

Submitted: Feb 16<sup>th</sup>, 2024

Approved: Mar 22<sup>th</sup>, 2024

## **Lodo residual de tratamento de água e esgoto como isolante térmico para construção civil**

### **Residual sludge from water and sewage treatment as thermal insulation for civil construction**

### **Lodos residuales del tratamiento de aguas y aguas residuales como aislante térmico para la construcción de edificios**

**Ellen Patricia Toneto da Silva**

Bacharelado em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: ellen00939@unifatecpr.com.br

**Alessandra Novais Bassetto Berton**

Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Química pela Universidade Federal do Paraná

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: alessandra.berton@unifatecpr.com.br

#### **RESUMO**

A produção de lodos em Estações de Tratamento de Água e Esgoto (ETAs e ETEs) tem aumentado significativamente, transformando-se em um grande desafio. Isso se deve à sua composição, que contém uma variedade de metais tóxicos, tornando inviáveis as alternativas convencionais de destinação final ou reaproveitamento agrícola. Neste artigo, abordou-se o uso do lodo como material para isolamento térmico na construção civil. Além dos benefícios em termos de conforto e qualidade de vida, as questões ambientais e de sustentabilidade estão trazendo uma nova perspectiva.

**Palavras-chave:** Lodo, água, ETAs, ETEs.

#### **ABSTRACT**

The production of sludge in Water and Wastewater Treatment Plants (WWTPs e STPs) has significantly increased, becoming a major challenge. This is due to its composition, which contains a variety of toxic metals, rendering conventional disposal or agricultural reuse alternatives unfeasible. In this article, approached discuss the use of sludge as a material for thermal insulation in civil construction. In addition to the benefits in terms of comfort and quality of life, environmental and sustainability issues are bringing a new perspective.

**Keywords:** Sludge, water, water treatment plants (WTPs), sewage treatment plants (STPs).

## RESUMEN

La producción de lodos en las Estaciones de Tratamiento de Agua Potable y Alcantarillado (ETA y EDAR) ha aumentado significativamente, convirtiéndose en un gran desafío. Esto se debe a su composición, que contiene diversos metales tóxicos, lo que hace inviables las alternativas convencionales de eliminación final o reutilización agrícola. Este artículo analiza el uso de los lodos como material de aislamiento térmico en la construcción. Además de los beneficios en términos de confort y calidad de vida, las cuestiones medioambientales y de sostenibilidad aportan una nueva perspectiva.

**Palabras clave:** Lodos, agua, PTAR, EDAR.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil existem cerca de 7.500 estações de tratamento de água (ETA) e 3.668 estações de tratamento de esgoto (ETE), programadas, maior parte, com ciclo completo, que inclui coagulação, floculação, decantação e filtração. Nesse sistema de coagulação se utiliza tecnologias cada vez mais avançadas como o sistema Actiflo, desenvolvido pela Veolia, utiliza micro areia como agente de lastro para acelerar o processo de sedimentação, permitindo taxas de aplicação até 10 vezes maiores que sistemas convencionais, este sistema compacto combina coagulação, floculação e decantação (VEOLIA, 2024).

No qual produtos químicos se fazem presentes, esses processos geram cada vez mais resíduos sólidos e de precipitado químico, no qual existem particulados orgânicos e inorgânicos denominado como lodo, é principalmente formado nos filtros, muitas vezes com características de fluido não newtoniano e variação de tamanho de partículas, que são de difícil manejo e disposição. O lodo é definido como resíduo sólido não inerte, deste modo, deve estar em concordância com os preceitos da Lei 12.305/2010 (Política Nacional dos Resíduos Sólidos) pelo qual se faz uso na adequação para descarte. (PLANALTO, 2010)

Há poucos estudos sobre o tema no Brasil e, conseqüentemente, as soluções para a adequada destinação final deste resíduo raramente são adotadas nas estações de tratamento em funcionamento. Apesar de algumas iniciativas, a maioria das novas estações também negligência a gestão do lodo.

No Brasil a maioria das ETAs do estado de São Paulo lançam os lodos gerados nos decantadores em corpos hídricos sem o devido tratamento, nos municípios onde a Sabesp é responsável pelo tratamento, estes resíduos gerados são aproximadamente de 90

ton/dia, em base seca. (ACHON, *et al*, 2013).

Segundo (IBGE, 2010), apenas 5,1 milhões m<sup>3</sup>/dia são tratados de 14,5 milhões m<sup>3</sup> /dia coletados, isto representa apenas 68,8% de lodo tratado, desta forma todo o recurso investido para o tratamento do lodo seja de tratamento de água ou esgoto não são incluídas soluções ambientalmente corretas para seus subprodutos. (BRINGHENTI, 2018)

Deste modo se faz necessário pesquisas que envolvam o aproveitamento do lodo, no presente estudo, este material foi aplicado a isolamento térmico para construção civil.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Utilizar o lodo residual de tratamento de água e esgoto como isolante térmico para construção civil.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a retenção de calor do isolante térmico proporcionado pelo lodo residual;
- Avaliar se o lodo residual possui eficiência do isolante térmico.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A produção de lodos em Estações de Tratamento de Água e Esgoto (ETAs e ETES) vem aumentando de maneira significativa, configurando-se como um problema de grande escala. Este aumento se deve à composição complexa dos lodos, que contém uma vasta gama de metais tóxicos como chumbo (Pb), níquel (Ni), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), zinco (Zn) (RAMOS, 2022), inviabilizando as alternativas tradicionais de disposição final de resíduos ou reaproveitamento agrícola, ocasionando toxicidade ao solo, ao futuro plantio, sendo, portanto, mais um impacto ambiental negativo. Conseqüentemente, toneladas de lodo são diariamente despejadas em corpos hídricos, agravando a poluição ambiental. Em busca de soluções inovadoras e sustentáveis, alinhadas com os princípios da Indústria 5.0, foi concebida e testada a ideia de utilizar o lodo como material para isolamento térmico na construção civil. Esta abordagem não só visa, somente, melhorar o conforto e a qualidade de vida, mas também mitigar os

impactos ambientais negativos, promovendo um futuro mais sustentável.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 ANÁLISE E CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA**

Para caracterizar a água, são analisados diversos parâmetros que indicam a qualidade desta envolvendo características físicas, químicas e biológicas. Esses aspectos estão relacionados aos processos que ocorrem nos corpos hídricos e em suas bacias de drenagem, (ABRHIDRO, 2019). As substâncias dissolvidas e partículas presentes na água são transportadas pelos cursos d'água, afetando sua qualidade. Além disso, organismos que habitam o ambiente podem causar alterações físicas e químicas na água, enquanto outros são impactados por essas mudanças. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009).

A água é um líquido incolor e inodoro, e sua qualidade é influenciada pela natureza do solo por onde passa. O aumento da população e a poluição resultante de atividades humanas, como o desperdício, tornam inseguras as fontes de água superficial, tornando o tratamento essencial. Os serviços públicos devem fornecer água de boa qualidade, realizando tratamento após análises sanitárias. (RICHTER, 1991).

Sua cor é alterada pela presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão, como ácidos húmicos e taninos, resultantes da decomposição de vegetais, que não representam risco à saúde em concordância com os parâmetros normais que de acordo com a Portaria de Consolidação nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, é definido que o valor da cor da água ao final do processo de tratamento nas ETAs e distribuídas à população deve ser inferior a 15,0 uH. Recomenda-se, no entanto, que ao final do processo de tratamento, a cor da água seja mantido abaixo de 5,0 uH. Essa recomendação é feita porque a água tratada pode ser adquirida ao longo do percurso na rede de abastecimento, especialmente após a adição de cloro e flúor (LERVOLINO, 2024).

A cor da água é sensível ao pH, que indica acidez, neutralidade ou alcalinidade, e a remoção da sua cor é mais fácil em pH baixo. A turbidez, que também pode ser removida por centrifugação, é causada por partículas coloidais. A coagulação química é um método eficaz para remover a cor, mas o uso de cloro para oxidar a cor proveniente

de matéria orgânica deve ser evitado devido à formação de compostos cancerígenos. A turbidez pode resultar da decomposição da matéria orgânica e da presença de íons metálicos, como ferro e manganês. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009).

## 2.2 PARTÍCULAS SUSPENSAS

As partículas em sistemas de abastecimento público de água geralmente estão em estado coloidal ou em suspensões. O pH da água varia entre 6,5 e 9,5 e níveis mais baixos podem ser corrosivos para certos metais e favorecer a formação de incrustações. Durante a coagulação, partículas coloidais são neutralizadas por coagulantes, como sais de ferro e alumínio, que reduzem a repulsão entre elas. Isso permite a formação de flocos, que se juntam por floculação, aumentando de tamanho e peso, facilitando sua sedimentação e separação da água por decantação e filtração. (CACHEIRA, *et al*, 2012).

Os filtros, que consistem em camadas de pedras, areia e carvão antracito, removem os flocos que não foram eliminados na decantação ou flotação, contribuindo para a redução da turbidez e iniciando a remoção de microrganismos patogênicos. Durante o tratamento de água, a decantação gera de 60% a 95% de lodo, enquanto a filtração produz de 5% a 10%. O descarte desse resíduo em corpos hídricos é uma prática comum, mas tem causado impactos ambientais negativos ao meio ambiente. (RICHTER, 1991) *ver* mais recente

O descarte de lodo em corpos hídricos contribui para o assoreamento de rios, aumento da concentração de alumínio e contaminação da vida aquática por agentes tóxicos. A Resolução do CONAMA nº 430 (2011) estabelece que o lançamento de efluentes não deve alterar as condições do corpo receptor. Os lodos podem causar desequilíbrio biológico, transmitir patógenos e gerar grandes volumes indesejáveis. O objetivo principal do tratamento do lodo de esgoto é produzir um material mais estável e de menor volume, facilitando seu manuseio. Isso é realizado por meio de processos físicos, químicos e biológicos (RICHTER, 1991).

O adensamento visa aumentar a concentração de sólidos no lodo, reduzindo o volume necessário nas etapas seguintes de tratamento, como digestores e bombas, além de diminuir o uso de produtos químicos e o consumo de energia. Os métodos de adensamento mais comuns incluem gravidade, flotação com ar dissolvido, centrífuga, adensador de esteira e tambor rotativo. A secagem do lodo, que remove até 90% da

umidade, utiliza energia térmica para evaporar a água. Nos secadores diretos, o ar quente interage com as partículas úmidas, aumentando a temperatura e promovendo a evaporação da água (RICHTER, 1991).

### 2.3 ISOLANTES TÉRMICOS

O mercado de isolantes térmicos está se beneficiando da crescente valorização da conservação de energia em equipamentos, sistemas industriais e residências. Com a crescente importância da eficiência energética, a indústria tem investido em soluções que aumentam o aproveitamento energético. Nesse contexto, as fibras cerâmicas destacam-se como uma opção promissora, oferecendo diversas formas e sendo altamente refratárias, conquistando mercados anteriormente ocupados por produtos como tijolos refratários. (QUÍMICA E DERIVADOS, 2001)

A fibra cerâmica resiste a temperaturas de até 1.600° C, é mais leve e armazena menos calor do que os tijolos, resultando em menor consumo de energia. Desde seu desenvolvimento em 1948 por Charles MacMüller, inicialmente voltada para a indústria aeroespacial, ela evoluiu e agora atende diversas necessidades de isolamento para fabricantes de equipamentos. (QUÍMICA E DERIVADOS, 2001) Atualmente, há uma ampla variedade de isolantes térmicos no mercado, provenientes de fontes minerais, vegetais, sintéticas ou mistas, mas nenhum visa reduzir a produção de resíduos ambientais. Para enfrentar esse desafio, foi desenvolvido um novo produto a partir do lodo residual de tratamento de água e esgoto. O artigo irá demonstrar a eficácia da retenção de calor desse lodo, tanto seco quanto in natura, em forma de micropartículas para isolamento térmico, com testes laboratoriais realizados em diferentes temperaturas.

### 3 PARTE EXPERIMENTAL

A figura 1 abaixo apresenta o fluxograma do processo para avaliação do lodo como isolante térmico para construção civil. Este fluxograma reflete o passo a passo do processo realizado neste estudo.

Figura 1. Fluxograma do processo



Fonte: O autor,2024.

A coleta do lodo, é oriunda de 2 empresas diferentes na região de Curitiba-PR processos de tratamento de água, eflúvios industriais, ou outros contextos em que o lodo é um subproduto. Esta fase é crucial, pois a qualidade da amostra coletada impactou diretamente nos resultados das análises subsequentes. O lodo foi transportado em garrafas de polipropileno e armazenado durante dois dias para decantação. Após toda a secagem e as avaliações do lodo foram realizadas no laboratório de química da UNIFATEC.

Primeira etapa:

- O lodo foi seco em uma estufa a 100° C. A escolha desta temperatura, é uma estratégia para garantir a remoção eficaz da umidade do lodo, evitando a degradação ou a alteração de suas propriedades físico-químicas que poderiam ocorrer em temperaturas mais altas. Este controle de temperatura é fundamental para a padronização do processo, o lodo foi disposto em várias cápsulas de porcelana, como mostrada na figura 2.

Figura 2. Secagem do lodo em estufa



Fonte: O autor, 2024.

- Os lodos secos nas cápsulas foram distribuídos em dois dessecadores por mais uma semana, como mostra a figura 3.

Figura 3. Armazenagem do lodo pós secagem em estufa



Fonte: O autor, 2024.

Segunda etapa:

Utilizou-se um copo de béquer com capacidade de 50 mL, preenchido com uma quantidade de lodo, que foi até a metade do béquer, devido a pouco material obtido após a secagem. Foram utilizados dois pontos de medição distintos para garantir a robustez e a confiabilidade destas análises, Estes pontos foram medidos em diferentes profundidades dentro do béquer. O primeiro ponto, localizado no fundo, corresponde a uma profundidade de 0 cm. O segundo ponto foi a uma profundidade de 2 cm, está posicionado próximo à superfície do lodo.

Após isso o lodo foi colocado em estufa a 50° C, 80° C e 100° C e foram medidas suas temperaturas numa réplica somente, devido a problemas internos da utilização da estufa do laboratório de química da UNIFATEC, como mostrado na figura 4.

Figura 4. Processo de medição de temperatura do lodo



Fonte: O autor, 2024.

O teste calorífico foi conduzido utilizando três diferentes temperaturas de referência: 50° C, 80° C e 100° C. Essas temperaturas foram selecionadas com o objetivo de avaliar o comportamento térmico do lodo em condições distintas, permitindo uma análise abrangente de sua capacidade calorífica em diferentes faixas de aquecimento. Os resultados obtidos fornecem informações importantes para compreender as propriedades térmicas do material analisado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O teste de capacidade calorífica do lodo foi realizado apenas uma única vez, devido à limitação de tempo disponível para a execução do ensaio. Essa restrição de tempo foi ocasionada pela dificuldade em encontrar o material necessário para a realização do teste dentro do prazo estipulado. Apesar dessa limitação, o procedimento foi conduzido com a máxima precisão, respeitando os padrões técnicos aplicáveis. A análise realizada nesse estudo do processo de retenção do calor utilizou-se de lodo gerado em tratamento de água e esgoto, pois essas estações de tratamento geram uma quantidade significativa de lodo residual, conforme descrito ao longo do artigo, a remoção da água por evaporação na estufa a 100° C durante uma semana foi essencial para a gestão adequada. A análise dos dados demonstra que o lodo avaliado possui propriedades significativas de isolamento

térmico, como evidenciado pelas diferenças nas temperaturas registradas entre o fundo e a superfície do béquer nas diferentes condições de aquecimento (50°C, 80°C e 100°C).

O isolamento térmico de um material é medido pela sua capacidade de resistir à transferência de calor, característica que pode ser associada a uma baixa condutividade térmica e alta capacidade calorífica. No caso do lodo, a diferença relativamente pequena entre as temperaturas do fundo e da superfície sugere que ele atua como um moderador na propagação do calor, especialmente em temperaturas mais baixas.

Aquecimento a 50°C: A menor diferença de temperatura entre o fundo e a superfície (1,9°C) indica uma maior uniformidade térmica. Essa estabilidade pode ser atribuída à alta retenção de calor e baixa condutividade térmica do lodo, que restringe a dissipação rápida de calor para a superfície.

Aquecimento a 80°C: A diferença aumenta para 8,4°C, evidenciando que o lodo começa a exibir gradientes térmicos mais perceptíveis, possivelmente devido à maior diferença entre as temperaturas externa e interna no béquer. Contudo, essa variação ainda é moderada considerando o aumento significativo na temperatura de aquecimento.

Aquecimento a 100°C: Apesar do sistema operar próximo ao ponto de ebulição da água, a diferença entre o fundo e a superfície (6,4°C) é reduzida em relação à observada em 80°C, sugerindo que o lodo ainda mantém características isolantes mesmo sob temperaturas mais elevadas.

O bom desempenho do lodo como isolante térmico pode ser explicado por sua

composição. Geralmente, lodos residuais contêm materiais orgânicos e coloidais que possuem baixa condutividade térmica. Além disso, a presença de água retida nas partículas de lodo contribui para a alta capacidade calorífica, dado que a água absorve e armazena grandes quantidades de calor antes de alterar significativamente sua temperatura.

O comportamento observado também pode estar relacionado à estrutura heterogênea do lodo, que cria barreiras à condução de calor, especialmente em baixas temperaturas. A resistência térmica nas interfaces do material reduz a velocidade de propagação do calor para as camadas superiores.

Foram definidos 2 pontos de profundidade para a medição da retenção de calor: 0 cm e 2 cm descritos no item 3. Esta abordagem de realizar testes a múltiplas temperaturas é fundamental para avaliar a estabilidade térmica do lodo e sua resposta a diferentes condições, permitindo uma análise mais abrangente de suas características, dados obtidos estão tabelados na tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas do lodo nas diferentes condições de temperatura na superfície e na profundidade de 2 cm.

TEMPERATURA DO LODO		
	SUPERFÍCIE	PROFUNDIDADE
50° C	30,7° C	32,6° C
80° C	49,5° C	57,9° C
100° C	65,8 ° C	72,2 ° C

Fonte: O autor, 2024.

Na figura 6 mostra o aumento da retenção de calor evidenciadas no lodo residual, submetido as três temperaturas de avaliação, nos dois pontos superfície e profundidade de 2 cm. Analisando o gráfico percebe-se que o lodo pode ser provavelmente usado como isolante térmico.

Figura 6. Gráfico de Aquecimento do Lodo



Fonte: O autor, 2024.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que o lodo residual avaliado apresenta características notáveis de isolamento térmico, demonstrando potencial para ser utilizado em aplicações específicas na construção civil. Os dados indicaram que o lodo possui uma capacidade calorífica significativa, evidenciada pelas diferenças de temperatura relativamente pequenas entre o fundo e a superfície do béquer, mesmo quando submetido a diferentes condições de aquecimento (50°C, 80°C e 100°C). Esse comportamento sugere que o lodo pode atuar como moderador térmico, reduzindo a transferência de calor e contribuindo para maior eficiência energética.

Os testes realizados confirmam que o lodo foi potencialmente eficiente como isolante térmico, podendo provavelmente ter essa aplicação. A menor diferença de temperatura (1,9°C) foi registrada no aquecimento a 50°C, evidenciando maior estabilidade térmica nessa faixa. Em temperaturas mais elevadas (80°C e 100°C), a diferença de temperaturas aumentou, mas ainda se manteve dentro de uma faixa que demonstrou retenção significativa de calor. Isso reforça a viabilidade do lodo em aplicações que demandem isolamento térmico moderado. Os resultados indicam vantagens claras do uso do lodo residual como material isolante:

**Sustentabilidade:** A reutilização do lodo residual contribui para a gestão de resíduos sólidos, reduzindo o impacto ambiental e promovendo práticas de economia circular.

**Custo-benefício:** Como subproduto amplamente disponível em estações de tratamento de água e esgoto, o lodo apresenta baixo custo inicial e potencial para substituir materiais convencionais na construção civil.

**Isolamento térmico:** Suas propriedades térmicas podem ser aproveitadas para o desenvolvimento de produtos inovadores, como tijolos, argamassas ou revestimentos com características isolantes.

A faixa de temperatura ideal para o processamento do lodo parece estar em torno de 50°C. Nessa condição, o material apresentou maior uniformidade térmica, indicando boa retenção de calor e minimização da dissipação. Essa temperatura também pode ser mais vantajosa em termos de consumo energético, tornando o tratamento mais sustentável e economicamente viável.

**Questões para Futuras Pesquisas:**

1. Qual é o impacto da composição química do lodo (especialmente metais pesados) na segurança de seu uso em materiais de construção?
2. Como as propriedades térmicas do lodo variam ao longo do tempo em diferentes condições ambientais?
3. Qual é o desempenho do lodo combinado com outros materiais na construção civil?

O uso de lodo residual na construção civil representa uma solução inovadora para reaproveitar resíduos, reduzindo o consumo de recursos naturais e minimizando os impactos ambientais negativos de sua disposição inadequada. Como material com propriedade de isolantes térmicos, pode ser incorporado em tecnologias de construção civil sustentável, contribuindo para a eficiência energética de edificações e promovendo o desenvolvimento de materiais ecológicos e acessíveis.

Esses resultados reforçam o potencial do lodo residual como recurso estratégico para atender às demandas de sustentabilidade na construção civil.

## REFERÊNCIAS

ABRHIDRO. **Caracterização físico-química de Lodo de Estações de Tratamento de Água – ETA em Aracaju.** Disponível em:

<<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/100/ENREHSE0001-1-20190225-192641.pdf>> Acesso em: 15 dez. 2024.

ACHON, C.L.; BARROSO, M.M.; CORDEIRO, J.S. **Resíduos de estações de tratamento de água e a ISSO 24512: Desafio do saneamento brasileiro** (2013). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v18n2/a03v18n2>>. Acesso em 21 de maio de 2024.

BRASIL, **Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos.** LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em 28 de março de 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Departamento de Análise de Situação de Saúde. Saúde Brasil 2009: uma análise da situação de saúde e da agenda nacional e internacional de prioridades em saúde.** 1. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. 368 p. (Série G. Estatística e Informação em Saúde). Disponível em <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude\\_brasil\\_2009.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_2009.pdf)> Acesso em: 2 nov. 2024.

BRINGHENTi J. R.; BOSCOV, M. E. G.; PIVELI, R.P. GÜNTHER, W. M. R. **Codificação de lodos de tratamento de esgotos em aterros sanitários brasileiros: aspectos técnicos e critérios mínimos de aplicação,** Eng Sanit Ambient, v.23 n.5, 2018, pg. 891-899. Disponível em : <<https://www.scielo.br/j/esa/a/fH8DCPL39RVr-QrKrJY8rqpP/?format=pdf>> . Acesso em 25 de maio de 2024.

CACHEIRA, C.S.; SANTOS, J.P.S.; FARIA, J. P.N.; VARANDAS, M.M.; DA SILVA, M. F. C. R. P.; COSTA, M. A. P. **Processo de coagulação - floculação.** 22/10/2012. Mestrado Integrado de Engenharia do Ambiente- Faculdade de engenharia, Universidade do Porto. Disponível em: [https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12\\_13/files/REL\\_MIEA102\\_02.PDF](https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/REL_MIEA102_02.PDF)> Acesso em 15 de maio de 2024.

CESAN. **Apostila de Tratamento de água.** Disponível em:

<[http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/1136\\_Isolamentos%20T%C3%A9rmicos.pdf](http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/1136_Isolamentos%20T%C3%A9rmicos.pdf)>. Acesso em 15 de abril de 2024.

GODOY, L. G. G. DE; SALAMONI, N; ROHDEN, A. B. **Lodo de estação de tratamento de água (ETA) (2017).** Disponível em: <<https://www.quimica.com.br/isolantes-termicos-crise-energetica-aumenta-procura-por-revestimentos/>>. Acesso em 15 de abril de 2024.

**Instituto Politécnico de Tomar Escola Superior de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil.** Isolamento Térmico. Disponível em: <[http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/1136\\_Isolamentos%20T%C3%A9rmicos.pdf](http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/1136_Isolamentos%20T%C3%A9rmicos.pdf)>. Acesso em 11 de abril de 2024.

**Isolantes Térmicos: Crise energética aumenta procura por revestimentos.** Química e derivados (2001). Disponível em: <<https://www.quimica.com.br/isolantes-termicos- crise-energetica-aumenta-procura-por-revestimentos/>>. Acesso em 05 de abril de 2024.

**QUALIDADE da água. Tratamento de Água,** 22 set. 2015. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/qualidade-da-agua/>. Acesso em: 2 nov. 2024.

LIRA, O. O., Manual **de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** 1º Edição (2014). Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/plugin-file.php/4321633/mod\\_resource/content/1/Manual%20cont\\_quali\\_agua\\_tecnicos\\_trab\\_emetas.pdf](https://edisciplinas.usp.br/plugin-file.php/4321633/mod_resource/content/1/Manual%20cont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf)>. Acesso em 31 de fevereiro de 2024.

LUCCHESI, S. **Sustentabilidade e responsabilidade social nas empresas brasileiras** (2012). Disponível em: <<https://www.administradores.com.br/noticias/sustentabilidade-e-responsabilidade-social-nas-empresas-brasileiras>>. Acesso em 20 de maio de 2024.

LERVOLINO, F. L., **Cor em águas naturais.** Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/cor-aguas-naturais/>>. Acesso em: 15 dez. 2024.  
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, RESOLUÇÃO Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011.

PAIVA, G S., MOREIRA, V. T. G., SOARES, A. F. T.  
**Lodo de Estação de Tratamento de Água (LETA): Resíduo ou Insumo?** (2016). Disponível em: <[www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/IX-032.pdf](http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/IX-032.pdf)>. Acesso em 05 de abril de 2024.

PEDROZA, M.M, VIEIRA, G. E. G., SOUZA, J. F. PICKLER A. C., LEAL, E. R. M., MILHOMEN, C. C. **Produção e tratamento de lodo de esgoto- uma revisão** (2010). Disponível em: <<http://www.revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/160/150>>. Acesso em 17 de maio de 2024.

PIVELI, R. P., Curso:” **Qualidade das águas e poluição: Aspectos Físico-químicos**”. Aula 5 – Características físicas das águas, cor, turbidez, sólidos, temperatura, sabor e odor. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>>. Acesso em 30 de fevereiro de 2024.

RAMOS, P. L., **IMOBILIZAÇÃO DE METAIS PRESENTES NO LODO DE ESGOTO A PARTIR DA VERMICOMPOSTAGEM E PRODUÇÃO DE ALFACE (LACTUCA SATIVA).** Disponível em: <[https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/6477/2/Lilian\\_Ramos\\_Machado\\_2022.pdf](https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/6477/2/Lilian_Ramos_Machado_2022.pdf)> Acesso em: 15 dez. 2024.

RICHTER, C. A., NETTO, J. M. A., **Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada,** São Paulo: Blücher, 1991.