

ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE HORTALIÇAS E FRUTAS DE CONSUMO DIRETO E ESPÉCIES NATIVAS EM LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Rosane Freire Boina¹
Maria Julia Matos Ortiz²

Resumo

No Brasil, o crescimento acelerado da população e da indústria elevou a demanda por água potável. Nas Estações de Tratamento de Água (ETAs), o lodo é gerado durante o processo de potabilização das águas brutas dos mananciais de abastecimento. No entanto, esse lodo é frequentemente descartado diretamente em corpos d'água sem tratamento adequado, resultando em diversos impactos ambientais. As formas de destinação do lodo devem seguir as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que prioriza a redução, reuso e reciclagem desses resíduos. Uma das alternativas viáveis para o seu uso é na agricultura, uma vez que ele contém macro e micronutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas e pode melhorar a estrutura do solo. Diante disso, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliométrica da literatura sobre o uso do lodo de ETA no cultivo de hortaliças e espécies nativas. Para isso, foi utilizada uma base de dados Portal Periódicos CAPES, com as palavras-chave: "Lodo de ETA", "Cultivo", "Disposição no solo", "Vegetação", "Hortaliças", "Germinação" e "Tomates". A pesquisa considerou estudos publicados entre 2000 e 2024. Os resultados foram organizados em tabelas, visando avaliar uma destinação ambientalmente adequada para o uso do lodo no cultivo de hortaliças. Embora a literatura revisada demonstre o potencial dessa aplicação, o número de estudos ainda é limitado, indicando a necessidade de mais pesquisas científicas. Ainda, há um crescente incentivo de instituições de fomento para apoiar a produção de pesquisas nessa área.

Palavras-chave: Cultivo; Reuso; Resíduo Sólido, Saneamento; Vegetação.

¹ Profa. Dra. Rosane Freire Boina, FCT Unesp – Campus de Presidente Prudente, Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente, rosane.freire@unesp.br

² Aluna do Curso de Engenharia Ambiental, FCT – Unesp, mj.ortiz@unesp.br

INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Água (ETA) é uma parte essencial do sistema de abastecimento de água para a população, sendo um serviço de responsabilidade pública que visa garantir condições adequadas de saneamento básico (Fiore et al., 2020). Durante o processo de tratamento da água bruta para torná-la potável, é gerado o lodo de ETA. De acordo com a NBR 10.004/2004, o LETA é classificado como um resíduo sólido não perigoso e não inerte (Classe IIA), o que significa que seu gerenciamento deve seguir as diretrizes das legislações ambientais brasileiras sobre resíduos sólidos. A quantificação do volume de lodo produzido é essencial para um gerenciamento eficaz e uma destinação ambientalmente adequada. Estima-se que mais de 100 mil toneladas de lodo sejam geradas diariamente em uma única ETA (Ahmad et al., 2017; Turner et al., 2019). Além disso, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) indicou que, em 2015, foram gerados 78 milhões de toneladas de lodo nos 1.094 municípios brasileiros que participaram da pesquisa (Brasil, 2020). É importante destacar que, embora esse número seja significativo, ele não reflete a totalidade da geração de resíduos no país, uma vez que muitos municípios não fornecem essas informações ao SNIS devido à ausência de dispositivos de medição instalados nas ETAs (Brasil, 2020). Já em esfera internacional, estudos apontam que são geradas anualmente, em países desenvolvidos e em desenvolvimento, milhões de toneladas de lodo (Ahmad et al., 2017; Turner et al., 2019).

A destinação adequada do lodo de ETA é um desafio persistente no setor de saneamento. A maioria das ETAs no Brasil foi instalada antes da implementação de leis e regulamentações ambientais que exigem o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras (Brasil, 1997a; Brasil, 1998; Brasil, 1997b). Como resultado, muitas dessas estações não possuem sistemas adequados para o tratamento e disposição final desse resíduo (Achon et al., 2015). A prática mais comum entre as empresas de saneamento é o descarte em aterros sanitários ou o lançamento direto do lodo em corpos d'água, o que configura crime ambiental conforme a Lei Federal nº 9.605/98, devido aos danos causados aos mananciais e à saúde pública e animal (Da Cunha et al., 2019; Arantes et al., 2022; Teixeira et al., 2011).

Diante desses desafios, diversos estudos têm explorado alternativas para a destinação do LETA, incluindo seu uso como fertilizante (Abraão, 2016), recuperação de áreas degradadas (Lucena et al., 2017), fabricação de materiais cerâmicos e cimentícios (Rodrigues et al, 2013), reciclagem de coagulantes (Dandolini, 2014), desenvolvimento de adsorventes (Boina et al., 2024; Martins et al., 2022), e no cultivo agrícola (Santos, 2021; Martins et al, 2023), entre outras aplicações. O lodo também tem sido utilizado no cultivo de espécies nativas (Rocha et al, 2015) e em processos de compostagem (Takada et al., 2013).

Uma outra possibilidade de destinação do LETA seria sua aplicação em solos agrícolas, já que, segundo Ferreira (2017), o lodo pode melhorar a estrutura do solo, ajustar o pH, aumentar a capacidade de retenção de água e promover a aeração, o que favorece o crescimento das plantas. Nesse contexto, este estudo buscou avaliar a viabilidade do uso do LETA na agricultura, por meio de uma análise bibliométrica de estudos publicados em bases de dados consolidadas sobre o uso desse resíduo no desenvolvimento de culturas agrícolas.

METODOLOGIA

Para o levantamento bibliográfico de trabalhos científicos na temática apresentada, realizou-se uma busca bibliográfica, em bases nacionais e internacionais, de artigos que aplicavam lodo de ETA para o desenvolvimento de culturas agrícolas e de espécies nativas. Para tal, usou-se uma base de dados, sendo ela o Portal de Periódicos CAPES, adotando as seguintes palavras-chave: “Lodo de ETA”, “Disposição no solo”, “Vegetação”, “Cultivo”, “Hortaliças”, “Germinação” e “Tomate”. Foram buscados trabalhos científicos e/ou técnicos, como artigos, monografias, dissertações e teses, publicados entre os anos de 2000 e 2024. Além disso, foram desconsiderados os estudos que tratassem do Lodo de Tratamento de Esgoto (ETE), visto que esses estudos não possuem vínculo com o tema de análise. Os resultados obtidos foram organizados em tabelas, separando-os conforme a sua temática.

Após as buscas, os trabalhos encontrados foram analisados com o objetivo de selecionar aqueles em que o lodo de ETA foi aplicado no solo para o cultivo de espécies de hortaliças, frutas de consumo direto e espécies nativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DA ESCALA TEMPORAL

Ao longo da busca por trabalhos relacionados ao uso do lodo de ETA no cultivo, foi possível perceber que esse resíduo é amplamente utilizado em outras vertentes de pesquisa, visto que a busca pelos termos “lodo de ETA” gerou cerca de 110 resultados. A busca nas bases de dados resultou em 21 estudos relacionados ao uso do lodo de ETA no cultivo de culturas agrícolas e de espécies nativas. A partir disso, foi realizada uma análise cronológica e quantitativa dos trabalhos encontrados. Durante o período analisado, os estudos foram distribuídos nos seguintes anos: 2008 (1), 2009 (1), 2012 (2), 2015 (2), 2016 (1), 2017 (2), 2018 (1), 2019 (1), 2020 (4), 2021 (3), 2022 (2) e 2023 (1).

Os resultados apontaram que o ano de 2020 apresentou o maior número de estudos relacionados ao lodo de ETA, se comparado aos demais anos. Esse aumento do número de pesquisas pode ser atribuído à sanção do Novo Marco Legal do Saneamento Básico, pela Lei nº 14.026, de julho de 2020, que estabeleceu metas para universalizar o acesso a água potável e tratamento para 99% da população até 2033. Esse cenário tem incentivado as empresas de saneamento a buscarem soluções ambientalmente adequadas para o gerenciamento do lodo gerado nas ETAs, baseando-se nas pesquisas já realizadas.

Adicionalmente, é comum que agências de fomento incentivem pesquisas nessa área por meio de financiamentos, como observado nos estudos analisados. Assim, espera-se que nos próximos anos o número de publicações sobre o uso do LETA continue crescendo significativamente.

ANÁLISE DOS TRABALHOS

O Quadro 1 apresenta informações qualitativas sobre os estudos analisados, incluindo a temática abordada, autores e ano de publicação. A partir da análise dos artigos, percebe-se que o uso do lodo de ETA abrange uma ampla variedade de aplicações, sendo eficaz no desenvolvimento de diferentes espécies vegetais, além da sua utilização em solos. Os resultados relatados pelos autores indicam que a utilização do lodo, em concentrações controladas, pode promover o crescimento saudável das plantas. Esses estudos reforçam a importância do manejo cuidadoso do resíduo, especialmente quando incorporado ao solo, destacando os benefícios potenciais de uma aplicação



adequada.

Quadro 1: Temas dos trabalhos publicados em base de dados sobre o uso de lodo de ETA.

Temática	Resultados	Referências
Nanopartículas de lodo de ETA em hortaliças.	As mudas de pepino, quando cultivadas em lodo de ETA, obtiveram um aumento da biomassa total em comparação com o tratamento testemunha.	Ahmed et al (2020)
Hortaliça como bioindicador de contaminação por alumínio	A alface apresenta um potencial de uso na bioindicação da qualidade ambiental.	Araujo et al (2021)
Toxicidade de lodo de ETA em hortaliças.	A dose de 100 g/kg promoveu reduções no comprimento de parte aérea, aumento no crescimento das raízes que podem ter ocasionado sintomas de deficiência nutricional e de estresse salino. A dose de 10 g/kg foi a mais segura.	Bitencourt et al (2012)
Aplicação de lodo de ETA em solos degradados.	Não houve influência dos tratamentos no desenvolvimento vegetal do milho; a aplicação do lodo de ETA não alterou as características do solo quanto às variáveis analisadas.	Bitencourt et al (2020)
Desenvolvimento de mudas florestais.	Elevadas proporções de lodo de ETA levam a um maior teor de umidade no traço.	Cruz et al, (2021)
Analisar a viabilidade da aplicação de lodo de ETA	A utilização para produção de mudas pode inferir significativamente na disposição final deste resíduo.	Cunha et al, (2019)
Germinação de mudas florestais com a aplicação de lodo de ETA.	T4 apresentou o menor tempo necessário para germinação das sementes utilizadas e maior velocidade de germinação em relação aos demais.	Cunha et al, (2020)
Nanopartículas de lodo de ETA em hortaliças.	Os resultados indicaram que as porcentagens de germinação (%) de sementes de pepino foram muito afetadas quando as sementes expostas a concentrações de Cd de 10 e 100mg/l.	Elsayed et al, (2020)
Desenvolvimento de vegetação	O lodo de ETA utilizado neste trabalho não apresenta potencial agrônômico.	Ferreira et al, (2017)
Desenvolvimento de vegetação	O tratamento de águas residuais com ZnO-NPs sintetizados biologicamente é um processo não tóxico, econômico e sustentável.	Haidri et al, (2023)

Desenvolvimento de vegetação	A co-aplicação de lodo de ETA com biossólidos neste estudo resultou em poucos efeitos discerníveis na vegetação que recebeu os tratamentos.	Ippolito et al, (2009)
Analisar a viabilidade da aplicação de lodo de ETA	O lodo de ETA tem um grande potencial de valorização e as alternativas de destinação são inúmeras.	Lima et al, (2021)
Aplicação de lodo de ETA em solos degradados.	A disposição final dos resíduos em camadas de solo pode vir a sanar um grave problema social e ambiental que é o descarte incorreto dos resíduos de ETA.	Lucena et al, (2017)
Aplicação de lodo de ETA em solos degradados.	O uso de lodo de ETA para processos produtivos viabiliza o reúso e a reciclagem e evita a destinação final in natura, inertizando o material.	Machado et al, (2022)
Desenvolvimento de hortaliças.	Aplicação de lodo de ETA na proporção de 10 g/kg diminuiu significativamente a concentração de Cd na argila e solos calcários.	Mahdy et al (2008)
Desenvolvimento de vegetação	A aplicação de lodo de ETA com vermicomposto em solução salina terras agrícolas podem ser usadas como recurso econômico.	Mahmoud et al, (2012)
Aplicação de lodo de ETA em solos degradados.	A mistura do lodo de ETA com solo local poderia ser avaliada, melhorando os coeficientes de permeabilidade e enquadrando-o o como substituto de solo para essa aplicação.	Morselli et al (2022)
Aplicação de lodo de ETA em solos.	O lodo não apresentou características que indiquem o seu uso como corretivo agrícola e adubo e não permitiu determinar a melhor dose agrônômica.	Oliveira et al, (2015)
Mudas nativas	T9, composto por 80% de lodo foi o que apresentou melhor resultado, com 95,83% de sobrevivência; com menor potencial se encontra o tratamento T3, composto por 20% de lodo com 77,08%.	Rocha et al, (2015)
Desenvolvimento de hortaliças.	As amostras testadas de lodo de ETA e das suas associações com solo não são indicadas para utilização na agricultura, já que foi observado um alto potencial genotóxico das mesmas.	Santos et al, (2018)
Desenvolvimento de hortaliças.	Utilizando o lodo de ETA sozinho, quase nenhum foi crescimento foi observado. Já a sua mistura com fertilizante apresentou um resultado positivo.	Yiping et al, (2016)

ANÁLISE DOS TRABALHOS SOBRE A TEMÁTICA CULTIVOS AGRÍCOLAS

O Quadro 2 apresenta uma análise detalhada dos estudos que investigaram o uso do lodo incorporado ao solo para o cultivo de hortaliças. Dos 21 trabalhos identificados, apenas três abordaram essa aplicação. Todos os trabalhos analisados apresentaram a utilização do lodo em sua forma seca (*in natura*).

Quanto à quantidade de lodo aplicada, houve divergências entre os autores. Alguns utilizaram porcentagens, enquanto outros preferiram trabalhar com os dados por meio de proporções mássicas entre lodo e solo, como Bitencourt et al. (2021), evidenciando a ausência de um padrão de unidade para a aplicação do LETA. Essas variações podem estar relacionadas aos critérios de avaliação adotados em cada estudo.

Os três trabalhos apresentaram o cultivo de diferentes espécies nativas e hortaliças, como mudas de eucalipto (Rocha et al., 2015), mudas florestais (Cunha et al., 2020) e o desenvolvimento do milho (Bitencourt et al., 2020). Não foi encontrado na literatura trabalhos que abordam a utilização de lodo de ETA para o desenvolvimento de tomates.

Em relação ao período de cultivo, os estudos variaram entre 21 e 45 dias para as diferentes espécies estudadas. Os pesquisadores não justificaram a escolha do período de experimentação, o que pode estar relacionado aos objetivos específicos de cada estudo e às condições ambientais. No entanto, as variáveis de medição apresentaram certa uniformidade, com a altura das plantas sendo a variável mais comumente avaliada para medir os resultados.

Quadro 2: Análise dos estudos que aplicaram o LETA no solo para o desenvolvimento de espécies de hortaliças e espécies nativas.

Quantidade de lodo	Período de cultivo	Variável de medição	Principais resultados	Autores e ano
T1 = 0% T2 = 10%; T3 = 20% T4 = 30% T5 = 40% T6 = 50% T7 = 60% T8 = 70% T9 = 80% T10 = 90% T11 = 100%	45 dias	Sistema radicular; comprimento e massa seca.	T9 foi o que apresentou melhor resultado, com 95,83% de sobrevivência; com menor potencial se encontra o tratamento T3 com 77,08%.	Rocha et al (2015)
T1 = 0% T2 = 15% T3 = 30% T4 = 45% T5 = 60%	40 dias	Foram realizados diversos cálculos, como o índice de velocidade de germinação, porcentagem de germinação, tempo médio de germinação e velocidade média de germinação.	T4 apresentou o menor tempo necessário para germinação das sementes utilizadas e maior velocidade de germinação em relação aos demais.	Cunha et al (2020)
(composto/solo) T1= 0 g/kg T2 = 1 g/kg T3 = 10 g/kg T4 = 100 g/kg	21 dias	porcentagem de emergência; índice de velocidade de emergência; comprimento e massa seca de raízes e parte aérea.	A dose de 100 g/kg promoveu reduções no comprimento de parte aérea, aumento no crescimento das raízes que podem ter ocasionado sintomas de deficiência nutricional e de estresse salino. A dose de 10 g/kg foi a mais segura.	Bitencourt et al (2020)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise temporal dos estudos revela que a utilização do lodo de Estações de Tratamento de Água (ETA) no cultivo de espécies vegetais e espécies nativas é uma área relativamente nova, já que o primeiro trabalho registrado com essa abordagem data de pouco mais de dezesseis anos. No entanto, houve um aumento expressivo na produção de pesquisas a partir de 2020, período que coincide com a implementação do Marco Legal do Saneamento Básico.

No que se refere às pesquisas encontradas nas bases de dados, nota-se uma diversidade significativa de estudos, explorando as diferentes possibilidades de aplicação do lodo, especialmente para o desenvolvimento de espécies vegetais. Além disso, muitos desses estudos focam no impacto do resíduo sobre o solo, sugerindo resultados positivos em concentrações controladas, o que reforça a necessidade de uma utilização criteriosa do lodo. Por outro lado, pesquisas que analisaram o uso do LETA no cultivo de hortaliças, como o milho, demonstraram inibição no crescimento, sugerindo um possível efeito tóxico causado por dosagens inadequadas.

AGRADECIMENTOS

A Autora gostaria de agradecer a Pró-Reitora de Pesquisa e a Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT-UNESP) pelo apoio recebido. Equipe LAARR. Equipe LCGRS.

REFERÊNCIAS

ABRAÃO, R. Aplicação de lodo de estação de tratamento de água no crescimento de *Salvia officinalis*. Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

ACHON, C. L. Et al. Destinação e disposição final de lodo gerado em ETA: Lei 12.305/2010. Exposição de experiências municipais em saneamento, 11, 2015, Poços de Caldas. Anais. Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (ASSEMAE), 2015, p. 1 – 8.

AHMAD, T. et al. Sludge quantification at water treatment plant and its management scenario. Environmental Monitoring and Assessment, v. 189, n. 453, 2017. < <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6166-1> >.

AHMED, M. M. et al. Seed priming in nanoparticles of water treatment residual can increase the germination and growth of cucumber seedling under salinity stress. Journal of Plant Nutrition, 43:12, 1862-1874, < <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1750647> >

ARANTES, R. B. S. Et al. Sorção de fósforo de efluente doméstico tratado em lodo de ETA e aplicação do

resíduo em solo cultivado com milho. Universidade Federal de Lavras, 2020 <
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20147.78881> >.

ARAÚJO, M. P. et al. *Lactuca Sativa* como bioindicador da contaminação por alumínio do lodo de estação de tratamento de água. Revista S&G, 16 (2021), pp. 178-186, < <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2021.v16n2.1717> >

BITENCOURT, G. A. et al. Lodo Gerado em Estação de Tratamento de Água: avaliação preliminar da toxicidade em plantas de milho. Scientia Plena, vol. 16, num. 12. <
<https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.120201> >

BITTENCOURT, S. et al. Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 17, n.3

BOINA, R. F. et al. Ceramic adsorbent material in removing reactive blue bf 5G dye from synthetic wastewater. Separation and Purification Technology, v. 331, p. 125555, mar. 2024. <
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2023.125555> >.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente e Mudança de Clima – Conselho Nacional do Meio Ambiente. 1997b. Resolução CONAMA 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Brasília: Diário Oficial da União, 1997.

BRASIL. 1998. Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 1998.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente e Mudança de Clima – Secretaria de Qualidade Ambiental. 2020. Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares. Brasília, p. 209

CRUZ, C. L. B. M. et al. Avaliação de diferentes combinações entre lodo de ETA e lodo de ETE para a produção de mudas florestais. Revista DAE, v. 70, n. 238

CUNHA, G. D. et al. Caracterização e destinação ambientalmente corretas do lodo gerado pelas estações de tratamento de água. Nature and Conservation, v.12, n.2, p.19-30, 2019. < <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2019.002.0003> >

CUNHA, G. D. et al. Lodo de estação de tratamento de água como componente para germinação de mudas florestais. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.1, p.40-53, 2020. <
<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0005> >

DANDOLINI, I. Reciclagem do lodo de estação de tratamento de água - produção de coagulante por lixiviação ácida. Programa de pós-graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

ELSAYED, A. E. et al. Ameliorative Effect of Water Treatment Residual Nanoparticles on Seed Germination of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) under Cd Stress. Alexandria Science Exchange Journal, v. 41, n. 1. < <http://doi.org/10.21608/asejaiqsae.2020.76420> >

FERREIRA, A. C. S. et al. Avaliação do desenvolvimento do capim Tifton cultivado em latossolo adubado com lodo de ETA. Revista Internacional de Ciências, Rio de Janeiro, v. 07, n. 01, p. 64 - 83, jan-jun 2017. <
<http://doi.org/10.12957/ric.2017.26466> >

FIGLIARO, F. A. et al. Quality of surface water and generation of sludge at water treatment plants. Revista

Ambiente e Água. Taubaté, v. 15, n. 5, e2565, 2020. < <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2565> >.

Haidri, I. et al. Efficacy of Biogenic Zinc Oxide Nanoparticles in Treating Wastewater for Sustainable Wheat Cultivation. *Plants* 2023, 12, 3058. < <https://doi.org/10.3390/plants12173058> >

IPPOLITO, J. A. et al. Water Treatment Residuals and Biosolids Long-Term Co-Applications Effects to Semi-Arid Grassland Soils and Vegetation. *SSSAJ: Volume 73: Number 6*

LIMA, U. T. G. M. et al. Destinações ambientalmente adequadas do resíduo gerado no processo de tratamento de água convencional. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.3, p. 24041-24057. < <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-215> >

LUCENA, L. C. L. Monitoramento de parâmetros físicos e ambientais de camadas de solo estabilizadas com lodo de ETA e ETE. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, Maringá (PR) DOI: < <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n3p873-890> >

MACHADO, V. F. et al. Lodo de Estação de Tratamento de Água: destinação e reciclagem. *Revista Liberato*, Novo Hamburgo, v. 23, n. 40, p. 113-222. < <https://doi.org/10.31514/rliberato.2022v23n40.p139> >

MAHDY, A. M. et al. Drinking water treatment residuals as an amendment to alkaline soils: Effects on bioaccumulation of heavy metals and aluminum in corn plants. *PLANT SOIL ENVIRON.*, 54, 2008 (6): 234–246

MAHMOUD, E. K. et al. Effect of vermicompost and its mixtures with water treatment residuals on soil chemical properties and barley growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2012, 12 (3), 431-440.

MARTINS, R. B. et al. Análise da evolução da temperatura durante o processo de compostagem empregando o lodo de ETA. XXXIV Congresso de Iniciação Científica da Unesp – CIC 2022. Disponível em: < <https://www.even3.com.br/anais/xxxivcicunesp/> >. Acesso em: 04 out. 2024

MORSELLI, L. B. G. A. et al. Lodo de estação de tratamento de água: possibilidade de aplicação no solo. *Scientia Plena*, v. 18, n. 5. < <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.051701> >

OLIVEIRA, A. P. S. et al. Avaliação dos adubados com lodo de estação de tratamento de água. *Revista Internacional de Ciências* · v.5 - n.2. < <https://doi.org/10.12957/ric.2015.19441> >

ROCHA, D. N. et al. Utilização do lodo da estação de tratamento de água na produção de mudas de eucalipto. *Revista Agrogeoambiental*, Pouso Alegre, v. 7, n. 3, p. 11-20.

RODRIGUES et al. Influência da incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades tecnológicas de tijolos solo-cimento. Disponível em < <https://www.scielo.br/j/ce/a/sjkRXDdqdfBhT5DnnHBPYZL/?lang=pt> > Acesso em: 04 out. 2024.

SANTOS, J. S. Avaliação da produtividade da alface irrigada sob cultivo protegido em resposta a aplicação de lodo de estação de tratamento de água. Dissertação (mestrado). UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL CAMPUS ARAPIRACA, 2021. Disponível em: < <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/3778> >. Acesso em: 04 out. 2024.

SANTOS, T. Avaliação de detoxificação de associações de lodos de ETE e ETA pelo bioensaio de Allium Cepa. Disponível em < <https://repositorio.unesp.br/items/09200408-f4ee-42d3-97fe-39ae546dcd1c> > Acesso em: 04 out. 2024.

TAKADA, C. R. S et al. Aproveitamento e disposição final de lodos de estação de tratamento de água no município de Palmas - TO. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p. 157-165, 2013.

TEIXEIRA, S. R et al. The effect of incorporation of a brazilian water treatment plant sludge on the properties of ceramic materials. Applied Clay Science, v. 53, n. 4, p. 561 – 565, 2011. < <https://doi.org/10.1016/j.clay.2011.05.004> >.

TURNER, T. et al. Potential alternative reuse pathways for Water Treatment Residuals: Remaining Barriers and Questions – a Review. Water Air Soil Pollut, v. 230, n. 227, 2019. < <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4272-0> >.

YIPING, X. et al. Physicochemical Properties of Water Treatment Residuals Generated from Different Water Purification Plants and the Growth of Vegetables Using these Residuals as a Plant Growing Medium. Disponível em < <https://doi.org/10.5109/1685881> > Acesso em: 04 out.2024.