

Destinação de lodo de sistemas de tratamento para fins energéticos

Disposal of sludge from treatment systems for energy purposes

Carolina Meurer¹, Jeane de Almeida do Rosário¹, Manoel Fabio da Rocha¹, Patricia Fuck de Andrade^{1*}, Vinicius Nascimento¹

¹Departamento de Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Santa-UEDESC/CAV Catarina, Lages-Santa Catarina, Brasil.

*Autora para correspondência: patriciafuchh@gmail.com

RESUMO

As diversas ações antropogênicas, como mineração, industrialização, processo de urbanização, atividades agropecuárias, entre outras, podem ocasionar passivos ambientais aos solos, ar e águas. Uma adequada disposição dos lodos advindos de sistemas de tratamentos seria uma solução viável para evitar contaminações do solo, de lençóis freáticos e emissão de poluentes à atmosfera. A presente pesquisa teve por objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre estudos, pesquisas e experimentos ao redor do mundo sobre a destinação de lodo advindos de sistemas de tratamento para fins energéticos. A pesquisa foi realizada nos meses de outubro e novembro de 2022, em bases de dados como Science Direct e Portal de Periódicos da CAPES, a partir de palavras-chave como: tratamento de lodo; tratamento de lodo para fins energéticos; e o próprio título da pesquisa. A análise quantitativa foi obtida através da caracterização dos estudos encontrados na base de dados, como: artigo de revisão, artigo de pesquisa, enciclopédia, entre outros. A análise qualitativa se deu através das principais contribuições e resultados alcançados nos presentes trabalhos encontrados sobre o tema. Assim, as informações foram cruzadas e compiladas para elaboração do presente trabalho.

Palavras-chave: Ações antrópicas. Poluente. Estação de tratamento.

ABSTRACT

The various anthropogenic actions, such as mining, industrialization, the urbanization process, agricultural activities, among others, can cause environmental liabilities to soil, air and water. Adequate disposal of sludge from treatment systems would be a viable solution to avoid contamination of the soil, groundwater and the emission of pollutants into the atmosphere. This research aimed to conduct a literature review on studies,

Realização:



Apoio:



research and experiments around the world on the disposal of sludge from treatment systems for energy purposes. The research was carried out in October and November 2022, in databases such as Science Direct and Portal de Periodicals da CAPES, based on keywords such as: sludge treatment; sludge treatment for energy purposes; and the title of the survey itself. The quantitative analysis was obtained through the characterization of the studies found in the database, such as: review article, research article, encyclopedia, among others. The qualitative analysis took place through the main contributions and results achieved in the present works found on the subject. Thus, the information was crossed and compiled for the preparation of this work.

Keywords: Anthropogenic actions. Polluting. Treatment plant.

1 INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas geram grandes impactos e passivos ambientais ao solo, mananciais de água, plantas e animais, incluindo o ser humano, através de processos de urbanização, industrialização, entre outros (DANIEL, 2018). Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em sua mais recente pesquisa sobre saneamento básico no Brasil (PNSB), no ano de 2017, o órgão constatou que com exceção da Região Sudeste (95,9%), todas as outras apresentaram serviço de saneamento com percentual inferior a 50, a saber: Região Norte, 13,8%; Região Centro-Oeste, 38,1%; Região Sul, 40,9%, Região Nordeste, 49,0% (IBGE, 2020), o que é preocupante visto o tamanho do país e de sua população.

É possível traçarmos um paralelo entre o crescimento da população mundial com consequente aumento dos processos industriais para atender as demandas da sociedade e como isso tem trazido à tona inúmeras discussões sobre a destinação correta dos efluentes e rejeitos gerados com os processos fabris e o tratamento de efluentes (IMAI, 2010).

A destinação mais comum para este lodo são os aterros industriais. No entanto, essa alternativa além de onerosa, não se mostra a melhor opção dos pontos de vista técnico e ambiental. Conforme Pequeno (2020) objetivando a sustentabilidade, o ideal é que esses resíduos possam ser reaproveitados, evitando passivos ambientais e preservando os recursos naturais.

Conforme Abreu (2017) o gerenciamento do lodo de esgoto proveniente de estações de tratamento é uma atividade de grande complexidade e onerosa que quando

Realização:



Apoio:



mal executada, pode comprometer os benefícios ambientais e sanitários esperados destes sistemas.

Para ser utilizado, o lodo deve ser submetido a etapas de tratamento que tem por objetivo reduzir o teor de matéria orgânica biodegradável, organismos patogênicos e a quantidade de água (VANZETTO, 2012). Tsai *et al.* (2009) mostra que o lodo tem sido utilizado como fonte de biomassa para a produção de energia, visando diminuir custos dispendiosos com tratamento e também o seu descarte no meio ambiente.

O objetivo deste trabalho é promover uma pesquisa quali-quantitativa sobre o tema do aproveitamento energético do lodo de sistemas de tratamento, buscando artigos publicados sobre o assunto e visando sanar dúvidas levantadas sobre a destinação, utilização e eficiência deste material.

2 METODOLOGIA

A revisão para elaboração deste artigo foi realizada nos meses de outubro a novembro de 2022, tendo como base de metodologia o trabalho de Sartor *et al.* (2021). A pesquisa destes autores seguiu as diretrizes propostas por Pullin e Stewart (2006), que levanta algumas sugestões para a realização de uma pesquisa de revisão bibliográfica, classificando-as por etapas.

A primeira etapa se dá pelo planejamento, onde é necessário questionar as lacunas a serem exploradas pelo estudo, além de levantar dúvidas sobre a temática envolta do assunto (SARTOR *et al.*, 2021). As etapas da diretriz proposta por Pullin e Stewart (2006), incluem além do planejamento e a realização de uma revisão, a elaboração de um protocolo, estratégia de pesquisa, inclusão e extração de dados e posterior análise destes.

Com a problemática do lodo já explicada anteriormente nesta pesquisa, definiu-se então os questionamentos para nortear a mesma. Os questionamentos levantados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Questionamentos norteadores para a realização do levantamento quali-quantitativo.

1 ^o	Quais as melhores formas de aproveitamento do lodo?
2 ^o	A queima do lodo pode gerar energia?
3 ^o	É viável a queima do lodo na geração de energia para uma unidade fabril?
4 ^o	A queima do lodo pode gerar algum outro material prejudicial ao meio ambiente?
5 ^o	Qual a quantidade de pesquisas e experimentos realizados sobre o assunto?
6 ^o	Por que não se tem muito material sobre a queima do lodo?

Fonte: Autores (2022)

Realização:



Apoio:



Para a busca dos artigos utilizou-se o website do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação e Cultura (MEC), estabelecendo palavras-chave (Tabela 2) para o refino das buscas no portal.

Tabela 2 - Palavras-chave utilizadas na pesquisa.

Palavras-chaves:	Lodo	Aproveitamento	Geração	Energético	Energética	Queima
------------------	------	----------------	---------	------------	------------	--------

Fonte: Autores (2022)

Consoante Sartor *et al.* (2021), para a triagem dos trabalhos mais relevantes foram descartadas publicações consideradas literatura cinza, como, pesquisas não publicadas ou publicadas de forma não comercial (anais de conferência, teses e dissertações, relatórios de pesquisa e boletins informativos) e para a etapa final de seleção dos artigos, leu-se os resumos e verificou-se a conexão do estudo com a temática proposta para esse artigo, os que não estivessem atendendo a este crivo foram descartados.

Após selecionados, os artigos foram compilados numa listagem no software Excel, após as extrações dos dados principais como, título, ano de publicação, local do estudo e identificador de objeto digital (DOI).

Após realizada a listagem e organização, realizou-se as análises qualitativa e quantitativa dos artigos. Obteve-se análise quantitativa pelo método de estatística descritiva, a fim de atingir uma abordagem bibliométrica, para categorização dos artigos por: ano, local do estudo, periódico de publicação, metodologia utilizada, nível de evidência e principais abordagens.

Para a análise qualitativa selecionou-se as contribuições e resultados mais relevantes, sobre o prisma da destinação adequada do lodo de sistemas de tratamento e seus potenciais para fins energéticos, sendo de maneira prática e consistente juntadas as informações, cruzadas e compiladas para elaboração da presente revisão bibliográfica.

3 RESULTADOS

De acordo com os dados obtidos pela base de dados Science Direct, em relação às publicações referentes aos anos de 2021 e 2022, percebemos que a maioria das publicações são artigos de revisão e artigos de pesquisas, seguidos por capítulos de livros (Figura 1).

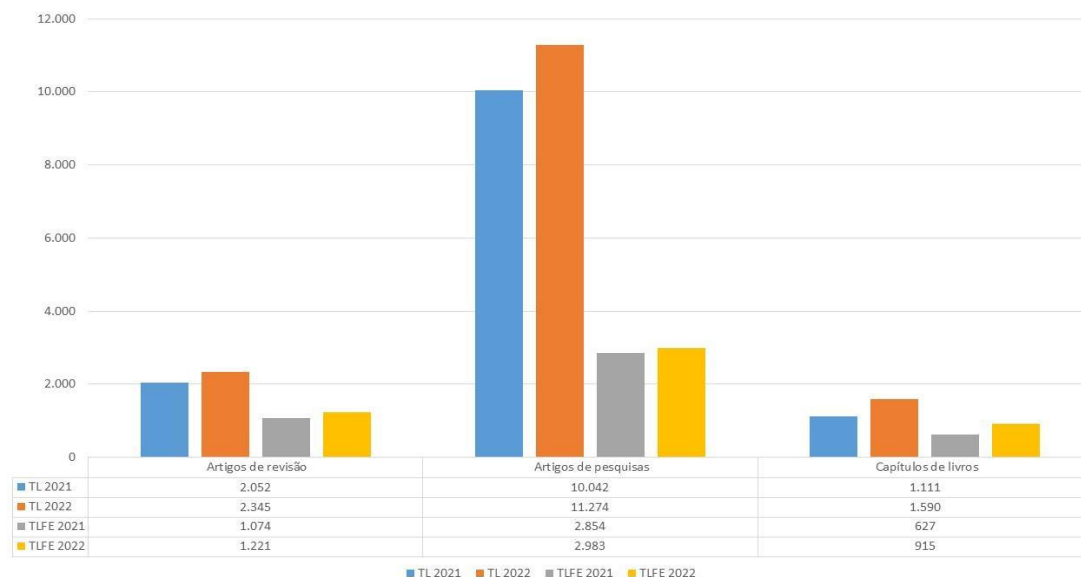
Realização:



Apoio:



Figura 1 - Três principais tipos de publicações (Artigos de revisão; Artigos de pesquisas e Capítulos de livros) sobre o tema da pesquisa, obtidas pela Science Direct, para os anos de 2021 e 2022. TL= Tratamento de Lodo; TLFE = Tratamento de Lodo para Fins Energéticos.



Fonte: Autores (2022)

4 DISCUSSÃO

Em trabalhos realizados por Teoh e Li (2020), foram avaliados e revisados os avanços alcançados em relação a 67 estudos, entre eles trinta e duas revisões de literatura, entre os anos de 2000 e 2018, utilizando-se a metodologia de avaliação semi-quantitativa, sendo mostrada a capacidade de reduzir o volume/peso dos lodos e também dos passivos ambientais ocasionados pelos distintos métodos de tratar o lodo, ou seja, químico, biológico, térmicos e termoquímicos.

Pradel *et al.* (2016) focam na conscientização sobre a importância da avaliação do ciclo de vida (ACV) e o ajuste da transição do lodo com status de “resíduo” para “produto”. Kacprzak *et al.* (2017) introduziram padrões de julgamento tidos por fundamentais para o conceito de economia circular relacionada ao lodo, definido por eles como sendo “do desperdício aos recursos”. Yoshida *et al.* (2013) revisaram 35 estudos sobre ACV em relação à pesquisa de lodo e mencionaram as principais técnicas e métodos, mas não investigou esses estudos minuciosamente. Barry *et al.* (2019) focaram no tratamento do lodo objetivando diminuir sua massa/volume, reduzindo gastos com descarte e mitigando possíveis riscos à saúde humana.

Em trabalhos realizados no Reino Unido, Tarpani *et al.* (2020) estudaram sobre

Realização:



Apoio:



os impactos ambientais do ciclo de vida de métodos de tratamento de lodo de esgoto para recuperação de energia e de recursos considerando a ecotoxicidade de elementos-traço e produtos farmacêuticos e de higiene pessoal, focando aqui na ACV. Trabalho parecido, em relação a analisar o ciclo de vida realizaram Rostami *et al.* (2020) ao realizar uma avaliação comparativa de alternativas de disposição de lodo de esgoto em Mashhad, no Irã e possíveis maneiras de obter energia através do mesmo.

Quando colocamos o termo “destinação de lodo de sistemas de tratamento para fins energéticos”, entre parênteses aparecem pouquíssimos trabalhos, o que nos sugere a necessidade da realização de estudos e pesquisas mais aprofundadas no conteúdo.

No Portal da CAPES quando colocamos o título da presente pesquisa entre aspas, ou seja, “Lodo para fins energéticos”, a busca encontra poucos artigos relacionados ao tema. Os resultados encontrados estão mencionados abaixo.

Nos estudos sobre lodos provenientes de reatores UASB, se for desidratado por filtro prensa e submetido à secagem para melhoria do poder calorífico, pode ser usado como um combustível para abastecer consumidores na região, em substituição da lenha ou do carvão (ROSA; MELO; CHERNICHARO, 2016).

Em outro estudo Rosa, Neves e Chernicharo (2018) sugere que as principais alternativas para o aproveitamento energético do lodo provenientes de tratamento anaeróbio, relacionam-se com a queima direta do material, o uso do subproduto como fonte de energia em cimenteiras e a co-combustão do lodo com outras fontes de biomassa.

O sistema de geração de energia, a partir do biogás, produzido por processos físicos, químicos e microbiológicos ocorridos na biodigestão do lodo de ETEs, é composto essencialmente por captação do gás, processamento e conversão do gás (SILVA, 2015).

O estudo avaliou o desempenho do lodo com diferentes concentrações de resíduos agroindustriais para obtenção de biogás para fins energéticos, através da biodigestão anaeróbia. Os resultados obtidos indicaram eficiência na produção de biogás na mistura de 60% de dejetos suínos e 40% lodo e sangue. A codigestão de biomassas residuais é capaz de promover melhores rendimentos na produção de biogás para fins de seu aproveitamento como fonte renovável de energia (HASAN *et al.*, 2017).

Realização:



Apoio:



5 CONCLUSÃO

Conclui-se com o presente levantamento bibliográfico que há um grande potencial para estudos e futuros trabalhos sobre esta linha de pesquisa com lodo para fins energéticos, em contrapartida quando tratamos deste tema em relação às publicações brasileiras, percebe-se a necessidade de mais publicações sobre o mesmo, visto que no país ainda enfrentamos problemas com aterros sanitários a céu aberto, lodo sendo utilizado na agricultura sem o devido tratamento, dentre outros, além de estudos mais aprofundados sobre a viabilidade da utilização do lodo para fins energéticos no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. H. M. **Reciclagem Agrícola e Florestal de Lodo de Esgoto no Estado do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Florestas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Seropédica, 2017.
- BARRY, D. *et al.* Pyrolysis as an economical and ecological treatment option for municipal sewage sludge. **Biomass and Bioenergy**, v. 122, p. 472-480, 2019.
- DANIEL, E.S. **Aplicação de cobre, crescimento, morfogênese e nutrição mineral em gramíneas tropicais**. Tese (Doutorado) Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2018.
- HASAN, C. *et al.* Análise da sinergia de resíduos agroindustriais submetidos a biodigestão anaeróbia visando biogás para aproveitamento energético. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.8, n.3, p.190-199, 2017.
- IMAI, M. H. **Aproveitamento energético do lodo de ETEI de indústria de papel no Município de Correia Pinto/SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017**: abastecimento de água e esgotamento sanitário / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro; 124 p., 2020.
- KACPRZAK, M. *et al.* Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. **Environmental Research**, v. 156, p. 39-46, 2017.
- PEQUENO, O. T. B. de L. **Incorporação de resíduo industrial de granito na impermeabilização da camada de base do aterro sanitário em Campina Grande–PB**. 91 páginas. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia. 2020.

Realização:



Apoio:



PRADEL, M. *et al.* From waste to added value product: towards a paradigm shift in life cycle assessment applied to wastewater sludge: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 131, p. 60-75, 2016.

PULLIN, A. S.; STEWART, G. B. Guidelines for systematic review in conservation and environmental management. **Conservation Biology**, v. 20, n. 6, p.1647–1656, 2006.

ROSA, A. P. *et al.* Potencial energético e alternativas para o aproveitamento do biogás e lodo de reatores UASB: estudo de caso estação de tratamento de efluentes Laboreaux (Itabira). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 315-328, 2016.

ROSA, A. P.; NEVES, R. C.; CHERNICHARO, C. A. Aproveitamento energético dos subprodutos, lodo e biogás, a partir do tratamento anaeróbio de efluentes pelo uso de processos termoquímicos. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 1, p. 26-34, 2018.

ROSTAMI, F. *et al.* Comparative assessment of sewage sludge disposal alternatives in Mashhad: a life cycle perspective. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 315-333, 2020.

SARTOR, L. B.; RUDECK, V. H. P.; DO ROSÁRIO, J. A. **Modelos físicos de deposição de poeira e limpeza de módulos fotovoltaicos: uma revisão**. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Revista Tecnologia, 12 páginas. 2021.

SILVA, H. J. Produção de biofertilizantes e aproveitamento energético do biogás proveniente da digestão anaeróbia do lodo produzido em ETE: uma avaliação do potencial da cidade de Cristina (MG). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, p. 87-110, 2015.

TARPANI, R. R. Z. *et al.* Life cycle environmental impacts of sewage sludge treatment methods for resource recovery considering ecotoxicity of heavy metals and pharmaceutical and personal care products. **Journal of Environmental Management**, v. 260, p. 109643, 2020.

TEOH, S. K.; LI, L. Y. Feasibility of alternative sewage sludge treatment methods from a lifecycle assessment (LCA) perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 247, p. 119495, 2020.

TSAI, W. T. *et al.* Characterization of bio-oil from induction-heating pyrolysis of foodprocessing sewage sludges using chromatographic analysis. **Bioresource Technology**, v.100, p.2650–2654, 2009.

YOSHIDA, H.; CHRISTENSEN, T. H.; SCHEUTZ, C. Life cycle assessment of sewage sludge management: a review. **Revista Gestão de Resíduos**, v. 31, p. 1083 – 1101, 2013.

VANZETTO, A. S. **Análise das alternativas tecnológicas de desaguamento de lodos produzidos em estações de tratamento de esgoto**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília – Brasília/DF, 2012.

Realização:



Apoio:

