

TENDÊNCIAS, AVANÇOS E LIMITAÇÕES DO USO DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO CONTEXTO NACIONAL

Lucas Marques de Araújo¹, Júlia Eloá Barbosa Santos², Miriam Cleide Cavalcante de Amorim³

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental. Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Juazeiro, Bahia, Brasil (lucas.a@discente.univasf.edu.br)

² Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental. Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Juazeiro, Bahia, Brasil (julia.eloa@discente.univasf.edu.br)

³ Professora D.Sc. Tutora PET Saneamento Ambiental UNIVASF (miriam.cleide@univasf.edu.br)

Resumo: O estudo analisou a produção científica nacional sobre o uso de efluentes de laticínios no sistema solo-planta, com ênfase na recuperação de áreas degradadas. A prospecção em base Oásis BR evidenciou como tendência a predominância de estudos com outros efluentes, como avanço o uso agrícola e como limitação a lacuna de pesquisas com efluentes de laticínios, sobretudo em abordagens integradas e envolvendo efluente bruto e tratado, indicando potencial agrônômico, mas com riscos que exigem estudos.

Palavras-chave: solo; plantas; efluentes; laticínios; fertirrigação

INTRODUÇÃO

O solo vem sendo um fator amplamente estudado nos dias atuais, uma vez que integra um elemento fundamental para o ecossistema terrestre, desempenhando funções essenciais nesse meio como o suporte ao crescimento de plantas, ciclagem de nutrientes e regulação dos fluxos de água e energia. Atuando como um sistema dinâmico, composto por fases sólida, líquida e gasosa, além de matéria orgânica e organismos vivos, que interagem de forma contínua e influenciam sua funcionalidade (Xavier, 2018). Consequentemente, sua qualidade se relaciona diretamente com a produtividade agrícola e à sustentabilidade de sistemas de produção, qualidade essa que se determina pela interação entre os atributos físicos, químicos e biológicos.

Diante dessa perspectiva, é visível que as plantas exercem um papel fundamental na dinâmica do solo, uma vez que estabelecem uma inter-relação com o solo onde ocorrem trocas de água, nutrientes e gases. Os nutrientes presentes no solo são absorvidos por meio do sistema radicular das plantas e posteriormente retornam ao solo através dos resíduos vegetais, contribuindo para sua ciclagem e manutenção da fertilidade, conforme é destacado pelos estudos de Santos et al. (2011), ao abordarem a integração entre solo, planta e animal nos ecossistemas. Além disso, as raízes dessas plantas desempenham um papel indispensável na estruturação do solo e influenciam diretamente seus

processos físicos, químicos e biológicos. Nesse contexto, estudos como o de Bonfim-Silva et al. (2011) evidenciam que o desenvolvimento vegetal (especialmente sob condições de estresse hídrico) está diretamente relacionado à capacidade de adaptação das espécies e à interação com o solo, o que reforça a importância da escolha adequada das espécies vegetais, a depender do objetivo, como a retenção de nutrientes ou a descompactação em diferentes profundidades, para assim, auxiliar na mitigação de processos de compactação e na perda de nutrientes essenciais.

Com a alta demanda por recursos hídricos, surge a necessidade de maior conscientização quanto ao uso da água, sendo o reaproveitamento de efluentes uma alternativa que se mostrou viável não apenas para o uso sustentável desse recurso, mas também como uma forma de agregação de valor e reaproveitamento dessas águas residuárias, podendo ser utilizadas em atividades como irrigação e fertilização do solo. Estudos como o de Moreira et al. (2022) demonstram que a aplicação desses efluentes pode influenciar os atributos químicos do solo, especialmente no que se refere à dinâmica de nutrientes, como o aumento do potássio. Contudo, o uso inadequado pode vir a prejudicar o solo, por meio do acúmulo de sais e de possíveis riscos de contaminação, evidenciando, assim, a necessidade de caracterização e de um estudo aplicado sobre o efluente. Com isso, no Brasil, a utilização de efluentes para fins agrícolas ou

florestais deve atender aos critérios e procedimentos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 503, de 14 de dezembro de 2021 (BRASIL, 2021), que estabelece diretrizes para o reúso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias, visando garantir a proteção do solo, das plantas e dos recursos hídricos.

Quando se trata de efluentes de laticínios, tem-se elevada carga orgânica e concentrações significativas de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, essenciais para se ter um solo fértil. Nesse contexto, conforme observado por Souza et al. (2022), sua aplicação via fertirrigação pode promover aumento na produtividade e no acúmulo de biomassa, além de favorecer o aproveitamento de nutrientes pela cultura. O estudo também destaca que, do ponto de vista sanitário, o uso do efluente pode ser viável quando manejado adequadamente. Por outro lado, sua aplicação pode influenciar propriedades como a condutividade elétrica do solo, reforçando a necessidade de monitoramento quanto à salinidade e ao equilíbrio químico. Dessa forma, o uso contínuo ou em doses inadequadas pode resultar em efeitos indesejáveis, entretanto, quando aplicado de forma adequada, pode se mostrar uma alternativa eficiente de reaproveitamento desses resíduos, além de caracterizar uma opção economicamente viável ao integrá-los à fertirrigação em áreas agrícolas.

Diante desse contexto, objetiva-se no presente estudo realizar uma prospecção da produção científica nacional acerca da utilização de efluentes de laticínios no sistema solo-planta, buscando identificar tendências, avanços e limitações. Para a partir dessa análise, desenvolver estudos com o uso de soro de leite tratado na produção de mudas para recuperação de áreas degradadas.

MATERIAL E MÉTODOS

As buscas referentes a prospecção dos artigos foram realizadas por meio de um levantamento bibliográfico sistematizado, utilizando o Portal brasileiro de publicações e dados científicos em acesso aberto – Oasisbr. O Portal é um mecanismo de busca multidisciplinar que permite o acesso gratuito à produção científica de autores vinculados a universidades e institutos de pesquisa brasileiros, vinculado ao Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict).

Como critérios de inclusão, foram selecionados exclusivamente documentos classificados como "artigos", adotando-se um recorte temporal compreendido entre os anos de 2016 e 2026, de modo a contemplar a produção científica mais recente e relevante sobre a temática a ser investigada.

A estratégia de busca foi elaborada de maneira progressiva, iniciando com palavras-chave mais amplas e gerais, com o objetivo de abranger um maior número de publicações, e, posteriormente, sendo refinada por meio da utilização de termos mais específicos e combinações entre os diferentes eixos temáticos do estudo.

Esse processo de refinamento permitiu aumentar a precisão dos resultados, direcionando a busca para artigos mais diretamente relacionados à temática investigada. A organização e aplicação dessa estratégia encontram-se sintetizadas na Figura 1, na qual é possível visualizar as etapas de seleção e refinamento das palavras-chave utilizadas.

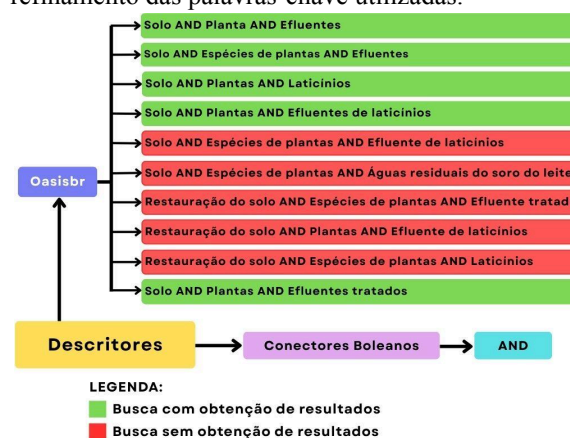


Figura 1. Síntese da estratégia de busca utilizada na Oasisbr.

Para escolha dos artigos a serem estudados por completo, foi realizada uma sondagem selecionando os artigos obtidos em cada conjunto de palavras-chave, onde foi levado em consideração seus títulos e resumos para assim ser realizada a escolha apenas dos estudos que fossem relevantes para a temática. Por fim, esses artigos foram analisados por completo para construção de um quadro resumo com as principais informações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do material obtido por meio da base de dados Oasisbr, foram elaborados mapas, uma tabela e um quadro com o objetivo de organizar, sintetizar e facilitar a visualização das informações coletadas. Esses recursos permitiram identificar padrões, relações e tendências entre os estudos, facilitando a análise dos dados e direcionando a interpretação dos resultados.

Dito isso, com base no mapa da Figura 2, é possível observar a centralidade do termo salinidade, indicando sua relevância nos estudos envolvendo solo, espécies de plantas e efluentes. Inicialmente, é notável que as pesquisas eram voltadas a temas relacionados a condições ambientais, como semiárido e tolerância das plantas a estresses. Em seguida,

nota-se a inserção do termo salinidade como elemento central de conexão entre os estudos.

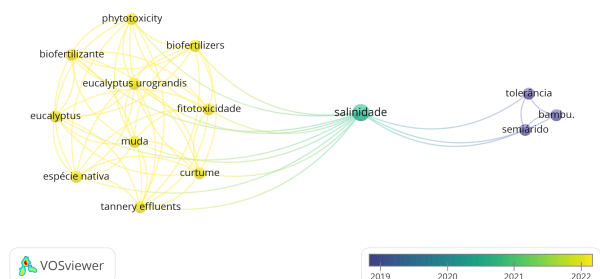


Figura 2. Mapa de coocorrência de palavras-chave por sobreposição temporal. Indicando a centralidade de termos relacionados à salinidade e estresse ambiental.

Com a evolução temporal, que pode ser notada por meio das palavras com coloração amarela, observam-se pesquisas mais recentes voltadas a temas como fitotoxidade, biofertilizantes e ao uso de efluentes industriais, como “tannery effluents”, com foco nos efeitos sobre o desenvolvimento de mudas e espécies vegetais.

De modo geral, o mapa obtido indica uma transição de estudos focados nos efeitos dos efluentes sobre plantas para abordagens mais aplicadas, voltadas à adaptação de espécies e ao manejo em condições ambientais limitantes.

Utilizando como base a Figura 3, dando ênfase nos trabalhos voltados aos efluentes, agora observa-se a centralidade do termo poluição, indicando sua relevância nos estudos relacionados ao uso de efluentes tratados no sistema solo-planta. Inicialmente, o destaque se dá a temas voltados aos impactos ambientais e à avaliação de riscos, com termos como agrotóxicos, risco ambiental, meio ambiente e elementos traço, evidenciando uma abordagem mais voltada à contaminação e seus efeitos em geral.

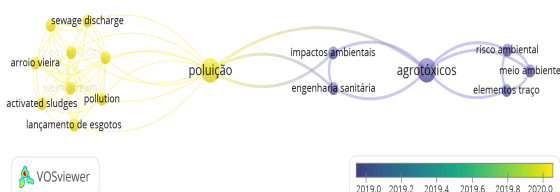


Figura 3. Mapa de coocorrência de palavras-chave por sobreposição temporal. Evidenciando a transição para abordagens voltadas ao tratamento e manejo de efluentes.

Com a evolução temporal, observa-se a consolidação do termo “poluição” como um elemento intermediário, que vem conectando os estudos ambientais aos processos de saneamento. Nos estudos mais recentes, representados pelas palavras com coloração amarela, há maior enfoque em aspectos relacionados ao “tratamento e lançamento de efluentes”, com termos como “sewage discharge, activated sludges” e “lançamento de esgotos”, indicando uma preocupação e um avanço para abordagens mais aplicadas e voltadas à gestão e tratamento de efluentes.

Por fim, a Tabela 1 apresenta a quantidade de resultados obtidos na base de dados da Oasisbr a partir das combinações de palavras-chave relacionadas ao tema.

Tabela 1. Palavras-chave e resultados relevantes encontrados.

Palavras-chaves	Resultados
<i>Solo and Planta and Efluentes</i>	100
<i>Solo and Espécies de plantas and Efluentes</i>	20
<i>Solo and Plantas and Efluentes tratados</i>	23
<i>Solo and Plantas and Laticínios</i>	6
<i>Solo and Plantas and Efluentes de laticínios</i>	1

Observa-se que termos mais gerais, como solo, planta e efluente, resultaram em maior número de publicações, enquanto combinações mais específicas, como restauração do solo e efluente de laticínio, apresentaram baixa ocorrência ou até mesmo ausência de resultados. Esse padrão indica que, embora o tema seja amplamente estudado nacionalmente, ainda há limitações relacionadas a abordagens mais específicas como a recuperação de áreas degradadas a partir do uso de efluentes de laticínios, o que evidencia uma lacuna na literatura nacional e reforça a necessidade de ampliação das pesquisas sobre essa temática no Brasil.

Foram selecionados três artigos para leitura completa conforme método de seleção. O Quadro 1 apresenta os títulos dos artigos e uma breve explicação de conteúdo. Indicando diferenças e importantes aspectos quanto à aderência dos estudos à temática proposta.

Quadro 1. Artigos selecionados para leitura completa com base no método escolhido.

Artigo 1: Avaliação do processo de compostagem utilizando lodo de Estação de Tratamento de Efluentes de laticínio O estudo mostra que o lodo de efluentes de laticínios, pode ser reaproveitado por compostagem, transformando-se em fertilizante. Mesmo sem atingir condições ideais, o produto final apresentou uma boa relação C/N e nutrientes adequados, indicando sua viabilidade para uso na agricultura, porém o processo de compostagem não atingiu a temperatura ideal para eliminação de patógenos, sendo um fator a ser observado.
Artigo 2: Formação de mudas de mamoeiro utilizando água residuária de laticínio nos substratos O estudo demonstra que a água residuária de laticínios pode ser reutilizada na agricultura como fonte de água e nutrientes, promovendo assim um maior desenvolvimento das mudas nas variáveis analisadas, destacando ainda mais os resultados com a aplicação na concentração de 100%, associada ao substrato composto por solo, areia e esterco bovino, assim suprimindo a demanda nutricional das mudas de mamoeiro e reduzindo o uso de fertilizantes.
Artigo 3: Efeitos da água residual de laticínios na respiração basal do solo, produtividade e remoção de nutrientes por Tifton 85 (<i>Cynodon sp.</i>) O estudo demonstra que a água residual de laticínios, pode ser utilizada na fertirrigação como fonte de água, matéria orgânica e nutrientes, promovendo aumento na produtividade do capim Tifton 85 e remoção de nutrientes em determinadas condições, com destaque para o segundo corte em maior dosagem. Entretanto, não houve melhoria na respiração basal do solo e fatores como alta concentração de sódio e condições climáticas vieram a influenciar negativamente o sistema, evidenciando a necessidade de tratamento prévio do efluente antes de sua aplicação agrícola.

O primeiro artigo, embora relevante, não se encaixou plenamente no escopo da pesquisa por abordar o uso de lodo de efluentes de laticínios, e não diretamente a aplicação do efluente líquido no sistema solo-planta.

Já o segundo artigo mostrou-se totalmente alinhado ao objetivo do estudo, por integrar de forma clara as três dimensões de interesse (solo, planta e efluente) ao demonstrar o uso da água residuária de laticínios na irrigação, evidenciando ganhos no

desenvolvimento das mudas e o seu potencial como fonte de nutrientes.

Por fim, o terceiro artigo, embora não apresente uma abordagem tão completa quanto o segundo, também se destacou por sua relevância, especialmente ao evidenciar limitações do uso agrícola do efluente, como os efeitos da salinidade e a necessidade de tratamento prévio antes da aplicação no solo.

Portanto, os dados obtidos revelam a necessidade de uma ampliação de estudos semelhantes ao segundo artigo, que abordem de maneira integrada as interações entre efluentes de laticínios, solo e plantas. Trabalhos com essa abordagem são fundamentais para consolidar o conhecimento sobre o reaproveitamento seguro desses efluentes na agricultura, contribuindo tanto para a redução de impactos ambientais quanto para o uso eficiente de recursos hídricos e nutrientes.

A análise de coautoria da Figura 4 evidencia uma rede científica formada por um único cluster, indicando forte integração entre os pesquisadores da área. Observa-se elevada densidade de conexões, com destaque para Magalhães, Deniete Soares, que ocupa posição central e exerce papel estratégico na articulação das colaborações, conectando-se diretamente aos demais autores.

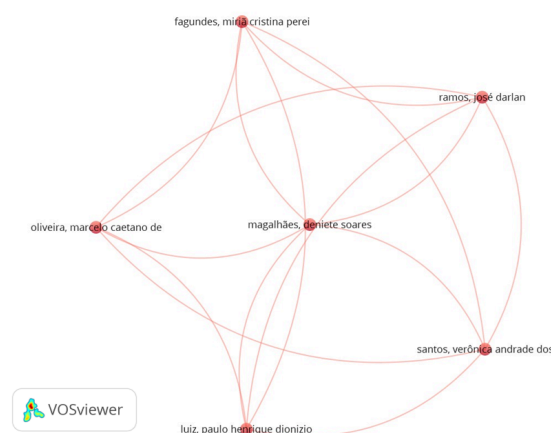


Figura 4. Mapa de coautoria entre autores. Palavras-chaves utilizadas na pesquisa: Solo and Plantas and Laticínios.

A rede apresenta ainda diversas conexões cruzadas entre os pesquisadores, demonstrando que as interações não se restringem a um único eixo central, mas ocorrem de forma distribuída entre diferentes pares. Esse padrão caracteriza uma estrutura colaborativa coesa e bem consolidada, típica de grupos de pesquisa que atuam de forma contínua e integrada, possivelmente em torno de projetos comuns relacionados ao aproveitamento de resíduos de laticínios no sistema solo-planta.

De modo geral, os resultados indicam um campo ainda concentrado em um núcleo específico de pesquisadores, porém com alto nível de colaboração interna e baixa fragmentação científica. Essa configuração favorece a consistência no avanço do conhecimento, embora também evidencie a importância de ampliar parcerias para diversificar abordagens e expandir a rede científica.

CONCLUSÃO

Durante a análise prospectiva, foi possível compreender que apesar de existir uma ampla gama de pesquisas envolvendo o uso na agricultura de diferentes tipos de efluentes, como por exemplo os domésticos e de outras agroindústrias, é notável uma lacuna significativa nos estudos relacionados especificamente aos efluentes de laticínios. Essa deficiência se mostra ainda mais evidente quando se busca uma abordagem combinada entre solo, planta e efluente, como identificado ao longo da prospecção.

Além disso, há escassez de pesquisas tanto com o efluente bruto quanto com o tratado, o que limita a compreensão sobre seus efeitos, potencialidades e riscos no uso. Dessa forma, justifica-se então o desenvolvimento de estudos específicos e integrados, com o uso de soro de leite tratado na produção de mudas e na recuperação de áreas degradadas, capazes de consolidar o conhecimento nessa área e subsidiar práticas mais seguras e eficientes de reaproveitamento desses efluentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua gratidão ao Programa Tutorial-MEC de Educação e ao FNDE pelo apoio financeiro prestado, bem como à UNIVASF por sua assistência institucional.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 503, de 14 de dezembro de 2021. Dispõe sobre critérios e procedimentos para o reúso de efluentes em atividades agrícolas e florestais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2021.
- Bonfim-Silva, E. M. Silva, T. J. A. Cabral, C. E. A. Kroth, B. E. Rezende, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. *Revista Caatinga*. v. 24. n. 2. p. 180–186. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1871>> Acessado em: 19/04/2026.
- Moreira, D. A. Souza, J. A. R. Gonçalves, J. M. Thomazini, S. C. N. Silva, E. L. Ferreira, N. D. Alterações químicas em solo fertirrigado com efluentes de laticínios. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*. v. 13. n. 9. p. 182–195. 2022. DOI:

<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0015>

- Rodrigues, Alexandre Couto Baum, Camila Angélica Formentini, Jéssica Schmachtenberg, Natana Trevisan, Gabriel Menezes Silva, Ana Claudia Guedes. Avaliação do processo de compostagem utilizando lodo de estação de tratamento de efluentes de laticínio. *Ciência e Natura*. Santa Maria. v. 38. n. 2. p. 610–619. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/2179-460X18875>> Acessado em: 21/04/2026.
- Santos, N. L. Silva, V. C. Martins, P. E. S. Alari, F. O. Galzerano, L. Miceli, N. G. As interações entre solo, planta e animal no ecossistema pastoril. *Ciência Animal*. v. 21. n. 1. p. 65–76. 2011. Acessado em: 18/04/2026.
- Santos, Verônica Andrade dos Ramos, José Darlan Oliveira, Marcelo Caetano de Magalhães, Deniete Soares Fagundes, Miriã Cristina Pereira Luiz, Paulo Henrique Dionizio. Formação de mudas de mamoeiro utilizando água residuária de laticínio nos substratos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. v. 17. n. 4. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.5965/223811711732018498>> Acessado em: 21/04/2026.
- Oliveira, J. F. et al. Efeitos da água residual de laticínios na respiração basal do solo, produtividade e remoção de nutrientes por Tifton 85 (*Cynodon sp.*). *Revista de Ciências Agrárias*. v. 42. n. 1. p. 155–165. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.19084/RCA17237>> Acessado em: 21/04/2026.
- Souza, J. A. R.; Moreira, D. A.; Ferreira, N. D.; Thomazini, S. C. N.; Silva, E. L.; Gonçalves, J. M. Desempenho agrônomo e sanitário do capim Mombaça fertirrigado com efluente de laticínios. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v. 13, n. 9, p. 137–144, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.09.0011>> Acessado em: 25/04/2026.
- Xavier, F. A. S. Solo: definição e importância. In: Borges, A. L. (org.). *Recomendações de calagem e adubação para o estado da Bahia*. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. 2018. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134658/1/cap1-livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>> Acessado em: 18/04/2026.