# MÓDULO COMPACTO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (MTEC) PARA ÁREAS NÃO ATENDIDAS POR SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

**Marcio Tardioli** [(1)]

Administrador de Empresas (UNICID), MBA em Gestão Empresarial (FIA), MBA em Gestão Estratégica (FGV), Analista de Gestão do Departamento de Acervo e Normalização Técnica da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp).

**Ana Maria Ribeiro** [(2)]

Engenheira Civil (FESP), Especialização em Engenharia de Saneamento Básico (FSP - USP), Mestre em Tecnologia Ambiental (IPT), MBA em Saneamento Ambiental (FESPSP). Engenheira do Departamento de Acervo e Normalização Técnica da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp).

**Danilo Camargo** [(3)]
Engenheiro Ambiental (PUC-Campinas), Engenheiro Civil (UNIP), MBA em Gestão e Tecnologias Ambientais (POLI-USP), Diretor da empresa AEKO Engenharia.

Endereço : Rua Costa Carvalho, 300 - Pinheiros – São Paulo - SP - CEP: 05429-900 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-9541 - e-mail: amribeiro@sabesp.com.br

**RESUMO**

O saneamento básico no Brasil enfrenta desafios significativos, especialmente em comunidades isoladas e áreas sem acesso à rede de coleta de esgoto. Em comunidades isoladas, muitos moradores dependem de soluções inadequadas como fossas rudimentares e lançamento de esgoto em cursos d'água, o que agrava a saúde pública e o meio ambiente, aumentando a incidência de doenças de veiculação hídrica e a contaminação de recursos hídricos. A melhoria do saneamento nessas áreas é essencial para promover dignidade, saúde e qualidade de vida, exigindo investimentos contínuos e políticas públicas eficazes. Neste contexto, este trabalho apresenta a eficiência de remoção de material orgânico, em termos de DBO, de um equipamento compacto pré-fabricado de tratamento de esgoto, atendendo à normativa ABNT NBR 17076 de 26 de abril de 2024. O módulo compacto de tanque séptico e filtro anaeróbio conjugado foi operado em condições normais, tratando esgoto sanitário por 180 dias. Após a fase de aclimatação, o sistema apresentou uma eficiência de 80% na remoção de DBO. Além disso, o MTEC mostrou-se uma alternativa promissora, devido à sua praticidade de instalação, manutenção e durabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Saneamento Básico, ETEs compactas, Comunidades Isoladas.

## 1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um dos principais desafios enfrentados pelo Brasil atualmente, especialmente em áreas rurais e comunidades isoladas. A falta de infraestrutura adequada afeta diretamente a saúde pública, a qualidade de vida e o meio ambiente. Este trabalho apresenta uma breve introdução sobre a situação do saneamento básico no Brasil, com ênfase nas comunidades isoladas, e aborda o desenvolvimento e a avaliação da eficiência de um Equipamento de Tratamento de Esgoto Compacto para remoção de DBO de esgoto sanitário. Este equipamento pode ser aplicado em diversas situações, especialmente em locais sem rede de coleta de esgoto e de difícil acesso.

O saneamento básico inclui um conjunto de serviços essenciais como abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), apenas 54% da população brasileira é atendida por redes de coleta de esgoto. Este dado alarmante evidencia uma lacuna significativa na cobertura de serviços básicos, essenciais para o desenvolvimento humano e ambiental.

A situação é ainda mais crítica quando se considera a qualidade e a eficiência dos serviços prestados. Muitas cidades enfrentam problemas com a manutenção e a operação de suas redes de esgoto, resultando em vazamentos e contaminação do solo e das águas subterrâneas. A escassez de recursos financeiros e a falta de planejamento estratégico são fatores que contribuem para a ineficiência do sistema de saneamento no Brasil

(SNIS, 2022). Segundo Heller e Rezende (2020), a universalização do saneamento no Brasil enfrenta barreiras estruturais e institucionais que necessitam de soluções integradas e intersetoriais.

### 1.1 Comunidades Isoladas

As comunidades isoladas, incluindo áreas rurais e regiões periféricas urbanas, são as mais afetadas pela falta de saneamento básico. Nessas regiões, a infraestrutura é frequentemente inexistente ou inadequada, levando os moradores a depender de soluções como fossas rudimentares e o descarte de esgoto diretamente em cursos d'água. Esta prática contribui para a proliferação de doenças de veiculação hídrica, como diarreia, hepatite A e outras infecções intestinais, que afetam especialmente crianças e idosos (Instituto Trata Brasil, 2023).

Além dos problemas de saúde pública, o lançamento de esgoto *in natura* nos corpos d'água provoca a eutrofização, um processo que resulta no crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, diminuindo a qualidade da água e afetando a biodiversidade. Segundo Esteves (2011), a eutrofização é um dos principais problemas ambientais associados à poluição hídrica no Brasil, agravado pela falta de tratamento adequado de esgoto.

A ausência de redes de coleta de esgoto nessas áreas não é apenas uma questão de saúde pública, mas também de dignidade humana. A melhoria das condições de saneamento é essencial para garantir um ambiente saudável e seguro para todos os cidadãos. Além disso, a contaminação de recursos hídricos representa um risco significativo para o ecossistema local e para a sustentabilidade ambiental (Instituto Trata Brasil, 2023).

### 1.2 Desafios na Implantação de Redes de Esgoto no Brasil

A implantação de redes de esgoto em áreas isoladas e comunidades rurais enfrenta diversos desafios. Primeiramente, o custo elevado de instalação e manutenção das infraestruturas de saneamento básico é um grande obstáculo. O Brasil é um país de dimensões continentais, com regiões de difícil acesso que aumentam significativamente os custos logísticos e operacionais (Moraes et al., 2018).

Outro desafio é a falta de investimento público e privado no setor. Embora existam políticas públicas voltadas para a expansão dos serviços de saneamento, a implementação dessas políticas é frequentemente lenta e ineficaz devido à burocracia, à corrupção e à má gestão dos recursos (SNIS, 2022). A prioridade política e a alocação de verbas para projetos de saneamento básico muitas vezes não são suficientes para atender às necessidades da população.

Além disso, a falta de conhecimento e de capacitação técnica para a operação e manutenção dos sistemas de esgoto é um problema comum. Muitas comunidades não possuem os recursos humanos ou o treinamento necessário para gerir adequadamente as infraestruturas de saneamento, resultando em sistemas subutilizados ou abandonados (Instituto Trata Brasil, 2023).

### 1.3 Tecnologias de Tratamento de Esgoto

Para superar esses desafios, várias tecnologias de tratamento de esgoto foram desenvolvidas, cada uma com suas vantagens e desvantagens. Entre as opções mais viáveis para comunidades isoladas estão os sistemas compactos e modulares, que oferecem praticidade de instalação e manutenção, além de serem mais acessíveis em termos de custo. Neste trabalho, vamos focar nos tanques sépticos e filtros anaeróbios, no entanto, é importante frisar que existem diferentes possibilidades de escolha da tecnologia e que se deve priorizar as condições de contorno do local, legislação, vocação da região, custos de implantação e operação, entre outros aspectos.

### 1.4 Tanques Sépticos

Os tanques sépticos são uma solução comum em áreas rurais e isoladas. Funcionam como unidades de tratamento primário, onde os sólidos são separados dos líquidos e a matéria orgânica é decomposta por ação anaeróbia. Embora eficazes no tratamento inicial do esgoto, os tanques sépticos necessitam de manutenção regular e não eliminam completamente os patógenos presentes no esgoto (Luz et al., 2015).

### 1.5 Filtros Anaeróbios

Os filtros anaeróbios são frequentemente utilizados em conjunto com tanques sépticos para melhorar a qualidade do efluente. Consistem em leitos filtrantes que promovem a decomposição anaeróbia adicional da matéria orgânica. Esses sistemas são mais eficazes na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e

podem ser uma opção viável para comunidades que não possuem acesso a tecnologias mais avançadas (Fellouse et al., 2007).

### 1.6 Vantagens e Desafios das Tecnologias Compactas

As tecnologias compactas de tratamento de esgoto oferecem várias vantagens, incluindo facilidade de instalação, custos reduzidos e requisitos mínimos de manutenção. Essas características tornam as tecnologias compactas ideais para aplicação em comunidades isoladas e áreas rurais. Além disso, a modularidade desses sistemas permite a sua expansão conforme a demanda aumenta, proporcionando flexibilidade e escalabilidade (Moraes et al., 2018).

No entanto, existem desafios associados ao uso dessas tecnologias. A eficiência de tratamento pode variar dependendo das condições locais, como a carga de esgoto e a temperatura ambiente. A manutenção periódica é essencial para garantir o desempenho contínuo dos sistemas, e a falta de capacitação técnica pode ser um obstáculo em algumas comunidades (Heller & Rezende, 2020).

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar a eficiência de remoção de material orgânico, em termos de DBO, de um módulo compacto pré-fabricado de tratamento de esgoto, visando atender aos requisitos técnicos e legais da normativa ABNT NBR 17076:2024, e demonstrar sua viabilidade como solução prática e durável para comunidades isoladas e áreas sem acesso à rede de coleta de esgoto.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Características dos Esgotos

Os esgotos sanitários variam no espaço, em função de diversas variáveis desde o clima até hábitos culturais. Por outro lado, variam também ao longo do tempo, o que torna complexa sua caracterização. Metcalf & Eddy (2015) classificam os esgotos em forte, médio e fraco, conforme as características apresentadas na **Tabela 1**:

**Tabela 1: Características físico-químicas dos esgotos**

| Características | Forte | Médio | Fraco |
|---|---|---|---|
| $DBO_{5,20}$ (mg/L) | 400 | 220 | 110 |
| DQO (mg/L) | 1.000 | 500 | 250 |
| Carbono Org. Total (mg/L) | 290 | 160 | 80 |
| Nitrogênio total – NTK (mg/L) | 85 | 40 | 20 |
| Nitrogênio Orgânico (mg/L) | 35 | 15 | 08 |
| Nitrogênio Amoniacal (mg/L) | 50 | 25 | 12 |
| Fósforo Total (mg/L) | 15 | 08 | 04 |
| Fósforo Orgânico (mg/L) | 05 | 03 | 01 |
| Fósforo Inorgânico (mg/L) | 10 | 05 | 03 |
| Cloreto (mg/L) | 100 | 50 | 30 |
| Sulfato (mg/L) | 50 | 30 | 20 |
| Óleos e Graxas (mg/L) | 150 | 100 | 50 |

Fonte: AEKO

No Brasil, as contribuições "per capita" típicas para a DBO de cinco dias e para a DQO são de 54 e 100 g/hab. dia, respectivamente. A vazão dos esgotos varia conforme o consumo de água, que depende do poder aquisitivo da população e da região. Tipicamente, considera-se uma contribuição de 160 L/hab. dia, baseada em um consumo de água de 200 L/habitante. Dia e um coeficiente de retorno de 0,8. Para determinar as vazões máximas de esgoto, utilizam-se os coeficientes k1 = 1,2 (dia de maior produção) e k2 = 1,5 (hora de maior produção), resultando em uma vazão máxima de 1,8 vezes a média diária.

É importante lembrar que as características dos esgotos também são influenciadas pela infiltração de água subterrânea na rede coletora e por contribuições específicas, como efluentes industriais. Os esgotos sanitários possuem excesso de nitrogênio e fósforo, que, mesmo após tratamento biológico, podem permanecer em altas

concentrações. Esse excesso exige tratamento avançado, especialmente em locais com restrições de lançamento, como represas para abastecimento público, onde a eutrofização pode ter consequências graves.

Na **Tabela 2** são apresentadas algumas características biológicas dos esgotos, importantes para referenciar as necessidades de desinfecção. Embora a legislação seja restrita aos índices de coliformes, aplicações dos esgotos como, por exemplo, na agricultura, podem exigir o controle de outros indicadores.

**Tabela 2: Concentrações de organismos em esgotos sanitários**

| Características | Valor Médio |
|---|---|
| Bactérias Totais (/100 mL) | $10^9$ - $10^{10}$ |
| Coliformes Totais (NMP/100 mL) | $10^7$ - $10^8$ |
| Coliformes Fecais (NMP/100 mL) | $10^6$ - $10^7$ |
| Estreptococus Fecais (NMP/100 mL) | $10^5$ - $10^6$ |
| Salmonella Typhosa (/100 mL) | $10^1$ - $10^4$ |
| Cistos de Protozoários (/100 mL) | 102 - $10^5$ |
| Vírus (/100 mL) | $10^3$ - $10^4$ |
| Ovos de Helmintos (/100 mL) | $10^1$ - $10^3$ |

Fonte: AEKO

Com base nas considerações anteriores, o projeto do MTEC foi desenvolvido levando em conta as características de um esgoto sanitário típico, destinado a uma população de baixo e médio padrão. A seguir, são apresentados os critérios de dimensionamento utilizados para o MTEC, que consiste em um tanque séptico integrado a um filtro anaeróbio, preenchido com mídias plásticas de alto rendimento.

### 3.2 Dimensionamento do MTEC

O dimensionamento do MTEC foi baseado inicialmente em estudos disponíveis na literatura, na norma NBR 7229/1993 e revisado para atender às especificações da NBR 17076/2024. Tradicionalmente, tanques sépticos e reatores anaeróbios em série são projetados com tempos de detenção hidráulica (TDH) elevados, geralmente superiores a 24 horas, o que pode aumentar significativamente os custos de construção desses sistemas. No entanto, estudos mais recentes (Andrade Neto, 1994; Chernicharo, 2011) indicam que sistemas de tratamento anaeróbio em série podem ser projetados e operados com TDH de 6 a 8 horas. Portanto, para este projeto, será considerado um TDH de 8 horas, com o objetivo de garantir a eficiência do processo e minimizar a área necessária para a instalação (**Tabelas 3 e 4)**

**Tabela 3: Dados Adotados para 2 opções de atendimento**

| Variáveis | Público-alvo | | Unidades |
|---|---|---|---|
| Residência de médio padrão | 3 a 5 | 6 a 10 | Habitantes |
| Vazão média de esgoto: | 0,7 | 1,3 | $m^3$/dia |
| Vazão máxima horária | 1,3 | 2,4 | $m^3$/dia |
| Carga de DBO | 0,27 | 0,54 | kgDBO/dia |

Dados considerados na norma NBR17076/2024.

Fonte: AEKO

**Tabela 4: Dados Adotados para 2 opções de atendimento**

| Variáveis | Público-alvo | | Unidades |
|---|---|---|---|
| Residência de médio padrão | 3 a 5 | 6 a 10 | Habitantes |
| Vazão média de esgoto | 0,05 | 0,10 | $m^3$/h |
| Volume útil (digestão do lodo) | 0,40 | 0,80 | $m^3$ |

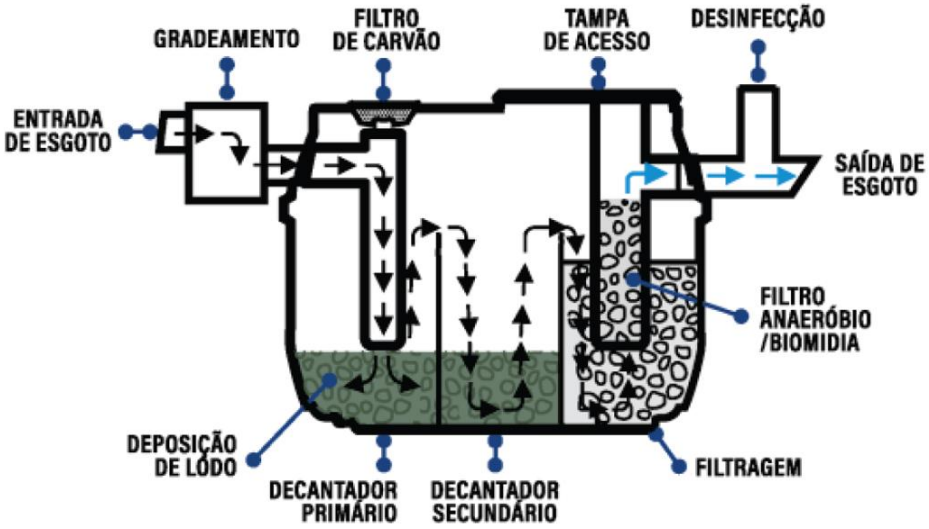
TDH: 8,0 horas ($Q_{máx}$ e Temp > 25ºC).

Fonte: AEKO

**3.3 Geometria dos tanques**

Normalmente a geometria dos tanques pode ser cilíndrica ou prismática. Os cilíndricos são empregados em situações em que se pretende minimizar a área útil, em função de uma maior profundidade. No caso dos tanques prismáticos retangulares, geralmente utiliza-se menor profundidade, que pode se considerar uma vantagem em termos de custo para implantação, devido a escavação, no entanto ocupam uma maior área. Neste estudo, optou-se para o formato prismático retangular, sendo cada sistema constituído de 3 câmaras, sendo a 3º câmara caracterizada pela introdução de meio suporte. A Figura 1 apresenta a concepção final do MTEC proposto. Este projeto foi aprimorado com a inclusão de um sistema de cloração por pastilhas no final do processo de tratamento do efluente, com o objetivo de minimizar a carga residual de patógenos.

**Figura 1: Módulo Compacto de Tratamento de Esgoto (MTEC).**




Fonte: AEKO

Considerações adotadas para o dimensionamento e pré-construção do MTEC:

- **Formato:** Prismático retangular (foi ajustado conforme molde disponível para escalonamento);
- **Relação comprimento/largura:** aprox. 2:1;
- **Profundidade útil:** 1,0 a 1,2 metros;
- **Alimentação:** Deve ser feito com o fluxo ascendente na primeira câmara;
- **Câmaras:** 03 (três), em série (adotado: 1ª câmara igual a 0,6*V e as demais igual a 0,4*V);
- **Chicanas ou divisórias verticais:** adotar espaçamento de no mínimo 30 cm cada (distância vertical mínima entre a extremidade superior ou inferior da abertura e a lâmina d'água);
- **Aberturas de inspeção**: 60 cm de diâmetro (por câmara);
- **Aberturas gerais:** igual ou superior a 20 cm;
- **Meio suporte ou material de enchimento do filtro**: Brita número 4 ou 5 ou peças de plástico (em anéis ou estruturados). Neste caso, recomenda-se o uso de conduítes corrugados de ½ ou ¾ de polegadas, cortados em pedaços de 2-3 cm.

Com base nas considerações e no dimensionamento, é apresentada a **Tabela 5:**

**Tabela 5 : Dimensões Adotadas**

| **Caraterísticas do MTEC** | **Valores** | | **Unidades** |
|---|---|---|---|
| Residência de médio padrão | 3 a 5 | 6 a 10 | Hab. |
| Prismático retangular | 2:1 | 2:1 | - |
| Volume útil (digestão do lodo) | 0,40 | 0,80 | $m^3$ |
| Volume útil (líquido+escuma) | 0,60 | 1,10 | $m^3$ |
| Volume útil (armazenamento do gás) | 0,50 | 0,50 | $m^3$ |
| Volume útil (1ª câmara) | 0,86 | 1,44 | $m^3$ |
| Volume útil (2ª câmara) | 0,30 | 0,48 | $m^3$ |
| Volume útil (3ª câmara) | 0,30 | 0,48 | $m^3$ |
| Volume útil meio suporte (3ª câmara) | 0,22 | 0,36 | $m^3$ |
| ***Resumo das características do MTEC*** | | | |
| Volume total | 1,44 | 2,40 | $m^3$ |
| Altura total | 1,20 | 1,20 | m |
| Comprimento total | 1,50 | 2,00 | m |
| Largura total | 0,80 | 1,00 | m |
| Área | 1,80 | 2,40 | $m^2$ |

Fonte: AEKO

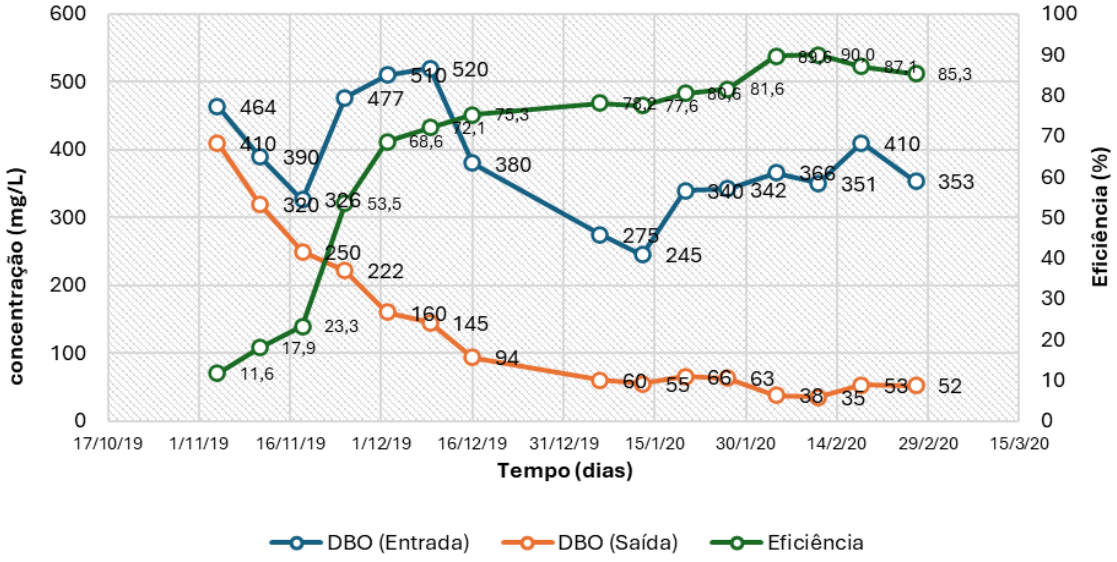
Importante: O nível de entrada e saída do esgoto deve estar relacionado a altura útil do biodigestor, se adotado a altura útil de 1,0 metro a furação deve ser nesta interface (entrada e saída), considerar uma borda de segurança de 0,20 cm, assim temos que a altura total será de 1,20 metros. Caso adotem a altura útil de 1,20, a entrada e saída de esgoto deve ser nesta interface, deixar borda de segurança de 0,20 cm, assim a altura resultante será de 1,40 metros.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Performance do MTEC em relação a DBO

A avaliação do MTEC foi conduzida no Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) e os ensaios laboratoriais no Laboratório de Tratamento de Águas Urbanas Servidas e Reuso de Água (LabTAUS) da Universidade Federal do ABC. Inicialmente, o sistema compacto foi inoculado com lodo anaeróbio proveniente de um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Vargem Grande Paulista, operada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). A introdução do lodo teve como objetivo acelerar o processo de estabilização e aclimatação do tanque séptico, bem como a formação do biofilme anaeróbio no filtro biológico. Na **Figura 2**, apresentamos a evolução da remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) observada desde o início da operação (startup) até a estabilização do processo.

**Figura 2: Evolução da remoção de DBO durante o período de 115 dias de operação.**




Fonte:AEKO

Observa-se na **Figura 1** que, após 42 dias de operação, foi possível atingir uma eficiência de 75% na remoção de DBO. Após 77 dias, essa remoção aumentou para 80%, mantendo-se estável ao longo do período avaliado. Além disso, foram registrados picos de remoção de DBO na ordem de 90%, com uma concentração de DBO inferior a 60 mg/L após 92 dias de operação (3 meses).

Em relação ao material sedimentável, os resultados apresentados nos laudos analíticos mostraram valores sempre inferiores a 1,0 mL/L, além da ausência de sólidos grosseiros e materiais flutuantes no efluente tratado. Em relação ao desinfecção o uso das pastilhas de cloro, mostrou uma redução significativa em relação a Coliformes totais e *Escherichia* Coli, chegando a apresentar ausência na maior parte das amostras analisadas.

Apesar do curto período de operação do sistema, podemos concluir preliminarmente que o processo opera de forma estável, com excelente remoção de DBO. Até o momento, os resultados demonstram com segurança que o processo de tratamento atende aos parâmetros de remoção de DBO e materiais sedimentáveis exigidos pelo Decreto 8.468/1976 do Estado de São Paulo e pela Resolução CONAMA 430/2011. Estes parâmetros incluem pH, temperatura, materiais sedimentáveis, óleos e graxas, ausência de materiais flutuantes e uma remoção mínima de DBO de 60%.

**4.2 Escavação e Compactação:**

**4.2.1 Profundidade da Escavação:** A profundidade da escavação deve ser determinada pela altura do equipamento, ver **Figura 03 Figura 04**, e pelo nível do tubo de saída de esgoto do imóvel. Certifique-se de que o tubo de saída do imóvel esteja em nível superior ou igual à entrada de esgoto.

**4.2.2 Base Plana e Compactação:** A base deve ser plana, nivelada e livre de elementos perfurantes.

Para uma boa compactação do solo, conforme **Figuras 5 e 6**:

- Preencha com areia e molhe.
- Compacte manualmente a cada 20 cm até o friso central, prestando atenção ao preenchimento dos espaços entre os pés.
- Encha o equipamento com água até o friso central.
- Prepare o solo para o reaterro, removendo elementos pontiagudos que possam danificar as paredes do módulo.
- Misture solo com cimento na proporção de 1 parte de cimento para 15 partes de solo.
- Continue a compactação a cada 20 cm até o preenchimento do módulo.

- Complete com água até o nível das tubulações.
- Finalize a instalação com terra e paisagismo até o nível das tampas de acesso.

**Trânsito de Veículos:** Se houver trânsito de veículos sobre a instalação, construa uma laje de sustentação dimensionada adequadamente, mantendo os acessos para manutenção. No caso de instalação com laje de sustentação, sempre apoiá-la sobre solo natural, nunca sobre o reaterro.

**4.3 Sistema Hidráulico e Gases:**

**4.3.1 Caimento das Tubulações:** Certifique-se de que o caimento de todas as tubulações seja de no mínimo 1%.

**4.3.2 Tubulação de Entrada e Saída:** Utilize tubulação de 100 mm (tubulação branca de esgoto).

**4.3.3 Desodorização dos Gases:** Os gases oriundos da digestão anaeróbica passarão por um processo de desodorização com carvão ativado.

**4.3.4 Sifonamento Hidráulico:** Os sistemas hidráulicos devem prever sifonamento para evitar o retorno de gases para o imóvel.

**4.3.5 Troca do Carvão:** Recomenda-se a troca do carvão ativado a cada 2 anos.

Conforme norma da NBR 8160, é necessário a utilização de uma caixa de gordura para contenção de resíduos gordurosos provenientes da cozinha e similares.

**4.4 Destino do Efluente:**

O efluente tratado deve ser infiltrado no solo (manancial) utilizando sumidouro ou vala de infiltração. Não se deve despejar o efluente diretamente sobre o solo ou corpos hídricos (rios, lagos, nascentes, etc.).

**4.4.1 Manutenção e Limpeza:**

**Evite obstruções**: Não jogue lixo nos vasos sanitários (papel, absorvente ou outros sólidos).

**Limpeza do filtro anaeróbico:** Recomenda-se limpar o filtro com jato d'água após a extração de lodo ou em caso de obstrução.

**Remoção do lodo:** A cada 6 meses, remova o lodo, deixando pelo menos 30% para manter o processo de digestão biológica.

**Figura 3: Exemplo de instalação do MTEC**





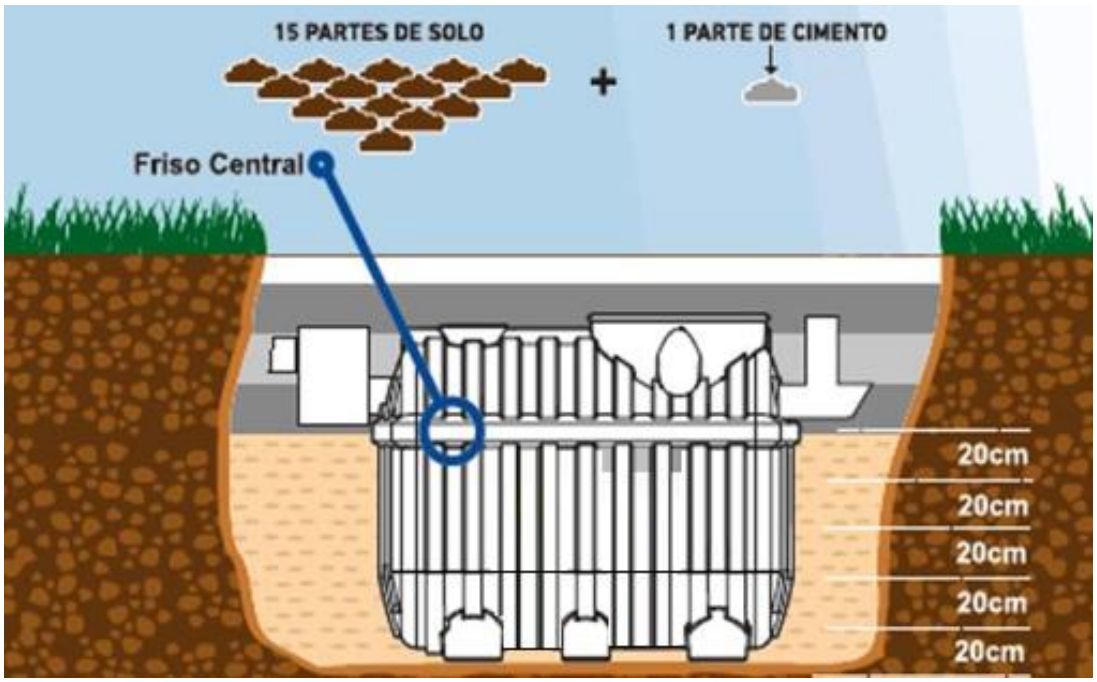
Fonte: AEKO

**Figura 4: Exemplo de instalação do MTEC**



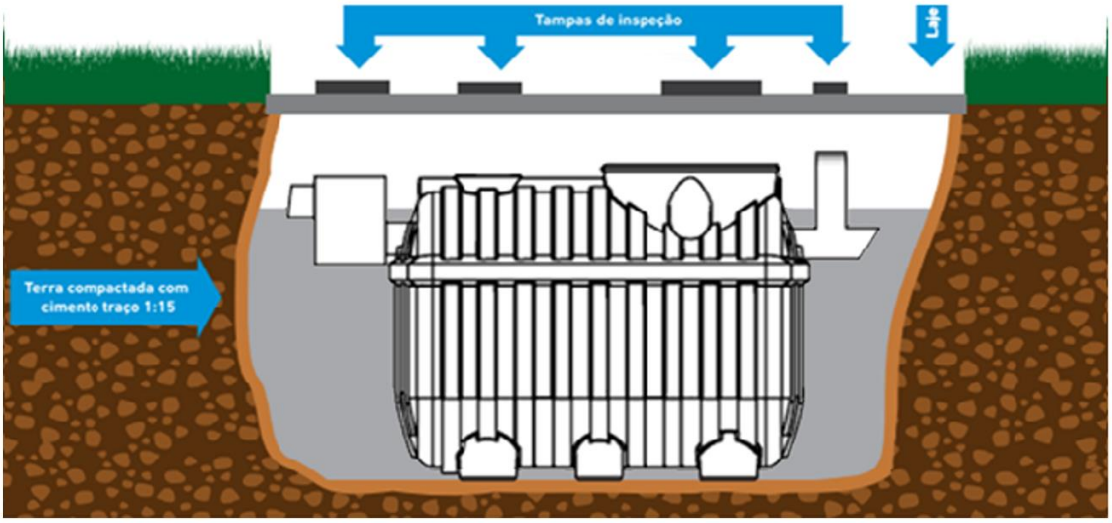
Fonte: AEKO

**Figura 5: Forma de instalação do MTEC**




Fonte: AEKO

**Figura 6: Forma de instalação do MTEC**




Fonte: AEKO

**4.4.2 Vantagens:**

- **Sustentabilidade:** O sistema utiliza processos naturais de decomposição anaeróbica para tratar o esgoto, o que é mais sustentável em comparação com sistemas químicos.
- **Baixo Consumo Energético:** Não requer energia elétrica constante para operação, tornando-o econômico em termos de consumo energético.
- **Espaço Reduzido:** O sistema compacto é ideal para residências com espaço limitado.
- **Menor Custo Inicial:** A instalação inicial é geralmente mais acessível em comparação com sistemas mais complexos.
- **Redução de Poluição:** O tratamento adequado do esgoto evita a poluição do solo e das águas subterrâneas.
- **Restrições Geográficas:** Consegue atender residências onde não há sistema de coleta pública e residenciais com soleira negativa.

**4.4.3 Limitações:**

- **Dependência do Solo:** O sistema requer solo adequado para a infiltração do efluente tratado. Solos muito argilosos ou com lençol freático raso podem ser problemáticos.
- **Necessidade de Manutenção Regular:** A remoção periódica do lodo é essencial para manter a eficiência do sistema.
- **Não Adequado para Grandes Volumes de Esgoto:** Para residências com alta demanda de esgoto, sistemas maiores ou alternativas podem ser mais apropriados.

**4.4.4 Praticidade na Instalação e Manutenção:**

- **Instalação Simples:** O sistema compacto facilita a instalação, especialmente em áreas com espaço limitado.
- **Manutenção Acessível:** A limpeza regular do filtro anaeróbico e a remoção do lodo são tarefas relativamente simples.
- **Acompanhamento Periódico:** Verificar o funcionamento e a eficiência do sistema a cada 6 meses é recomendado.

- **Atenção ao Solo:** Durante a instalação, é importante preparar o solo adequadamente para garantir a infiltração eficiente do efluente.

O sistema de tratamento de esgoto unifamiliar oferece uma solução prática e sustentável para residências individuais. No entanto, é fundamental seguir as diretrizes de instalação e manutenção para garantir seu bom funcionamento ao longo do tempo.

## 5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos ao longo dos 180 dias de operação, conclui-se que o Módulo Compacto de Tratamento de Esgoto (MTEC) mostrou uma eficiência consistente na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), alcançando uma eficiência de 80% após a fase de aclimatação. Picos de eficiência de remoção de DBO chegaram a 90%, com concentrações de DBO inferior a 60 mg/L após 92 dias de operação. Além disso, o sistema manteve valores de materiais sedimentáveis sempre inferiores a 1,0 mL/L e ausência de sólidos grosseiros e materiais flutuantes no efluente tratado.

O uso de pastilhas de cloro no final do tratamento mostrou-se eficaz na redução significativa de coliformes totais e Escherichia coli, com ausência dessas bactérias na maior parte das amostras analisadas. Esses resultados preliminares indicam que o MTEC opera de forma estável e atende aos parâmetros de remoção de DBO e materiais sedimentáveis exigidos pelo Decreto 8.468/1976 do Estado de São Paulo e pela Resolução CONAMA 430/2011.

O MTEC apresenta-se como uma solução prática, durável e eficaz para o tratamento de esgoto em comunidades isoladas e áreas sem acesso à rede de coleta de esgoto. A facilidade de instalação, manutenção e os baixos custos operacionais tornam este sistema uma alternativa viável para melhorar as condições de saneamento básico em regiões de difícil acesso, contribuindo para a saúde pública e a qualidade de vida dos moradores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AEKO Engenharia sustentável Ltda,2024. Disponível em: http://aeko.com.br/.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17076. Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte – Requisitos. São Paulo, 2024.
3. ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Interciência, 2011.
4. FELLOUSE, F. A., et al. "Development and characterization of novel anaerobic filters for wastewater treatment." Jornal of Environmental Engineering, 2007.
5. HELLER, L., & REZENDE, S. "Desafios estruturais e institucionais do saneamento no Brasil." Revista de Saúde Pública, 54, 1-10, 2020.
6. INSTITUTO TRATA BRASIL. Relatório de Saneamento. Disponível em: [Link para o relatório],2023.
7. LUZ, L. M., ET AL. "Efficiency of septic tank systems in rural areas." Environmental Science & Technology, 2015.
8. MORAES, L. R. S., ET AL. "Custo e desafios na implementação de sistemas de saneamento em áreas remotas do Brasil." Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development, 8(1), 47-56, 2018.
9. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). (2022). Relatório anual de saneamento básico. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis, consulta maio,2024.