

## I-978 - RESÍDUOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE QUALIDADE E USO SUSTENTÁVEL NO BRASIL

### **Mariângela Dutra de Oliveira<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia Kennedy. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professora titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes).

### **Gabriel Peruzzo Vianna<sup>(2)</sup>**

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes).

### **Isabela de Almeida Tonani<sup>(3)</sup>**

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes).

### **Victor Ribeiro Nunes<sup>(4)</sup>**

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes).

**Endereço:** Avenida Vitória, 1729 - Jucutuquara - Vitória - ES - CEP: 29040-780 - Brasil - Tel: (27) 99969-2509 e-mail: [mariangeladutra@ifes.edu.br](mailto:mariangeladutra@ifes.edu.br)

## RESUMO

Com o desenvolvimento e o progresso das sociedades no decorrer dos séculos, discute-se sobre a disponibilidade hídrica e o tratamento da água para abastecimento. No Brasil, o tratamento de água para consumo humano é feito principalmente por estações de tratamento de água de ciclo completo, onde são gerados resíduos provenientes das etapas de decantação e filtração. O lodo da ETA é um tipo de resíduo sólido, ainda disposta de forma irregular nos cursos d'água mais próximos, sendo que poucas estações possuem unidades de tratamento e se preocupam com a disposição final sustentável. Algumas pesquisas indicam que este resíduo tem grande potencial para ser utilizado de forma sustentável, minimizando o impacto no meio ambiente. Este trabalho, objetivou apresentar uma revisão sistemática de estudos desenvolvidos no Brasil e publicados na forma de artigo sobre caracterização, tratamento e disposição final deste resíduo. Observou-se que poucos trabalhos desenvolvidos no Brasil geram publicações na forma de artigo e há a necessidade de consolidação dos dados para subsidiar a produção de normativas sobre o tema. Maior atenção deve ser dada aos estudos de toxicidade do lodo quando dispostos em cursos d'água e no solo e há uma grande carência no mapeamento do volume de lodo produzido e usos potenciais em uma bacia hidrográfica.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Lodo; lodo de ETA; tratamento de água; uso sustentável;

### **1. INTRODUÇÃO**

A água é um recurso indispensável à vida, ao desenvolvimento social e econômico, e à manutenção dos ecossistemas do planeta. Com o desenvolvimento e o progresso das sociedades no decorrer dos séculos, muito se discute sobre a disponibilidade hídrica e a qualidade da água (BHERING et al., 2021).

A qualidade da água na captação impacta diretamente na definição da tecnologia de tratamento empregada e a quantidade e composição do resíduo proveniente desse processo depende do volume de água tratada, da tecnologia utilizada e das características da água bruta. Para consumo humano, a água potável é a que não

representa risco à saúde, no entanto, o aumento da demanda por água potável e a má qualidade da água dos rios exigem altas concentrações de produtos químicos nas estações de tratamento de água (ETA), resultando na produção de resíduos em abundância (SILVA et al., 2012).

No processo da potabilização, é necessário atender a uma série de requisitos de qualidade, incluindo a ausência de substâncias químicas e micro-organismos patogênicos que possam causar doenças à população (SILVA et al., 2012, GASTALDINI et al., 2015).

Nas estações de tratamento de água (ETAs) que possuem tecnologia de ciclo completo, os principais resíduos gerados são o lodo de decantadores e a água de lavagem de filtros. No Brasil, a frequência de remoção de lodo nos decantadores de ETA de ciclo completo pode ser realizada em intervalos de até seis meses, podendo gerar acúmulo de lodo com elevada concentração de contaminantes orgânicos e inorgânicos. Esta operação pode comprometer a qualidade da água tratada e aumentar o consumo de produtos químicos para manter a eficiência do processo de tratamento (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013). Por isso, é importante que as estações de tratamento de água realizem a remoção do lodo de forma regular e planejada, conforme as características da água bruta e a capacidade de tratamento da ETA.

As unidades de tratamento de lodo ainda são raras, dessa forma, o lodo retirado do decantador e produzido na lavagem dos filtros é depositado diretamente no curso d'água mais próximo da estação de tratamento de água, gerando um expressivo impacto ambiental. O lodo da ETA é um tipo de resíduo sólido e deve ser processado e descartado adequadamente para evitar danos ambientais, pois é rico em patógenos e metais (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012). Os resíduos gerados pelas estações de tratamento de água são classificados como resíduos sólidos inofensivos, inertes, que permitem uma gestão que minimize ou elimine o impacto ambiental. (ABNT, 2004).

Em função destas particularidades o lodo precisa ser tratado com cuidado e responsabilidade para evitar riscos à saúde pública e ao meio ambiente, ao ser despejado em cursos d'água, aumenta a quantidade de sólidos em suspensão, chegando a ocasionar o assoreamento do corpo d'água (LUCAS; BENATTI, 2008). No Brasil, os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e a Lei de Crimes Ambientais proíbem o lançamento de lodo de ETA em cursos d'água sem o devido tratamento, mesmo assim a prática persiste (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013). Neste sentido, é importante que as ETAs tenham um plano de gerenciamento de resíduos sólidos que inclua o tratamento e a destinação adequada do lodo, garantindo a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

A disposição final para o lodo de ETA mais empregado está no envio para aterro sanitário, entretanto vários estudos vêm sendo desenvolvidos indicando que o lodo pode ser utilizado em soluções mais favoráveis ao meio ambiente. Inúmeros direcionamentos foram elaborados quanto aos aspectos qualitativos, quantitativos e de técnicas para redução do volume de água no resíduo. Dentre as técnicas de uso sustentável do lodo tem-se a reutilização na agricultura, o uso como coagulante, aplicação em materiais de construção e absorção de poluentes. Visando minimizar impactos ambientais, Tony (2022) apresenta o artigo "Valorização de resíduos de lodo de abastecimento de água à base de alumínio subvalorizados para a ciência dos "critérios dos 5 Rs", entretanto não traz as alternativas utilizadas no Brasil, desse modo, o presente artigo busca complementar o artigo mapeando as publicações brasileiras nessa área seguindo a metodologia proposta pelo autor.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Uma revisão bibliográfica ou pesquisa teórica foi realizada, a fim de aprofundar o conhecimento relacionado ao tema "Resíduo de tratamento de água". Esse tipo de revisão permite ao pesquisador realizar uma busca sistemática e crítica de artigos, livros e outros documentos que abordam o tema de interesse, selecionando e analisando os estudos mais relevantes e recentes. Na sequência é efetuada uma seleção de estudos relevantes e que servam de base para a observação documentada.

Este trabalho utilizou o método sistemático de revisão de literatura, indicando de forma explícita os passos utilizados, permitindo a sua reprodutibilidade e atualização, segundo proposta de Okoli, Chitu (2019). Com intuito de identificar publicações desenvolvidas no Brasil utilizando a metodologia proposta por Tony Maha A. (2022), as buscas foram realizadas buscando publicações eletrônicas técnico-científicas nos bancos de dados da Web of Science, no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

(CAPES). O recorte temporal, com trabalhos na forma de artigo de acesso aberto, foi realizado no período de 2000 a 2022.

O autor, ao utilizar o estudo de publicações científicas, conseguiu mapear as tentativas de reaproveitamentos benéficos de resíduos de estações de tratamento de água com uma avaliação crítica de tais aplicações e reaproveitamentos. Desta maneira, buscou-se seguir o mesmo caminho no presente trabalho, utilizando os descritores “Alum sludge; Aluminium sludge; Waterworks sludge” e o operador booleano “OR”.

A busca foi refinada com a citação do termo “Water Treatment” e em seguida os artigos selecionados foram encaminhados ao Mendeley, onde houve a exclusão de artigos duplicados. Após esta remoção realizou-se leitura do título e resumo, excluindo artigos que abordavam lodo produzido em sistema de tratamento de esgoto doméstico ou industrial. Dos artigos restantes foram extraídas as principais informações relacionadas a composição e características físicas do lodo, toxicidade do lodo, parâmetros de projeto, forma de desaguamento e formas de disposição final/reutilização.

Além disso, esses artigos foram tabulados em uma planilha do Excel com o intuito de classificá-los de acordo com o ano de publicação, o tema de pesquisa e a forma de disposição final. Após a obtenção dos dados, os mesmos foram analisados e discutidos.

### 3. RESULTADOS OBTIDOS

Utilizando os descritores “Alum sludge; Aluminium sludge; Waterworks sludge” e o operador booleano “OR” e o período de interesse de 2000-2022, foram obtidos 1304 resultados, na pesquisa realizada no mês de dezembro de 2022. Com o refinamento utilizando o filtro País/Região Brasil foram obtidos 42 artigos sendo exportados para o Mendeley para remoção dos arquivos duplicados e sem acesso livre. Na sequência procedeu-se à leitura do título e resumo, fazendo a exclusão de artigos não acessíveis e não relacionados a lodo da Estação de Tratamento de Água. Após realização desta análise foram selecionados 20 artigos para leitura completa com extração da métrica e dos dados de interesse.

A Figura 1 apresenta a distribuição dos 20 artigos ao longo do tempo de pesquisa, buscando identificar os anos com maiores publicações sobre o tema. Tem-se maior destaque para publicações sobre o tema após 2018, entretanto, observa-se um maior rigor na legislação sobre o tema desde 2007 com a publicação da Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007), também chamada Lei do Saneamento, e o advento da série de normas ISO 24500 em 2007, que discutem a gestão dos sistemas de saneamento, e deram origem a NBR ISO 24.512/2012 (BRASIL, 2012).

A Figura 2 apresenta os artigos em função do tema abordado sendo divididos pelos pesquisadores em: características/toxicidade (C/T) e desaguamento/disposição final/reuso (D/DF/R). Dos 20 artigos selecionados para leitura, 75% das publicações abordam alguma forma de disposição final sustentável do lodo de ETA com destaque para: uso na construção civil (pavimentos, material cerâmico e cimento/concreto) totalizando 7 publicações, seguido da disposição em estações de tratamento de esgoto com 3 publicações e disposição no solo com 2 publicações, conforme apresentado na Figura 3. Os demais artigos estão relacionados à recuperação de coagulantes, reciclagem na própria ETA e remoção de flúor.

O Quadro 1 apresenta os artigos selecionados para leitura e extração dos dados.

Figura 1 - Evolução das publicações desenvolvidas no Brasil sobre lodo de ETA ao longo do tempo

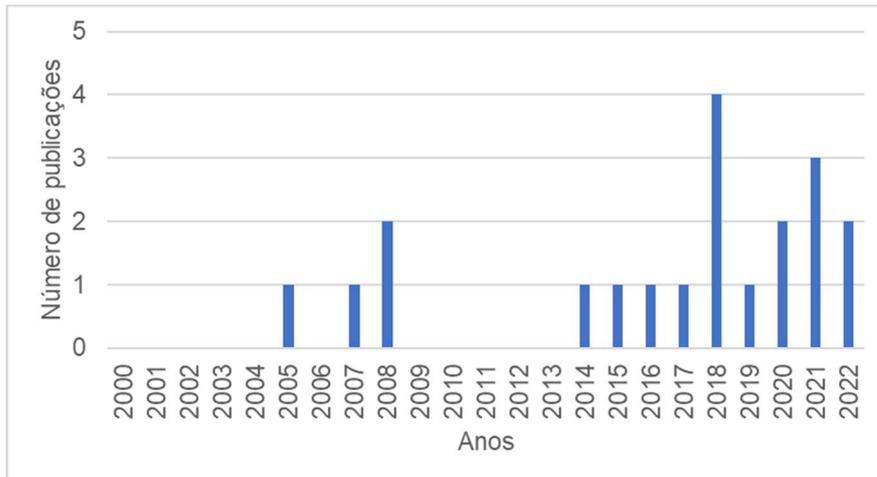


Figura 2 - Distribuição dos artigos por temas de pesquisa

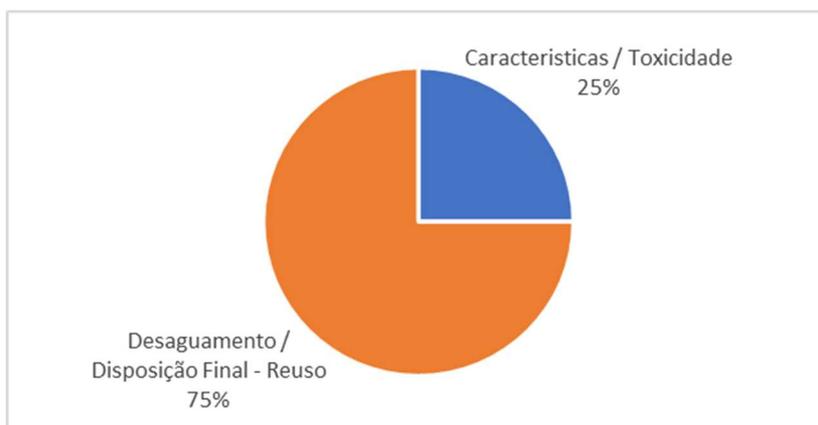


Figura 3 - Distribuição dos artigos em função da forma de disposição final



Quadro 1 – Relação de artigos utilizados para extração dos dados

Ano	Referência	Título	Tema abordado
2005	SOTERO-SANTOS, R.B et al	Evaluation of water treatment sludges toxicity using the <i>Daphnia</i> bioassay	C/T
2007	SOTERO-SANTOS, R.B. et al	Toxicity of ferric chloride sludge to aquatic organisms	C/T
2008	MONTEIRO, S.N. et al	Incorporation of sludge waste from water treatment plant into red ceramic	D/DF/R
2008	VIEIRA, C.M.F. et al	Microstructural changes of clayey ceramic incorporated with filter sludge from water treatment plant	D/DF/R
2014	PINHEIRO, B.C.A. et al	Waterworks waste (sludge) of the Leopoldina, MG, region aiming its use in the red ceramic industry. Part I: characterization of the sludge	D/DF/R
2015	GASTALDINI, A.L.G. et al	The use of water treatment plant sludge ash as a mineral addition	D/DF/R
2016	BRAAK, E et al	Phosphorus recycling potential assessment by a biological test applied to wastewater sludge	D/DF/R
2017	SKORONSKI, E. et al	Using Acid Mine Drainage to Recover a Coagulant from Water Treatment Residuals	D/DF/R
2018	RODRIGUES, L.P. et al	Valorization of Municipal Waterworks Sludge to Produce Ceramic Floor Tiles	D/DF/R
2018	ANDRADE, J.J.D. et al	Performance of rendering mortars containing sludge from water treatment plants as fine recycled aggregate	D/DF/R
2018	LADEIA, WA; et al	Molecular surveillance of <i>Cryptosporidium</i> and <i>Giardia duodenalis</i> in sludge and spent filter backwash water of a water treatment plant	C/T
2018	ALMEIDA, A.M. et al	Volumetric modeling of two sludge piles from water treatment plants in a Brazilian reservoir	C/T
2019	SCALIZE, P.S. et al	Reuse of alum sludge for reducing flocculant addition in water treatment plants	D/DF/R
2020	GODOY, L.G.G.; et al	Production of supplementary cementitious material as a sustainable management strategy for water treatment sludge waste	D/DF/R
2020	AL JUBOURY, M.F. et al	Synthesis of composite sorbent for the treatment of aqueous solutions contaminated with methylene blue dye	D/DF/R
2021	SENEDA, R.M. et al	Flocculation kinetics: a comparative study on the use of polyaluminium chloride with high and low basicity and alum	C/T
2021	SCALIZE, P.S. et al	Impact of Alum Water Treatment Residues on the Methanogenic Activity in the Digestion of Primary Domestic Wastewater Sludge	D/DF/R
2021	PIGATTO, R.S. et al	Thermally treated sludge obtained from a coagulation-flocculation water treatment process as a low-cost and eco-friendly adsorbent for water defluorination	D/DF/R
2022a	RIBEIRO, P.L. et al	Water treatment residuals for ameliorating sandy soils: Implications in environmental, soil and plant growth parameters	D/DF/R
2022b	RIBEIRO, P.L. et al	Liming and co-application of water treatment residuals with biosolids for conditioning sandy soils	D/DF/R

C/T - Características / Toxicidade; D/DF/R - Desaguamento / Disposição Final - Reuso

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No Brasil tem-se um total de 4873 ETAs sendo que aproximadamente 50% são do tipo convencional e apenas 1825 têm registro de geração de lodo. Destas, 56% fazem o lançamento do lodo diretamente nos cursos d'água, 23% em aterros sanitários e apenas 7% fazem uma disposição sustentável (IBGE, 2017).

Para se pensar no uso sustentável é fundamental a caracterização do lodo produzido nas ETAs. Esta característica é resultante do uso e ocupação do solo na bacia, bem como a variação da qualidade da água do manancial e os produtos químicos utilizados no tratamento. O sulfato de alumínio é o coagulante mais utilizado nos trabalhos analisados. Em todos os estudos os valores de Zinco, Chumbo, Níquel, Ferro, Manganês, Cobre, Cromo e Alumínio ficaram muito acima dos limites de lançamento de efluentes, indicando a necessidade de tratamento antes do lançamento/disposição final. Estes compostos na sua maioria ou são provenientes das águas contaminadas ou da baixa qualidade do produto químico utilizado. (SOTERO-SANTOS, R.B et al, 2005)

Foi avaliado a toxicidade do lodo lançado sem tratamento nos cursos d'água utilizando *Daphnia Similus*, tendo sido observado que nenhuma toxicidade aguda foi observada em 48h de exposição. O lodo de cloreto férrico apresentou toxicidade crônica relacionado a baixa fecundidade e mortalidade, enquanto o lodo de alumínio foi relacionado a baixa fecundidade (SOTERO-SANTOS, R.B et al, 2005 E 2007). Observou-se que poucos trabalhos têm sido desenvolvidos sobre a toxicidade do lodo no Brasil, constatação comprovada também por Bernegossi et al. (2022).

Diversas alternativas para a disposição final de resíduos de lodo de estações de tratamento de água foram observadas como aplicação em materiais de construção, utilização na agrícola, absorção de poluentes, uso como coagulante.

Quanto à aplicação em materiais de construção foi observada a incorporação do lodo na produção de cerâmica vermelha (MONTEIRO et al, 2008; VIEIRA et al, 2008; PINHEIRO et al, 2014), argamassa e concreto (GASTALDINI, et al, 2015; ANDRADE et al, 2018; GODOY, et al., 2020). A incorporação no solo para fins agrícolas tem sido utilizada para aumentar a produtividade em solos, bem como a recuperação de áreas degradadas. A maior barreira agrônômica é o risco da contaminação de solo por Al e a deficiência e os baixos níveis de P, entretanto, o controle do pH do solo através da calagem pode minimizar o risco (RIBEIRO et al, 2022a e 2022b).

Para utilizar o lodo de ETA na produção de materiais de construção, é necessário submeter este material a processos de secagem, moagem e peneiramento. O lodo seco é misturado com outros materiais, como argila, areia e cimento, para formar uma massa homogênea, que pode ser moldada e queimada em altas temperaturas. A utilização do lodo na produção de materiais de construção pode trazer benefícios ambientais e econômicos, pois permite a recuperação de materiais valiosos e a redução da quantidade de resíduos a serem descartados. Além disso, o uso do lodo como matéria-prima pode reduzir a emissão de gases de efeito estufa associados à extração e produção de materiais de construção convencionais.

A reutilização é a aplicação agrícola, em que o lodo é utilizado como fertilizante natural para a melhoria do solo e aumento da produtividade agrícola. Entretanto, essa prática requer cuidados e regulamentações específicas, uma vez que o lodo pode conter patógenos e metais pesados que podem contaminar o solo e a água.

A utilização do lodo de ETA como agente de absorção de poluentes pode trazer benefícios ambientais e econômicos, pois permite a recuperação de materiais valiosos e a redução da quantidade de resíduos a serem descartados. Entretanto, é importante destacar que o lodo deve passar por tratamentos e processos específicos para garantir sua eficácia na absorção de poluentes e minimizar o risco de contaminação do meio ambiente.

Vários métodos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos têm sido desenvolvidos visando a utilização do lodo de ETA na síntese de solvente, remoção de flúor das águas (PIGATTO, et al 2021) e remoção de fósforo da água em ETE (SCALIZE et al., 2021).

Nos artigos selecionados, apenas um aborda o lodo como coagulante visando reduzir a quantidade de sulfato de alumínio utilizado no tratamento. O lodo de ETA contém compostos inorgânicos como hidróxido de alumínio e hidróxido de ferro, que podem atuar como coagulantes no processo de tratamento reduzindo o consumo de novos coagulantes (SENEDA, et al 2021, SCALIZE et al, 2019).

No entanto, é importante destacar que o uso do lodo de ETA deve seguir normas e regulamentações específicas para garantir a segurança ambiental e sanitária. As autoridades locais devem fiscalizar e monitorar as práticas de reutilização do lodo, a fim de evitar a contaminação do meio ambiente e proteger a saúde pública.

A utilização do lodo de ETA em outras aplicações pode reduzir o impacto ambiental associado à destinação inadequada de resíduos, como a contaminação do solo e da água. A reutilização pode reduzir os custos com a destinação e tratamento de resíduos, além de gerar receita com a comercialização dos produtos obtidos a partir do lodo. O lodo como matéria-prima na produção de materiais de construção, por exemplo, pode reduzir a necessidade de extração de matéria-prima virgem, contribuindo para a preservação dos recursos naturais.

## 5. CONCLUSÕES

Observou-se uma grande dificuldade na escolha das palavras-chave para filtrar artigos relacionados unicamente ao lodo de estação de tratamento de água, tendo sido obtido na busca um número significativo de artigos relacionados aos resíduos de estações de tratamento de esgoto doméstico ou industrial. Praticamente todos os artigos de alguma forma abordam as características físico-químicas do lodo, entretanto, há uma variedade grande nos resultados encontrados, desta forma é fundamental a separação dos resultados em função do tipo de produto químico utilizado, período hidrológico e região brasileira do estudo, sempre utilizando estudos com águas naturais. Quanto ao aproveitamento do lodo de ETA para cada uso sustentável são necessários estudos de características específicas.

O uso na construção civil possui normas específicas que limitam o percentual de lodo na incorporação. Quanto à disposição no solo observou-se carência de legislação disciplinando o seu uso. Os estudos avaliando a toxicidade do uso de lodo no solo e na água são antigos, sendo uma lacuna observada nas publicações selecionadas. Por fim, é fundamental o mapeamento consistente da produção do lodo nas bacias hidrográficas, bem como dos potenciais usos, visando subsidiar estudos de viabilidade do uso sustentável.

A reutilização do lodo de ETA no Brasil é uma prática que vem ganhando mais importância, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico, com a implementação de políticas públicas e a adoção de tecnologias mais sustentáveis, espera-se que essa prática se torne ainda mais comum e eficiente no país. Porém ainda enfrenta desafios, como a falta de regulamentação e incentivos financeiros, além de questões relacionadas à logística e gestão adequada do lodo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 10004 - Resíduos Sólidos: Classificação**. São Paulo, 2004.
2. ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, p. 115-122, 2013.
3. AL JUBOURY, M.F. et al. Synthesis of composite sorbent for the treatment of aqueous solutions contaminated with methylene blue dye. **Water Sci Technol** v. 81, n.7, p. 1494–1506, 2020.
4. ALMEIDA, A.M.; WADA, E.Y.B.; WASSERMAN, J.C. Volumetric modeling of two sludge piles from water treatment plants in a Brazilian reservoir. **Water Science & Technology**. v 77, n.2, p. 355-363, 2018.
5. ANDRADE, J.J.D. et al. Performance of rendering mortars containing sludge from water treatment plants as fine recycled aggregate. **Journal of Cleaner Production**. v. 192, p. 159-168, 2018.
6. BERNEGOSI, A. C., et al. A systematic review of the water treatment sludge toxicity to terrestrial and aquatic biota: state of the art and management challenges, **Journal of Environmental Science and Health**, v. 57: n. 4, p. 282-297, 2022.
7. BHERING, A. P. et al. Geological and hydrogeological review of a semi-arid region with conflicts to water availability (southeastern Brazil). **Environmental Research**, v. 202, p. 111756, 2021.
8. BRAAK, E; AUBY, S; PIVETEAU, S; GUILAYN, F; DAUMER, ML Phosphorus recycling potential assessment by a biological test applied to wastewater sludge. **Environ Technol**. v.37, 11p, 2016.

9. COSTA, E. R. H. **Estudo de Polímeros Naturais como Auxiliares de Flocculação com Base no Diagrama de Coagulação do Sulfato de Alumínio**. São Carlos. 1992. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 1992.
10. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. DB; VOLTAN, P. E. N.. **Métodos e técnicas de tratamento e disposição dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2012.
11. GODOY L.G.G.; et al. Production of supplementary cementitious material as a sustainable management strategy for water treatment sludge waste. **Case Studies in Construction Materials** v.12, 10p., 2020.
12. GASTALDINI, A.L.G.; et al, T. The use of water treatment plant sludge ash as a mineral addition. **Construction and Building Materials**. V. 94, p 513-520, 2015
13. IBGE. Indicadores Brasileiros para o Desenvolvimento Sustentável. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: Brasília: 2017.
14. LADEIA, W.A.; MARTINS, F.D.C.; SILVA, C.F.R.E.; FREIRE, R.L. Molecular surveillance of *Cryptosporidium* and *Giardia duodenalis* in sludge and spent filter backwash water of a water treatment plant. **Journal of Water and Health**. v. 16, n.5, p. 857-860, 2018.
15. LUCAS, D.; BENATTI, C. T.. Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil. **Revista em agronegócio e meio ambiente**, v. 1, n. 3, p. 405-418, 2008.
16. MONTEIRO, S.N.; ALEXANDRE, J.; MARGERN, J.I.; SANCHEZ, R.; VIEIRA, C.M.F. Incorporation of sludge waste from water treatment plant into red ceramic. **Construction and Building Materials**. v.22, p. 1281–1287, 2008
17. OKOLI, C. A guide to conducting a standalone systematic literature review. **Communications of the Association for Information Systems**. v. 37, n. 43, p.879-910, 2015.
18. PIGATTO, R.S. et al. Thermally treated sludge obtained from a coagulation-flocculation water treatment process as a low-cost and eco-friendly adsorbent for water defluorination. **Brazilian Journal Of Chemical Engineering**. v. 38, n.3, p.451-460, 2021
19. PINHEIRO, B.C.A.; ESTEVAO, G.M.; SOUZA, D.P. Waterworks waste (sludge) of the Leopoldina, MG, region aiming its use in the red ceramic industry. Part I: characterization of the sludge. **Revista Matéria**. v. 19, n.03, p. 204-2011, 2014.
20. RIBEIRO, P.L et al. Liming and co-application of water treatment residuals with biosolids for conditioning sandy soils. **Land Degradation & Development**. v.33, n. 7, p.989-1001, 2022a.
21. RIBEIRO, P.L. et al. Water treatment residuals for ameliorating sandy soils: Implications in environmental, soil and plant growth parameters. **Geoderma**. v. 407, 2022b.
22. RODRIGUES, L.P.; HOLANDA, J.N.F. Valorization of Municipal Waterworks Sludge to Produce Ceramic Floor Tiles . **Recycling**. v. 3, 10p., 2018.
23. SENEDA, R.M.; GARCIA, G.F.; DOS REIS, A.G. Flocculation kinetics: a comparative study on the use of polyaluminium chloride with high and low basicity and alum. **Eng Sanit Ambiental**.| v. 26, n.2, p. 283-290, 2021.
24. SOTERO-SANTOS, R.B.; ROCHA, O.; POVINELLI, J. Evaluation of water treatment sludges toxicity using the Daphnia bioassay. **Water Research**. v. 39, p.3909–3917, 2005.
25. SOTERO-SANTOS, R.B.; ROCHA, O.; POVINELLI, J. Toxicity of ferric chloride sludge to aquatic organisms. **Chemosphere**. v. 68, p. 628–636, 2007.
26. SCALIZE, P.; ALBUQUERQUE, A.; DI BERNARDO, L. Impact of Alum Water Treatment Residues on the Methanogenic Activity in the Digestion of Primary Domestic Wastewater Sludge. **Sustainability**. v 13, n. 16, 12 p., 2021.
27. SCALIZE, P.S.; SOUZA, L.M.D.; ALBUQUERQUE, A. Reuse of alum sludge for reducing flocculant addition in water treatment plants. **Environment Protection Engineering**. v. 45, n. 1, p. 57-70, 2019.
28. SILVA, C.A. et al. Classificação dos lodos formados durante o processo de coagulação/flocculação da água com os coagulantes PAC e Moringa Oleifera. **Engevista**, v. 14, n. 3. p. 302-309.2012
29. SKORONSKI, E; OHRT, AC; CORDELLA, RD; TREVISAN, V; FERNANDES, M; MIGUEL, TF; MENEGARO, DA; DOMINGUINI, L; MARTINS, PR. Using Acid Mine Drainage to Recover a Coagulant from Water Treatment Residuals. **Mine Water Environ**. v.36, p. 495–501, 2017.
30. TONY, M. A. Valorization of undervalued aluminum-based waterworks sludge waste for the science of “The 5 Rs’ criteria”. **Applied Water Science**, v. 12, n. 2, p. 20, 2022.
31. VIEIRA, C.M.F.; MARGEM, J.I.; MONTEIRO, S.N. Microstructural changes of clayey ceramic incorporated with filter sludge from water treatment plant. **Revista Matéria**, v. 13, n. 2, pp. 275 – 281, 2008