

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA  
SOUZA**

**Etec Prof. Carmelino Corrêa Junior**

**Técnico em Meio Ambiente**

**Karina Santos Cassemiro**

**Karolyna Sampaio Ribeiro**

**EFICIENCIA DE SISTEMAS DE LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL:  
Remoção de poluentes no tratamento de esgoto e sua destinação  
final**

**Franca**

**2024**

**Karina Santos Casseiro**

**Karolyna Sampaio Ribeiro**

**EFICIENCIA DE SISTEMAS DE LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL:  
Remoção de poluentes no tratamento de esgoto e sua destinação  
final**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Meio Ambiente da Etec Prof. Carmelino Corrêa Junior, orientado pelo Prof. Márcio Fernando Silveira Rodrigues como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Meio Ambiente.

**Franca**

**2024**

## **Resumo**

O presente estudo engloba a remoção de poluentes no tratamento de esgoto através de sistemas de lodos ativados. O interesse sobre o tema foi despertado após a visita técnica realizada na ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) da cidade de Franca, que ocupa cerca de 200.000 m<sup>2</sup>, utilizando um sistema de lodos ativados tecnológico. A investigação teve como objetivo principal vivenciar e descrever a capacidade do sistema e seus processos na remoção de diversos tipos de poluentes presentes no esgoto, a reciclagem do lodo e sua destinação final em distintas aplicações, transformando um material que seria inutilizado em uma matéria-prima. Ao final da execução, o lodo ainda jovem precisa passar por uma etapa de estabilização antes de ser descartado para o reuso, além da matéria orgânica o lodo ativado pode remover nitrogênio e fósforo, e apesar de não exigir grandes extensões de áreas para seu funcionamento, há um elevado consumo de energia elétrica.

**Palavras-chave:** Lodos ativados. Sistema. Esgoto. Poluentes. Processo. Remoção

## **Abstract**

This study covers the removal of pollutants in sewage treatment using activated sludge systems. Interest in the subject was sparked after a technical visit to the Franca sewage treatment plant, which covers around 200,000 m<sup>2</sup> and uses a technological activated. The main objective of the investigation was to experience and describe the system's capacity and processes for removing various types of pollutants from sewage, recycling the sludge and its final destination in different applications, transforming a material that would otherwise be unusable into a raw material. At the end of the process, the still-young sludge needs to go through a stabilization stage before being discarded for reuse. In addition to organic matter, activated sludge can remove nitrogen and phosphorus, and although it does not require large areas for its operation, there is a high consumption of electricity.

**Keywords:** Activated sludge. System. Sewage. Pollutants. Process. Removal

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>DINÂMICA DO TRATAMENTO: LODOS ATIVADOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Grade</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Retenção de Sólidos Maiores</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Desarenador</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Composição do Desarenador</b> .....	<b>11</b>
<b>3.3</b>	<b>Medição de Vazão</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Princípio de Funcionamento</b> .....	<b>12</b>
<b>3.4</b>	<b>Decantador Primário</b> .....	<b>13</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Processos de Sedimentação</b> .....	<b>13</b>
<b>3.5</b>	<b>Tanque de Aeração</b> .....	<b>14</b>
<b>3.6</b>	<b>Decantador Secundário</b> .....	<b>15</b>
<b>3.7</b>	<b>Corpo Receptor.</b> .....	<b>16</b>
<b>4.0</b>	<b>DESTINAÇÃO FINAL</b> .....	<b>16</b>
<b>5.0</b>	<b>EFICIÊNCIA DO USO DE LODOS ATIVADOS CONVENSIONAL</b> .....	<b>18</b>
<b>5.1</b>	<b>Comparação da eficiência dos diferentes tipos de sistemas de tratamento de esgoto</b> .....	<b>18</b>

<b>5.1.1 Aeração Prolongada.....</b>	<b>19</b>
<b>5.1.2 Lagoas de Maturação.....</b>	<b>20</b>
<b>5.1.3 Reator UASB.....</b>	<b>20</b>
<b>5.1.4 Lagoa Anaeróbia .....</b>	<b>21</b>
<b>5.1.5 Filtro biológico de alta carga .....</b>	<b>21</b>
<b>5.1.6 Lagoa Aerada Facultativa .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2 Análise das Características Técnicas dos Principais Sistemas de Tratamento de Esgoto .....</b>	<b>22</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da urbanização e expansão de territórios, a quantidade de águas residuais geradas vem aumentando significativamente, causando graves problemas ambientais. O esgoto tem como objetivo transcorrer e tratar os excrementos populacionais. Existem três tipos de esgoto: os domésticos (casas e estabelecimentos comerciais), os pluviais (águas das chuvas) e os industriais (fabricas e indústrias).

O tratamento de esgoto é de extrema importância para a conservação ambiental, mas também para a saúde pública e o bem-estar geral da nação, já que se não tratados corretamente podem causar graves enfermidades devido as secreções humanas que alojam patógenos, como vírus, bactérias, protozoários e parasitas. Sendo parte integral das práticas de Gestão Ambiental, o tema relacionado ao tratamento de esgoto a partir de lodos ativados convencional, se torna totalmente ligado ao curso de meio ambiente, já que ajuda na degradação de matéria orgânica e contenção de poluentes.

O sistema utiliza microrganismos para decomposição de matéria orgânica nas águas residuais, transformando-as em águas mais seguras e limpas, utilizando meios convencionais de tratamento, como a decantação, filtração e desinfecção, que desempenham um papel importante na remoção de poluentes de esgotos domésticos e industriais, garantindo a qualidade da água tratada, para que ela seja devidamente depositada no solo ou nas águas.

Além da remoção de poluentes, os sistemas de lodos ativados convencional também são capazes de atenuar o impacto ambiental causado pela disposição inadequada de esgoto. A destinação final dos resíduos gerados durante o tratamento é um aspecto fundamental a ser considerado, uma vez que a correta disposição dos lodos pode minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde pública. Nesse sentido, a utilização agrícola dos lodos tratados tem sido amplamente estudada como uma alternativa sustentável e economicamente viável (VON SPERLING, 2007).

Diante do exposto, este trabalho pretende contribuir para a análise crítica da eficiência dos sistemas de lodos ativados convencional no tratamento de esgoto, considerando também a destinação final dos resíduos gerados durante o processo. A partir da

revisão bibliográfica e da análise de estudos de caso, espera-se fornecer subsídios para a formulação de políticas e diretrizes que visem aperfeiçoar a gestão dos sistemas de tratamento de esgoto, promovendo a sustentabilidade ambiental e a saúde pública.

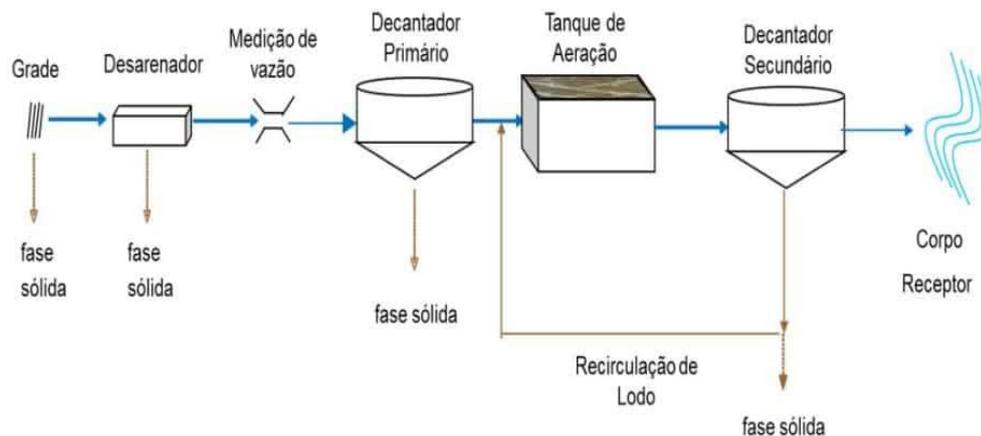
## **2. DESENVOLVIMENTO**

O lodo ativado convencional é um floco produzido em um esgoto bruto, é decantado pelo crescimento de alguns organismos ou bactérias (zoogleias: conjunto de micróbios aglutinados por uma substância viscosa), na presença de oxigênio dissolvido, é acumulado em concentração suficiente graças ao retorno de outros flocos pré-formados. Vários tipos de poluentes podem ser encontrados no esgoto, entre eles existem os materiais orgânicos, substâncias químicas, patógenos, nutrientes (como nitrogênio e fósforo) e metais pesados, podendo causar impactos ambientais relevantes, como a contaminação da água potável, propagação de doenças, eutrofização de corpos d'água devido a alta presença de nutrientes (JORDÃO e PESSÔA).

O sistema de lodos ativados convencional é composto por um reator biológico onde ocorre a oxidação de matéria orgânica por micro-organismos aeróbios. Este processo é eficiente na remoção de poluentes como matéria orgânica, nutrientes, microrganismos patogênicos e metais pesados. Estudos demonstram que o sistema de lodos ativados convencional pode alcançar altas taxas de remoção de poluentes, chegando a mais de 90% de eficiência. Após o tratamento, os resíduos gerados no sistema de lodos ativados convencional, como lodo biológico e efluente tratado, devem receber uma destinação final adequada. O lodo biológico pode ser encaminhado para processo de desidratação e posterior disposição em aterros sanitários ou usos agrícolas, desde que atenda aos critérios de qualidade estabelecidos pela legislação ambiental. Já o efluente tratado pode ser lançado em corpos hídricos, desde que atenda aos padrões de qualidade estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes (Alexandre Lopes). Apesar da eficiência do sistema de lodos ativados convencional na remoção de poluentes, ainda existem desafios a serem superados, como a necessidade de aprimoramento do processo de tratamento, a redução dos custos operacionais e a busca por soluções sustentáveis para a

destinação final dos resíduos gerados. Diante deste cenário, perspectivas futuras incluem o desenvolvimento de novas tecnologias e a adoção de boas práticas de gestão ambiental para garantir a eficiência e sustentabilidade do tratamento de esgoto.

### 3. DINÂMICA DO TRATAMENTO: LODOS ATIVADOS



#### 3.1 Grade

A grade é uma das primeiras etapas do processo de tratamento primário, geralmente são feitas de barras metálicas ou plásticas com espaçamentos de até 2,5 cm entre um fio e outro e uma inclinação de 45° dimensionados para permitir a passagem da água, mas reter os sólidos maiores.

##### 3.1.1 Retenção de Sólidos Maiores

O esgoto bruto atravessa a grade e os sólidos, como plásticos são impedidos de passar pela estrutura, impedindo que afetem outros equipamentos, como bombas e aeradores, já o restante dos resíduos menores passa em suas aberturas. Isso contribui para que as próximas etapas sejam realizadas com êxito.



Etapa de Gradeamento. / Foto: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – DEHA/UFC

### **3.2 Desarenador**

Também conhecido como caixa de areia, tem por finalidade remover areia e sólidos densos do esgoto bruto que não foram removidos durante o processo de gradeamento.

#### **3.2.1 Composição do Desarenador**

Geralmente é constituído por uma estrutura cilíndrica ou retangular, com braços rotativos, raspadores e grades para a contenção dos detritos, que são feitos de materiais de alta qualidade, como no caso do aço carbono, que é bastante resistente a impactos. A parte superior é equipada com um dispositivo de remoção de espuma que retém qualquer matéria flutuante que possa se acumular, enquanto a areia e os sedimentos são removidos regularmente por um mecanismo de raspagem ou por bombas de sucção.



Etapa de Desarenação. / Foto: SOUZA, Weverton Gesiel de (2012).

### **3.3 Medição de Vazão**

Essa etapa é crucial no ETE, pois permite a monitoração e controle da quantidade de esgoto que entra e sai do sistema, que normalmente são instalados em pontos estratégicos onde a medição da vazão é necessária. Os dispositivos podem incluir medidores de vazão ultrassônicos eletromagnéticos, de pressão diferencial, ou de turbinas.

#### **3.3.1 Princípio de Funcionamento**

- Medidores ultrassônicos: emitem sons que passam através do esgoto e sua velocidade é afetada pela velocidade do líquido, permitindo calcular a vazão.

- Medidores eletromagnéticos: usam indução magnética, permitindo assim, medir a velocidade do esgoto.
- Medidores de turbina: convertem a rotação de uma turbina movida pelo esgoto em uma medida de vazão.
- Medidores de pressão diferencial: usam a queda de pressão através de uma restrição no fluxo para calcular a vazão.

Os dados obtidos por meio dos medidores são usados para ajustar o processo de tratamento como por exemplo, controlar a adição de produtos químicos e aeração.

### **3.4 Decantador Primário**

O decantador primário é uma grande estrutura em forma de tanque ou bacia e são responsáveis por fazer com que os sólidos em suspensão de maior densidade sedimentam-se e se depositem ao fundo gerando o lodo primário.

#### **3.4.1 Processos de Sedimentação**

Dentro do tanque o fluxo de esgoto é diminuído para que os sólidos em suspensão se separem e se sedimentam. Os mais densos como areia afundam no decantador, formando o lodo primário. O lodo primário é removido por meio de raspadores ou bombas de sucção, como contém grande quantidade de matéria orgânica, pode ser encaminhado para o tratamento ou para o descarte final, dependendo das regulamentações locais.

A água com sólidos suspensos é direcionada para os próximos estágios de tratamento, após isso o decantador primário reduz a carga orgânica, melhorando a eficiência do procedimento.



Decantador Primário. / Foto: ALEH Saneamento e Arquitetura.

### **3.5 Tanque de Aeração**

Os tanques de aeração oferecem oxigênio necessário e condições ideais para que as bactérias aeróbicas realizem o processo de decomposição da matéria orgânica. São construídos em concreto, aço ou plástico. O sistema de aeração é essencial para manter níveis adequados de OD na água, permitindo a respiração aeróbica dos microrganismos que realizam a oxidação biológica dos compostos orgânicos. Recomenda-se que o tanque possua largura menor e altura maior, porque assim a bolha gerada pelo soprador permanece mais tempo dentro do tanque, o que melhora seu aproveitamento. Assim, quanto menor o consumo de ar, menor o gasto com energia



Tanque de Aeração. / Foto: SESAMM – Serviços de Saneamento de Mogi Mirim.

### **3.6 Decantador Secundário**

O decantador secundário tem como função separar as partículas sólidas por meio de um processo de sedimentação, onde são separadas da água permitindo a saída do líquido clarificado. A fração líquida purificada flui ao longo do perímetro do vertedouro e constitui um lançamento final para a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Os sólidos inferiores depositados no fundo da centrífuga decantadora são continuamente removidos por uma ponte raspadora. Esse lodo é então enviado para o reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Bed).



Decantador Secundário. / Foto: SESAMM – Serviços. de Saneamento de Mogi Mirim

### **3.7 Corpo receptor**

O corpo receptor refere-se ao local onde o efluente tratado é desalojado, podendo ser um rio, lago ou qualquer outro corpo d'água que receba essa água após passar pelo processo de tratamento na ETE, seguindo padrões ambientais e atendendo a Resolução 357 do CONAMA, que estabelece regras de qualidade e lançamento de efluentes.

## **4. DESTINAÇÃO FINAL**

Existem diversas opções para a destinação final do lodo tratado, sendo a mais comum à sua aplicação na agricultura como fertilizante.

A destinação final do lodo ativado na agricultura é uma prática comum e benéfica que envolve o uso desse resíduo proveniente do tratamento de águas residuais como fertilizante para o solo. Esse processo de reciclagem do lodo pode trazer diversos benefícios tanto para a agricultura quanto para o meio ambiente.

O lodo ativado é rico em nutrientes essenciais para as plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio, além de conter matéria orgânica que pode melhorar a estrutura do solo e sua capacidade de retenção de água. Ao aplicar o lodo ativado no solo, os nutrientes presentes nesse resíduo são gradualmente liberados, fornecendo uma fonte sustentável de fertilizantes para as plantas cultivadas, reduzindo assim a necessidade de adubos químicos. É importante realizar análises laboratoriais para garantir que os níveis de nutrientes estejam adequados e que não haja contaminação por metais pesados ou patógenos que possam representar riscos à saúde humana e ambiental.

A aplicação controlada do lodo ativado na agricultura deve seguir normas e regulamentações específicas estabelecidas pelas autoridades competentes, visando garantir a segurança e a eficácia desse processo. É fundamental considerar as características do solo, as culturas cultivadas e as condições climáticas locais ao determinar as taxas de aplicação do lodo ativado, a fim de maximizar seus benefícios nutricionais e minimizar possíveis impactos negativos.

Além da aplicação na agricultura, também pode ser utilizado na produção de biogás, através da digestão anaeróbica. Neste processo, o lodo é decomposto por microrganismos em condições anaeróbicas, resultando na produção de metano, que pode ser utilizado como fonte de energia.

Outra opção para a destinação final do lodo tratado é a sua incineração, que permite a redução do volume do material e a produção de energia. Ela apresenta a vantagem de destruir patógenos presentes no material, garantindo a sua segurança ambiental, apesar de apresentar desvantagens como alto custo, geração de gases poluentes, além da necessidade de gerenciamento das cinzas formadas após o processo (ANDREOLI; VON SPERLING, 2001).

Portanto, é fundamental a implementação de políticas de gestão integrada de resíduos, que promovam a correta destinação e reaproveitamento do lodo gerado no tratamento de esgoto.

## **5. EFICIÊNCIA DO USO DE LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL**

O sistema de lodos ativados convencional é constituído por reator e decantadores primários e secundários. Este sistema possui decantador primário para que a matéria orgânica em suspensão sedimentada seja retirada antes do tanque de aeração, gerando assim uma economia no consumo de energia. O tempo de detenção hidráulico é bem baixo, da ordem de 6 a 8 horas e a idade do lodo em torno de 4 a 10 dias. Como o lodo retirado ainda é jovem e possui grande quantidade de matéria orgânica em suas células, há necessidade de uma etapa de estabilização do lodo. (SPERLING, 1997). Com essa idade do lodo, a biomassa retirada no lodo excedente ainda não está estabilizada, pois ainda contém um elevado teor de matéria orgânica em suas células. Esta estabilização ocorre nos digestores de lodo (VON SPERLING, 2012).

Os lodos ativados convencionais são altamente eficazes na remoção de matéria orgânica presente nas águas residuais. Os microrganismos presentes no lodo consomem essa matéria orgânica como fonte de alimento, reduzindo significativamente a carga poluente. Além da matéria orgânica, o processo também pode ser eficiente na remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo das águas residuais, contribuindo para a prevenção da eutrofização em corpos d'água receptores, os sólidos em suspensão presentes nas águas residuais são efetivamente removidos durante o processo de lodos ativados convencional, resultando em uma água mais clara e com menor turbidez. O tratamento também contribui para a eliminação ou inativação de microrganismos patogênicos presentes nas águas residuais, tornando-as mais seguras para descarte ou reuso. Um dos benefícios adicionais do processo é a produção de biossólidos, que podem ser tratados e utilizados como fertilizantes agrícolas ou em outras aplicações benéficas, promovendo a economia circular e a sustentabilidade.

### **5.1 Comparação da eficiência dos diferentes tipos de sistemas de tratamento de esgoto**

### 5.1.1 Aeração Prolongada

A estabilização do lodo em condições aeróbias no reator requer um consumo adicional de oxigênio significativo, podendo inclusive ser maior que o consumo para metabolizar o material orgânico do afluente (VON SPERLING, 2012). Assim, os sistemas de aeração prolongada têm um maior gasto de energia para a aeração. Por outro lado, a baixa disponibilidade de alimento faz com que este seja praticamente assimilado por completo, o que torna a aeração prolongada a variante de lodos ativados mais eficiente na remoção de DBO, removendo por volta de 90 a 95% da DBO afluente (VON SPERLING, 2012).

Já que não é necessário estabilizar o lodo biológico excedente do sistema de aeração prolongada, deve-se evitar, nas demais etapas do tratamento, gerar lodo que necessite de posterior estabilização. Assim, não se utilizam decantadores primários antes dos sistemas de aeração prolongada, simplificando o fluxograma do processo: não há decantadores primários nem unidades de digestão do lodo (VON SPERLING, 2012).

A aeração prolongada é eficaz na remoção de matéria orgânica dos esgotos, permitindo que os microrganismos presentes no sistema biológico consumam os poluentes orgânicos e os transformem em produtos mais estáveis e menos poluentes, além da matéria orgânica, o processo também pode ser eficiente na remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo dos esgotos, contribuindo para a redução da carga poluente antes do descarte final, por promover condições aeróbicas favoráveis ao crescimento de microrganismos benéficos, pode contribuir indiretamente para a desinfecção dos esgotos, reduzindo a presença de microrganismos patogênicos. A introdução de oxigênio no sistema de tratamento por meio da aeração prolongada pode ajudar na minimização de odores desagradáveis associados aos esgotos, uma vez que favorece a decomposição aeróbia dos compostos orgânicos responsáveis pelos odores, embora demande um consumo energético para manter o processo de aeração, a técnica pode ser otimizada para maximizar sua eficiência energética, resultando em um tratamento mais sustentável e econômico no longo prazo.

### **5.1.2 Lagoas de Maturação**

Os principais parâmetros de projetos para lagoas de maturação são o regime hidráulico, coeficiente de decaimento Bacteriano  $K_b$ , profundidade e tempo de detenção. Assim como o sistema de lagoas facultativas, segue uma cinética de primeira ordem para estabilização da DBO, o mesmo ocorre com as lagoas de maturação para remoção de patógenos e indicadores de contaminação fecal (von SPERLING, 1996). O principal objetivo das lagoas de maturação é a remoção de patógenos, e não da DBO, usualmente, 99,99% de coliformes e 100,0% de ovos de helmintos e cistos de protozoários, atuando como uma etapa de polimento final no tratamento de águas residuais, permitindo a remoção adicional de sólidos em suspensão, matéria orgânica e nutrientes que possam ter permanecido após as etapas anteriores do processo, devido ao tempo de residência prolongado da água nas lagoas, ocorre uma desinfecção natural do efluente, com a redução da quantidade de microrganismos patogênicos presentes na água, tornando-a mais segura para o meio ambiente receptor. Durante o processo de maturação, ocorre a estabilização adicional da matéria orgânica presente na água residual, o que contribui para a redução dos odores desagradáveis associados ao tratamento de esgotos, podem abrigar uma diversidade de organismos aquáticos, como algas, protozoários e pequenos invertebrados, que contribuem para a melhoria da qualidade da água através de processos naturais como a filtração biológica e a competição com microrganismos indesejáveis. Em comparação com tecnologias mais avançadas de tratamento de águas residuais, as lagoas de maturação geralmente apresentam um custo operacional e de manutenção mais baixo, sendo uma opção economicamente viável para comunidades com recursos limitados.

### **5.1.3 Reator UASB**

O Reator UASB é altamente eficaz na remoção de matéria orgânica presente nos efluentes, permitindo a degradação dos poluentes por meio da ação de microrganismos anaeróbios presentes na manta de lodo, durante o processo de tratamento, ocorre a produção de biogás rico em metano, que pode ser aproveitado como fonte de energia renovável para diversas aplicações, contribuindo para a sustentabilidade, é um sistema compacto que permite uma alta densidade de

microrganismos ativos em um volume reduzido, o que resulta em uma menor área física necessária para a instalação em comparação com outros sistemas de tratamento, por se tratar de um processo anaeróbio, o mesmo requer menos energia em comparação com processos aeróbios convencionais, tornando-o mais eficiente do ponto de vista energético e econômico e possui uma boa capacidade de adaptação a variações na carga orgânica do efluente, o que o torna uma opção robusta e estável para o tratamento de esgotos provenientes de processos industriais ou domésticos (MARCELA DA SILVA AFONSO et al).

#### **5.1.4 Lagoa Anaeróbia**

As lagoas anaeróbicas são eficazes na remoção da matéria orgânica presente nas águas residuais, contribuindo para a redução da poluição, durante o processo de decomposição anaeróbica, as lagoas produzem biogás, que pode ser aproveitado como fonte de energia renovável, em comparação com outros sistemas de tratamento, elas tendem a requerer menos energia para operar, o que as torna economicamente eficientes. Devido à decomposição anaeróbica, as lagoas geram menos lodo em comparação com outros processos de tratamento. São construídas e operadas de forma a manter condições anaeróbicas, por isso é mais profunda, segundo Crespo (2005, p. 278-306) de 4 a 6 metros, em comparação com lagoas aeróbicas que não excedem 2 metros de profundidade, salvo com a implementação de aeração artificial.

#### **5.1.5 Filtro Biológico de Alta Carga**

O Filtro Biológico de Alta Carga é menos eficiente na remoção de matéria orgânica presente na água, comparado a outros sistemas de tratamento, requer menos manutenção e consome menos energia, o que pode resultar em custos operacionais mais baixos, este sistema é geralmente compacto em tamanho, o que pode ser uma vantagem em locais com restrições de espaço, o mesmo pode lidar bem com flutuações na carga orgânica da água a ser tratada e é relativamente simples operar e manter um filtro biológico de alta carga, tornando-o uma escolha prática para muitas instalações. (SPERLING, 1995)

### 5.1.6 Lagoa Aerada Facultativa

A lagoa facultativa apresenta vantagens em relação a outras formas de tratamento, dentre as quais se pode destacar: o processo é inteiramente natural, não necessitando da utilização de maquinários e energia elétrica e seu monitoramento e operação são de fácil acompanhamento. E tem como desvantagens a grande ocupação de área, devido ao tratamento ser natural, precisa de um tempo considerável de detenção (15 – 20 dias, em média) que depende das necessidades de tratamento; tempo de detenção relativamente grande (se comparado a outras alternativas) e é sensível a mudanças climáticas (ELIZEU VASCONCELOS)

## 5.2 Análise das Características Técnicas dos Principais Sistemas de Tratamento de Esgoto

Sistemas de tratamento	Eficiência na remoção (%)				Requisitos		Custos de implant. (US\$/hab)	Tempo de detenção hidráulica total (dias)	Quantidade de lodo a ser tratado (m <sup>3</sup> /hab.ano)
	DBO	N	P	Coliformes	Área (m <sup>2</sup> /hab)	Potência (W/hab)			
Tratamento preliminar	0-5	-0	-0	-0	<0,001	-0	2-8	-	-
Tratamento primário	35-40	10-25	10-20	30-40	0,03-0,05	-0	20-30	0,1-0,5	0,6-13
Lagoa facultativa	70-85	30-50	20-60	60-99	2,0-5,0	-0	10-30	15-30	-
Lagoa anaeróbia - lagoa facultativa	70-90	30-50	20-60	60-99,9	1,5-3,5	-0	10-25	12-24	-
Lagoa aerada facultativa	70-90	30-50	20-60	60-96	0,25-0,5	1,0-1,7	10-25	5-10	-
Lagoa aer. mist. completa - lagoa decant.	70-90	30-50	20-60	60-99	0,2-0,5	1,0-1,7	10-25	4-7	-
Lodos ativados convencional	85-93	30-40(a)	30-45(a)	60-90	0,2-0,3	1,5-2,8	60-120	0,4-0,6	1,1-1,5
Lodos ativados (aeração prolongada)	93-98	15-30(a)	10-20(a)	65-90	0,25-0,35	2,5-4,0	40-80	0,8-1,2	0,7-1,2
Lodos ativados (fluxo intermitente)	85-95	30-40(a)	30-45(a)	60-90	0,2-0,3	1,5-4,0	50-80	0,4-1,2	0,7-1,5
Filtro biológico (baixa carga)	85-93	30-40(a)	30-45(a)	60-90	0,5-0,7	0,2-0,6	50-90	NA	0,4-0,6
Filtro biológico (alta carga)	80-90	30-40(a)	30-45(a)	60-90	0,3-0,45	0,5-1,0	40-70	NA	1,1-1,5
Biodiscos	85-93	30-40(a)	30-45(a)	60-90	0,15-0,25	0,7-1,6	70-120	0,2-0,3	0,7-1,0
Reator anaeróbio de manta de lodo	60-80	10-25	10-20	60-90	0,05-0,10	-0	20-40	0,3-0,5	0,07-0,1
Fossa séptica - Filtro anaeróbio	70-90	10-25	10-20	60-90	0,2-0,4	-0	30-80	1,0-2,0	0,07-0,1

Fonte: Marcos Von Sperling (1996)

## 6. Conclusão

Diante do exposto, é possível concluir que os sistemas de lodos ativados convencionais são eficazes na remoção de poluentes nos tratamentos de esgoto, contribuindo significativamente para a conservação ambiental, proteção da saúde pública e bem-estar da sociedade. Através de etapas bem definidas, como gradeamento, desarenador, medição da vazão, decantadores primário e secundário, tanque de aeração e destinação final, é possível obter eficiência na remoção de poluentes e na produção de efluentes tratados de qualidade.

A destinação final dos resíduos gerados durante o tratamento de esgoto, como o lodo biológico, é um aspecto crucial a ser considerado para minimizar os impactos ambientais e promover a sustentabilidade. Opções como a aplicação na agricultura, produção de biogás, incineração ou outras práticas sustentáveis devem ser avaliadas de acordo com as normas e regulamentações vigentes, garantindo a segurança ambiental e a valorização dos resíduos tratados. Além disso, a análise comparativa dos diferentes tipos de sistemas de tratamento de esgoto, como aeração prolongada, lagoas de maturação, reator UASB, lagoa anaeróbia, filtro biológico de alta carga e lagoa aerada facultativa, demonstra a diversidade de tecnologias disponíveis e suas eficiências na remoção de poluentes. Cada sistema apresenta vantagens e desvantagens, sendo crucial a escolha da tecnologia mais adequada para cada situação, levando em consideração aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

Portanto, a implementação de políticas de gestão integrada de resíduos, o aprimoramento dos sistemas de tratamento de esgoto e a busca por soluções sustentáveis são essenciais para garantir a eficiência e a sustentabilidade dos processos de tratamento de esgoto. O desenvolvimento de novas tecnologias, a adoção de boas práticas de gestão ambiental e a conscientização da sociedade são fundamentais para promover a preservação ambiental, a saúde pública e o uso responsável dos recursos naturais.

## REFERÊNCIAS

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Biogás. Março de 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/>. Acesso em 01/04/2024

<https://revistaft.com.br/producao-de-biogas-a-partir-do-lodo-de-ete/> (Acesso em 1 de abril de 2024)

VON SPERLING, M. (2007) **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios Belo Horizonte**: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; Editora UFMG. v. 7. 588 p.

CHERNICHARO, C.A.L. **Piscicultura em tanques-rede**. Viçosa: UFV, 2007.

HENRIQUES, R.J. **Operação de sistemas de tratamento de esgotos**. Porto Alegre: ABRH, 2015.

<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=61> (Acesso em 1 de abril de 2024)

<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/viabilidade-lodo-de-esgoto-na-agricultura> (Acesso em 1 de abril de 2024)

[https://www.admfacil.com/gestao-de-residuos-solidos/#google\\_vignette](https://www.admfacil.com/gestao-de-residuos-solidos/#google_vignette) (Acesso em 1 de abril de 2024)

<https://www.proambientaltecnologia.com.br/lodo-biologico-voce-sabe-como-tratar-e-destinar-os-residuos-de-efluentes-biologicos> (Acesso em 1 de abril de 2024)

[https://www.researchgate.net/publication/348464201\\_REAPROVEITAMENTO\\_ENERGÉTICO\\_DO\\_LODO\\_DE\\_ESTAÇÃO\\_DE\\_TRATAMENTO\\_DE\\_ESGOTO\\_-\\_UMA\\_REVISÃO\\_REVIEW\\_ENERGY\\_REUSE\\_OF\\_SEWAGE\\_TREATMENT\\_PLANT\\_SLUDGE](https://www.researchgate.net/publication/348464201_REAPROVEITAMENTO_ENERGÉTICO_DO_LODO_DE_ESTAÇÃO_DE_TRATAMENTO_DE_ESGOTO_-_UMA_REVISÃO_REVIEW_ENERGY_REUSE_OF_SEWAGE_TREATMENT_PLANT_SLUDGE) (Acesso em 1 de abril de 2024)

[CAIXA DE AREIA\(DESARENADOR\) – Despurifil](#) (Acesso em 03 de maio de 2024)

(Medição de Vazão: A importância no Saneamento Básico (nivetec.com.br) (Acesso em 03 de maio de 2024)

(Estação de Tratamento de Esgoto: conheça as principais etapas (teraambiental.com.br) (Acesso em 03 de maio de 20224)

(Tratamento de efluentes: como a altura do tanque de aeração influencia o consumo de energia? - Atlas Copco Brasil) (Acesso em 03 de maio de 2024)

VON SPERLING, M. Lodos ativados. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 415p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 4). 1997

VON SPERLING, T.L.; VON SPERLING, M. (2012) **Sistema de informações para gestão do saneamento básico**. In: GALVÃO JUNIOR, A.C.; PHILIPPI JUNIOR, A. Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Barueri: Manole. p. 823-858.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, v.01. Minas Gerais: ABES, 1995.

CRESPO, P. G. **Manual de projeto de estações de tratamento de esgotos**. [s.l: s.n.]. 2005.