análise da capacidade de remoção de carga orgânica, com ênfase na eficiência de remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), conforme dados reportados na literatura técnico-científica. Os resultados dessa avaliação subsidiaram a etapa conclusiva do estudo, contribuindo para a indicação das soluções mais adequadas à realidade da comunidade da Ilha de Eufrasina.

3 RESULTADOS

As subseções a seguir foram estruturadas com base nos itens definidos no item 4.1.1 da ABNT NBR 17076:2024.

3.1 Caracterização técnica dos sistemas viáveis para implantação

Com base nas diretrizes da ABNT NBR 17076:2024, foram avaliadas tecnologias descentralizadas de pequeno porte aplicáveis à comunidade. A Tabela 1 apresenta uma síntese comparativa das tecnologias previstas na norma, incluindo parâmetros como área ou volume necessários calculados conforme a metodologia na referida norma, exigência de energia elétrica, manutenção e eficiência de remoção de DBO.

Tabela 1 – Comparativo entre tecnologias de tratamento de esgoto de pequeno porte conforme a ABNT NBR 17076:2024.

Sistema de Tratamento	Volume / Área Requerida	Energia Elétrica	Manutenção	Eficiência de Remoção de DBO	Observações Técnicas
Tanque séptico	1.735 L	Não	Baixa	60%	Requer tratamento complementar
Equipamento compacto de tratamento de esgoto (ECTE)	1.500 L	Sim	Alta	>90%	Exige transporte e uma grande área para a implantação
Módulo de Tratamento de Esgoto Compacto (MTEC) ¹ .	1850 L	Não	Moderada	92%	Transporte pode ser limitante devido ao tamanho do MTEC
Reator anaeróbio compartimentado (RAC)	Volume variável	Não	Alta	96%	Alta eficiência e custo não estimado
Filtro anaeróbio de leito fixo (ascendente)	480 L	Não	Moderada	96%	Alta eficiência e viabilidade local
Filtro aeróbio submerso aerado forçado	685 L	Sim	Alta	90–95%	Exige energia contínua e manutenção especializada
Lodo ativado – fluxo contínuo	Não informado	Sim	Alta	95–98%	Necessita operação técnica contínua e energia elétrica
Lodo ativado por batelada (LAB)	Não informado	Sim	Alta	95–98%	Exige automação e energia elétrica
<i>Wetlands</i> construídos	Não informado	Não	Alta	Complementar	Conforme a ABNT NBR 17076:2024, os <i>wetlands</i> devem ser utilizados apenas como tratamento complementar.
Vermifiltro	≥ 300 L	Não	Moderada	91%	Adaptável com materiais acessíveis

¹Para fins comparativos, foi considerado o equipamento Bioete no MTEC, devido ao seu porte compacto e à eficiência de remoção informada pelo fabricante.

3.2 Levantamento planialtimétrico, dados ambientais e uso do solo

A Ilha de Eufrasina é uma comunidade localizada no município de Paranaguá, às margens da Baía de Paranaguá, no Estado do Paraná. Apesar de não corresponder, do ponto de vista geográfico, à definição formal de ilha, a localidade é tradicionalmente assim referida por seus habitantes. Inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, a região apresenta restrições ambientais específicas e acesso exclusivamente realizado por via marítima.

A comunidade não possui atividades de caráter industrial, sendo os efluentes gerados exclusivamente de natureza doméstica, oriundos

de unidades residenciais e de edificações institucionais, como escolas e igrejas. A Figura 2 apresenta a localização geográfica da comunidade, a distribuição das edificações existentes e a representação planialtimétrica da área de estudo.

A comunidade da Ilha de Eufrasina configura-se como um dos contextos mais desafiadores para a implantação de soluções de saneamento básico no litoral paranaense, em razão de suas restrições geográficas, ambientais e logísticas. A área apresenta relevo acentuado, presença de aflorações rochosas e ocupação habitacional concentrada nas margens da baía, o que reduz significativamente a disponibilidade de espaço físico para a instalação de unidades de tratamento de efluentes (Figuras 2 e 3).

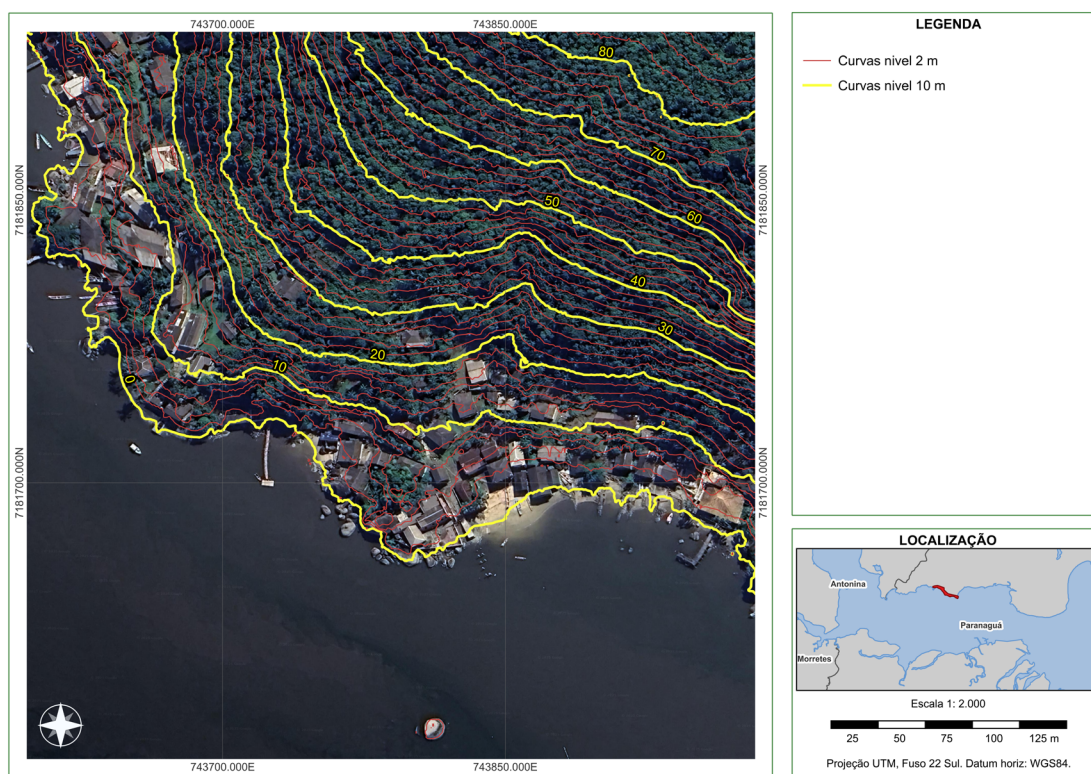


Figura 2 – Mapa planialtimétrico com marcação das edificações da comunidade.



Figura 3 – Comunidade de Eufрасina: (a) vista marítima; (b) proximidade entre residências; (c) residências à beira da água; (d) declividade acentuada; (e) afloramento rochoso; (f) lançamento de efluentes na Baía.

A adoção de sistemas coletivos de esgotamento sanitário é tecnicamente inviável, pois demandaria a construção de múltiplas estações elevatórias para transposição das declividades, o que acarretaria elevados custos operacionais e complexidade técnica. Como consequência, observa-se o descarte recorrente de efluentes domésticos diretamente no solo ou nos corpos hídricos, gerando condições ambientais insalubres e impactos negativos à saúde pública e ao meio ambiente.

O diagnóstico realizado na comunidade permitiu caracterizar as condições de tratamento e disposição dos esgotos nas residências locais. Foram identificadas 162 edificações, das quais 157 destinam-se ao uso residencial. Dentre essas, 62 estavam ocupadas por moradores permanentes e 95 eram utilizadas como residências de veraneio ou segunda residência. Quanto à disposição final dos efluentes, 49 residências realizavam lançamento direto no solo ou em corpos hídricos, sem qualquer tipo de tratamento. Outras oito utilizavam soluções alternativas não padronizadas. A maioria das unidades (99) fazia uso de sumidouros, sem pré-tratamento.

3.3 Execução de sondagens geotécnicas

Não foram realizadas sondagens geotécnicas na área de estudo, uma vez que a alternativa de infiltração do efluente tratado no solo foi previamente avaliada e considerada tecnicamente inviável para as condições locais. A comunidade está situada em área costeira, caracterizada pela presença de lençol freático raso e pela ocorrência frequente de afloramentos rochosos, condições que limitam a adoção de sistemas baseados em infiltração no solo.

Diante dessas restrições, optou-se pela avaliação de alternativas de destinação do efluente tratado mais compatíveis com as características ambientais da área, como tanques de evapotranspiração e a disposição do efluente

tratado na baía, respeitando as condições locais e as diretrizes técnicas aplicáveis.

3.4 Restrições, segurança, legislação e condicionantes ambientais

Após a análise dos sistemas viáveis de implementação, submeteu-se o projeto e os estudos ambientais ao órgão ambiental licenciador para a análise das restrições ambientais, avaliação das condições de segurança e acesso, e aplicação das legislações pertinentes por meio de condicionantes ambientais a serem seguidas.

4 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Considerando os dados colhidos na Tabela 1, elaborou-se uma análise multicritério estruturada (Tabela 2) para definir quais tecnologias são adequadas para a implantação na comunidade de Eufrasina. A análise multicritério foi conduzida de forma qualitativa, considerando quatro parâmetros principais: necessidade de energia elétrica, complexidade de manutenção, volume ou área requerida para implantação e compatibilidade com as condições logísticas da comunidade.

Um fator limitante identificado refere-se ao fornecimento de energia elétrica. A comunidade, por se localizar em uma região insular, enfrenta restrições quanto à estabilidade da rede elétrica, devido a falhas frequentes causadas por intempéries, como chuvas intensas e ventos fortes. Em razão disso, sistemas que dependem de operação eletromecânica contínua, como aeradores forçados e equipamentos de bombeamento, são considerados inviáveis. Assim, foram excluídos da recomendação os sistemas ECTE, lodo ativado (fluxo contínuo e batelada) e o filtro aeróbio submerso aerado forçado.

Outra questão relevante refere-se à manutenção dos equipamentos. Considerando que essa responsabilidade ficará a cargo dos próprios moradores, verificou-se que sistemas com

componentes eletromecânicos demandam procedimentos mais complexos de operação e manutenção. Dessa forma, tais alternativas foram descartadas, uma vez que podem, a longo prazo, tornar-se incompatíveis com a realidade operacional da comunidade de Eufrasina.

Além disso, objetiva-se implantar sistemas de tratamento de esgoto sanitário com eficiência superior a 80% na remoção de matéria orgânica.

Para isso, serão implantados sistemas individuais seguidos por sistemas complementares coletivos, como *wetlands* ou tanques de evapotranspiração. Dessa forma, a eficiência de remoção de DBO não foi utilizada como critério decisório isolado, uma vez que os sistemas avaliados serão implantados em combinação com unidades complementares de tratamento, permitindo alcançar eficiência global superior a 80%.

Tabela 2 – Análise multicritério estruturada entre tecnologias de tratamento de esgoto de pequeno porte conforme dados da Tabela 1.

Sistema de Tratamento	Volume	Energia Elétrica	Manutenção	Adequado às condições locais?
Tanque Séptico	Moderado	Não	Baixa	Adequado
Equipamento compacto de tratamento de esgoto (ECTE)	Moderado	Sim	Alta	Inadequado
Módulo de Tratamento de Esgoto Compacto (MTEC)	Moderado	Não	Moderada	Adequado
Reator anaeróbio compartimentado (RAC)	Moderado	Não	Moderada	Adequado
Filtro anaeróbio de leito fixo (ascendente)	Baixo	Não	Moderada	Adequado
Filtro aeróbio submerso aerado forçado	Baixo	Sim	Alta	Inadequado
Lodo ativado – fluxo contínuo	Alto	Sim	Alta	Inadequado
Lodo ativado por batelada (LAB)	Alto	Sim	Alta	Inadequado
<i>Wetlands</i> construídos	Alto	Não	Baixa	Complementar
Vermifiltro	Baixo	Não	Moderada	Adequado

Baixo: facilmente implantável em áreas reduzidas. Moderado: implantável com adaptações. Alto: difícil implantação na comunidade.

O vermifiltro foi considerado um sistema adequado para implantação na comunidade, uma vez que o modelo adotado consiste em uma configuração adaptada na qual o esgoto bruto é conduzido diretamente ao sistema de tratamento, dispensando a necessidade de bombeamento para recirculação do efluente ou de fornecimento de energia elétrica.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou tecnologias de esgotamento sanitário de pequeno porte aplicáveis à comunidade da Ilha de Eufrasina,

localizada em uma área acessível exclusivamente por embarcação, no município de Paranaguá (PR). A análise foi realizada a partir de diagnóstico *in loco* e com base nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 17076:2024, o que possibilitou identificar limitações das soluções atualmente utilizadas e propor alternativas compatíveis com as condições geográficas, infraestruturais, econômicas e sociais da comunidade.

Com base na metodologia adotada e nos resultados obtidos, verificou-se que as tecnologias mais adequadas às características locais são: tanque séptico, filtro anaeróbio de fluxo

ascendente, reator anaeróbico compartimentado, vermifiltro e o módulo de tratamento de efluentes compactos (MTEC). A adoção dessas soluções permite projetar sistemas com eficiência global mínima de aproximadamente 80% de remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), ocupando áreas reduzidas – condição fundamental em comunidades com elevada densidade de ocupação.

Considerando as limitações locais relacionadas à topografia, ao solo rochoso e à disponibilidade de energia elétrica, também foi analisada a possibilidade de utilização de sistemas complementares de tratamento, com a aplicação de *wetlands* construídos como etapa posterior ao tratamento primário ou anaeróbico. Essa estratégia permite reduzir a carga concentrada em um único ponto de lançamento e minimizar o descarte direto de efluentes tratados na baía, possibilitando, ainda, o atendimento conjunto de duas ou mais residências em um mesmo sistema, otimizando o uso do espaço disponível.

A implantação dos sistemas deve considerar as características específicas de cada residência, especialmente quanto à segregação ou não das águas cinzas, uma vez que algumas tecnologias apresentam sensibilidade a determinadas condições operacionais.

A adoção de soluções modulares e adaptáveis ao perfil das residências constitui uma estratégia adequada para a implantação de sistemas de esgotamento sanitário em comunidades isoladas, permitindo conciliar viabilidade técnica, simplicidade de operação e compatibilidade com as limitações físicas e infraestruturais do território. Além disso, o procedimento metodológico adotado neste estudo pode ser aplicado em outras comunidades costeiras isoladas, contribuindo para a seleção de tecnologias de saneamento descentralizado adaptadas às condições locais.

6 AGRADECIMENTOS

Ao Projeto Comunidades Sustentáveis pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho, e ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial (PPGMAUI) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) pelo suporte institucional.

7 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Miras TM; **Metodologia:** Miras TM; **Investigação:** Armani, F; **Redação – Primeira versão:** Claus A, Armani F e Miras TM; **Redação – Revisão & Edição:** Miras TM; **Aquisição de Financiamento:** Armani, F; **Recursos:** Armani, F.

8 REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17076:2024:** projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.
- ALMEIDA, A. V. *et al.* Viabilidade da biotecnologia no saneamento básico: uma avaliação econômica e sustentável. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 12, n. 13, 2023.
- BARÁN, T. W.; AQUINO, S. F.; SANSON, A. L. Avaliação de risco ambiental de fármacos e desreguladores endócrinos presentes no esgoto sanitário brasileiro. **Revista DAE**, São Paulo, v. 71, n. 240, p. 120-132, abr./jun. 2023.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial**, Brasília, DF, 8 jan. 2007.
- CARNEIRO, M. A. **Sistemas individuais alternativos de tratamento de esgoto sanitário**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- CARVALHO, A. S. F. *et al.* Solução biotecnológica aplicada em estações de tratamento de esgoto: utilização de biopolímero ionizado. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 9., 2018, São Bernardo do Campo. **Anais [...]**. São Bernardo do Campo: IBEAS, 2018.
- CHERNICHARO, C. A. L. *et al.* Panorama do tratamento de esgoto sanitário nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil: tecnologias mais empregadas. **Revista DAE**, São Paulo, v. 66, n. 213, p. 5-19, out./dez. 2018.
- FERREIRA, M. M.; SARON, A. Study on the efficiency of domestic wastewater treatment by a downward vertical flow

wetland for the application in isolated communities - Labor scale treatment plant. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [s. l.], v. 8, n. 1, 2013.

FORTLEV. **Manual de instalação**: estação Compacta FORTLEV para tratamento de esgoto domiciliar. Araquari: Fortlev, 2013.

PEIXOTO, A. L. A.; AHMED, F. V.; SALES, C. M. R. Saneamento básico: direito de todos? Uma breve análise. **Boletim Petróleo, Royalties e Região**, Campos dos Goytacazes, n. 70, set./dez. 2021.

RUBIM, C. Tratamento de efluentes com wetlands e jardins filtrantes construídos artificialmente. **Revista TAE**, São Paulo, n. 34, 2017.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Panorama do saneamento básico no Brasil - 2022**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis>. Acesso em: 31 jan. 2025.

SOUZA, F. X. S. *et al.* As alterações no clima urbano de Paranaguá correlacionado ao uso e ocupação do solo. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, Paranaguá, v. 5, n. 2, p. 5-26, mar./set. 2020.

TERRA, V. C. Avaliação da eficiência da biorremediação na redução da carga orgânica de estações de tratamento de esgoto: o caso da ETE Neblina em Araguaína/TO. **Revista Eixo**, [s. l.], v. 5, n. 2, 2016.

TONETTI, A. L. *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Campinas: Unicamp, 2018.

TONETTI, A. L. *et al.* Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 197-202, set. 2005.

UNITED NATIONS. **Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010 – 64/292**: The human right to water and sanitation. New York: UN, 2010. Disponível em: <https://docs.un.org/en/A/Res/64/292>. Acesso em: 3 fev. 2025.