



ANÁLISE DO POTENCIAL DO DIGESTATO DE RESÍDUOS DE ALIMENTO COMO BIOFERTILIZANTE: UM ESTUDO DE CASO COM A CULTURA DO MILHO

João Gabriel Silva Soares¹
Ariane Helena Guimarães Tavares²
Maria Helena de Sousa³
Paula Renata Muniz Araújo⁴
Rômulo Simões Cezar Menezes⁵

Reaproveitamento, reutilização e tratamento de resíduos (sólidos e líquidos)

Resumo

O Brasil é o 8º maior produtor de alimentos, o que o torna grande consumidor de fertilizantes minerais. Além disso, 80% das propriedades são familiares, o que traz a necessidade de reduzir custos e diminuir a dependência externa pela importação de fertilizantes. O uso destes fertilizantes também causa danos ambientais graves, o que incentiva a busca por alternativas mais sustentáveis, como os biofertilizantes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do digestato produzido a partir dos resíduos de alimentos para aumento da produtividade agrícola da cultura do milho. O estudo de caso foi realizado na Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos, que recebe os resíduos orgânicos do Restaurante Universitário da UFPE. Foi realizada a análise de macronutrientes do digestato e, em seguida, a produtividade agrícola foi avaliada através da distância da base do caule ao colarinho da planta, distância da base do caule até a folha mais alta, diâmetro médio do caule, massa fresca e massa seca. Os resultados indicam que a aplicação do digestato no solo, melhora a altura, o diâmetro e as massas atingidos pelas plantas conforme a dose aumenta. Observa-se, por exemplo, que na análise de massa seca no Solo 1, as plantas com doses de B3 (calculada como sendo 150% da dose de nitrogênio necessária) tiveram as maiores massas secas, com uma média geral de 2,6 g. Este valor foi três vezes superior aos das plantas que não receberam o digestato.

Palavras-chave: Agricultura familiar; Bioeconomia; Digestão anaeróbia; Fertilizantes.

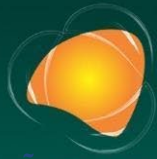
¹ Discente em Ciências Ambientais com Ênfase em Ciências Ambientais - UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, joao.gabrielsoarese@ufpe.br

² Discente em Ciências Ambientais com Ênfase em Ciências Ambientais - UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, ariane.helena@ufpe.br

³ Docente - Departamento de Energia Nuclear - UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, helena.sousa@ufpe.br

⁴ Docente - Departamento de Energia Nuclear - UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, paula.prma@ufpe.br

⁵ Docente - Departamento de Energia Nuclear - UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, romulo.menezes@ufpe.br

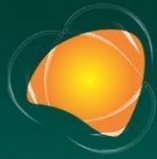


O setor agrícola é uma das principais fontes de renda do Brasil, com um crescimento de 4,4% no primeiro trimestre de 2024 e recordes de exportação (Governo Federal, 2024). O país é o 8º maior produtor de alimentos no mundo (Lima et al., 2019), com mais de 80% das explorações agrícolas sendo familiares. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2 busca erradicar a fome até 2030 e promover a agricultura sustentável, dada a insegurança alimentar que afeta 700 milhões de pessoas globalmente (Dallari, 2023). Para manter a produtividade, o uso de fertilizantes minerais é comum em grande parte do setor agrícola (Ogino et al., 2020). Porém traz consigo impactos ambientais negativos, como contaminação da água e degradação do solo (Ogino et al., 2023).

Por outro lado, a crescente geração de resíduos sólidos urbanos também é um desafio para os municípios brasileiros. Em 2023, o país gerou mais de 80 milhões de toneladas de resíduos, e estima-se que quase metade do que é gerado é composto por resíduos orgânicos (Abrema, 2023). A decomposição desta fração é a principal responsável pela emissão de gases de efeito estufa no setor.

A digestão anaeróbia é uma das alternativas tecnológicas para melhor aproveitamento destes resíduos. Além de produzir biogás, que pode ser utilizado para geração de calor e eletricidade, este processo também fornece o digestato, que pode ser utilizado como biofertilizante. Este coproduto da biodigestão ajuda na ciclagem de nutrientes e na defesa contra pragas, além de atender às necessidades de adubação das plantas (Lapicciarella et al., 2022).

No Brasil é comum o estudo do digestato oriundo de esterco animal (Bortolini, 2016), mas os estudos com resíduos urbanos ainda estão em desenvolvimento. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicabilidade do digestato de resíduos alimentares como substituto dos fertilizantes minerais na cultura do milho. Espera-se contribuir na disseminação do uso de biofertilizantes, aumentando a sustentabilidade ambiental do agronegócio brasileiro e reduzindo a dependência de insumos externos, e também no incentivo à digestão anaeróbia como alternativa de tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos.



O estudo de caso foi realizado na Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos (Berso), localizada no Departamento de Energia Nuclear (DEN) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), campus Recife (-8.057589085724691, -34.95536470446628). A Berso possui um biodigestor anaeróbio do tipo lagoa coberta (Sousa, 2022), que recebe parte dos resíduos de alimento gerados pelo restaurante universitário.

Para caracterização do digestato, foi coletada uma amostra no dia 30/05/24. A carga de alimentação do biodigestor era de 1,2 kgSV/m³d. Foi realizada a análise de macronutrientes para determinação de nitrogênio total (N - NTK), nitrito (N - NO⁻²), nitrato (N - NO⁻³), amônia (NH₃), fosfato (P - PO₄⁻³), íon sulfato (S - SO₄⁻²), íons cloreto (Cl⁻), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K) e pH.

Para o cultivo do milho (*Zea mays* L., variedade CMS 36), foi realizado um experimento em uma casa de vegetação durante um período de 45 dias, de 03/07/24 a 16/08/24. Foram utilizadas 384 sementes para 128 vasos, com 4 repetições para cada critério experimental, para garantir a precisão dos resultados e permitir a obtenção de uma média confiável ao final do estudo. Os 128 foram divididos em dois tipos de solo. Utilizou-se 185,6 kg solo proveniente do município de Goiana/PE – Solo 1 (extraído na estação experimental de Itapirema - IPA - Rod. Governador Mário Covas, 7885-8897 - Goiana, PE, 55900-000) e 185,6 kg solo proveniente do município de Paudalho/PE – Solo 2 (extraído em propriedade particular). Estes solos já haviam sido utilizados para um primeiro ciclo de plantio de soja, que não recebeu digestato. Entretanto, neste primeiro ciclo, foi aplicado pó de rocha, em quatro diferentes concentrações, visando atender as demandas de potássio: as doses foram de 0, 10,73 g (300%) e 17,88 g (500%). O quarto tratamento é com cloreto de potássio (KCl), com 0,35g.

Para analisar a eficácia do digestato como biofertilizante, também foram utilizados quatro tratamentos, com 0 (B0), 50% (B1), 100%(B2) e 150%(B3) da dose de nitrogênio necessária. O cálculo foi feito a partir do teor deste nutriente apresentado na amostra. A aplicação de digestato foi dividida em dois momentos, no primeiro e no vigésimo dia de experimento. A irrigação foi feita com água destilada. Para determinar a necessidade de volume utilizado, foi feito o procedimento de



capacidade de porre, inicialmente, foram preenchidos recipientes com solo e água. Após 48 horas, os recipientes que estavam armazenando o solo úmido foram pesados novamente, e foi possível estimar o valor indicado para irrigar cada solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da caracterização do digestato encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados da caracterização do digestato de resíduos de alimento gerado na UFPE. Carga de sólidos: 1,2 kgSV/m³d.

VARIÁVEL	QUANTIFICAÇÃO (MG/L)
N - NTK	3107,972
N - NO ₂ -	3173,43
N - NO ₃	1,588
NH ₃	583,212
P - PO ₄ ⁻³	86,916
S - SO ₄ ⁻²	49,926
Cl-	2139,25
Ca	124,5
Mg	26,238
Na	1348,76
K	1041,29
pH	7,59

O pH e NTK total encontrados são semelhantes aos que foram apresentados por Tagima (2023), sendo o pH com característica neutra, com tendência a ser básica. O teor de nitrogênio total também está dentro do intervalo encontrado por Singh et al. (2022) e Peng e Pivato (2019). Já os dados de cálcio (Ca), mágnesio (Mg) e sódio (Na) encontrados se assemelham aos de Simon (2020) e Machado (2022) que também utilizaram resíduos orgânicos para a formação do digestato.



EXTREMOS CLIMÁTICOS, IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

O teor de nitrogênio encontrado foi de 3107,972 mg/L, dentro do intervalo reportado por Singh et al. (2022). A partir deste valor, e considerando a necessidade de uma dose de 77 mg de nitrogênio para cada vaso, chega-se à uma dose de 24,8 mL de digestato. A partir deste valor, foram determinadas as doses para as plantas B0 (0 mL de digestato), B1 (12,4 mL), B2 (24,8 mL) e B3 (37,2 mL). A análise do crescimento das amostras é dada a seguir.

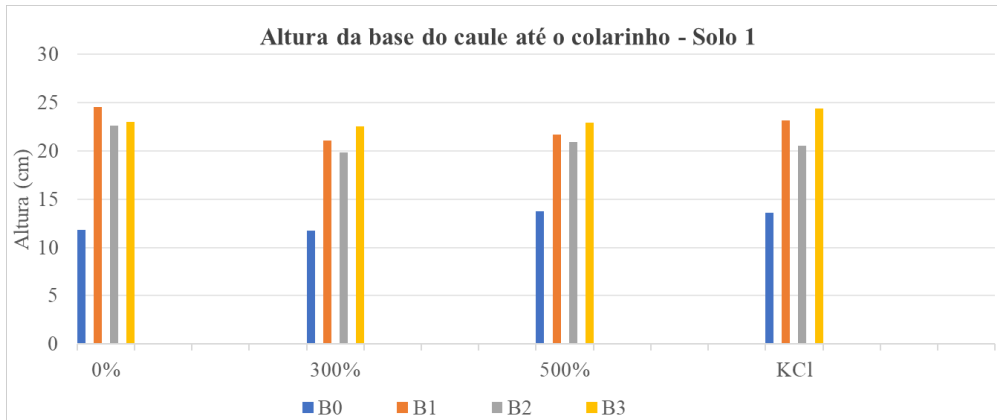


Figura 1: Resultados do Solo 1 para variável de altura da base ao colarinho.

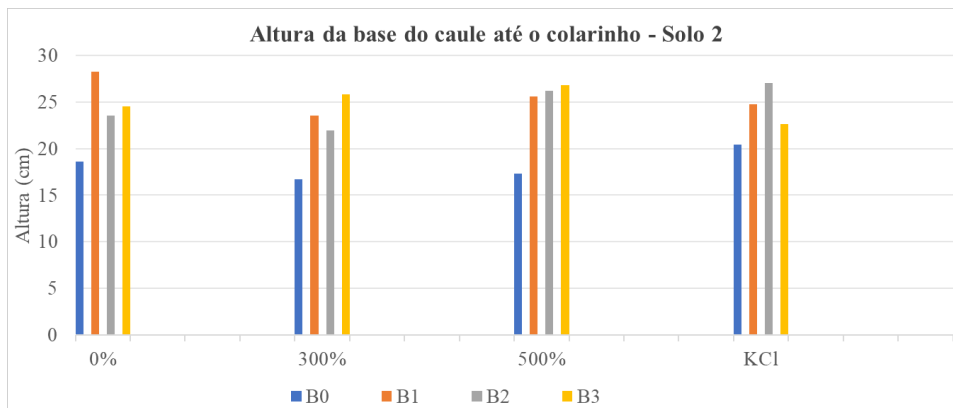


Figura 2: Resultados do Solo 1 para variável de altura da base ao colarinho.

Como observado no gráfico, no Solo 1 (Figura 1) as plantas apresentam uma média de altura de 19,87 cm, que não ultrapassa 25 cm em nenhuma das amostras. De forma geral, as plantas que receberam maior dose de digestato (B3) foram as que tiveram a maior taxa de crescimento: elas apresentaram, em média, altura 45,1% superior às amostras de B0.



EXTREMOS CLIMÁTICOS, IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

Não foram identificadas diferenças significativas entre as amostras que receberam mais ou menos potássio. Como este é o segundo ciclo após a aplicação do pó de rocha, justifica-se este resultado pela liberação lenta dos nutrientes no solo. Para o Solo 2 (Figura 2), é perceptível o impacto positivo do biofertilizante, independentemente da dose, no crescimento do milho. Os tratamentos B1, B2 e B3 foram 40%, 35% e 37% superiores ao B0, respectivamente. A média atingida pelas plantas no solo 2 foi de 23,36 cm, ou seja, 18% acima do que foi atingido no Solo 1.

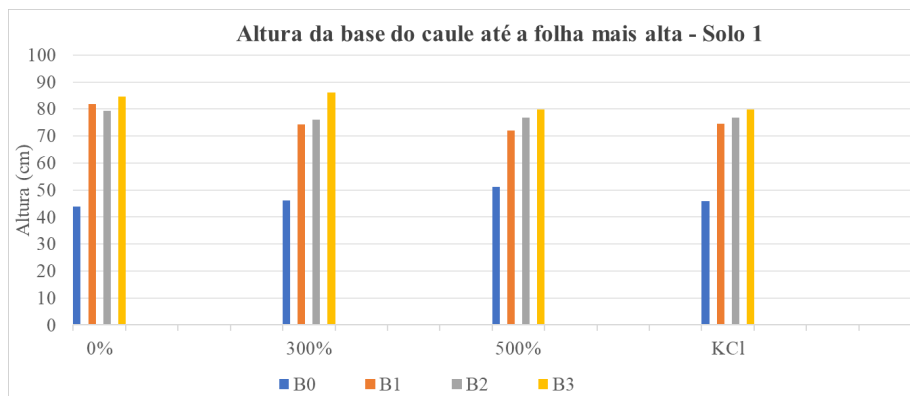


Figura 3: Resultados do Solo 1 para variável de altura da base à folha mais alta.

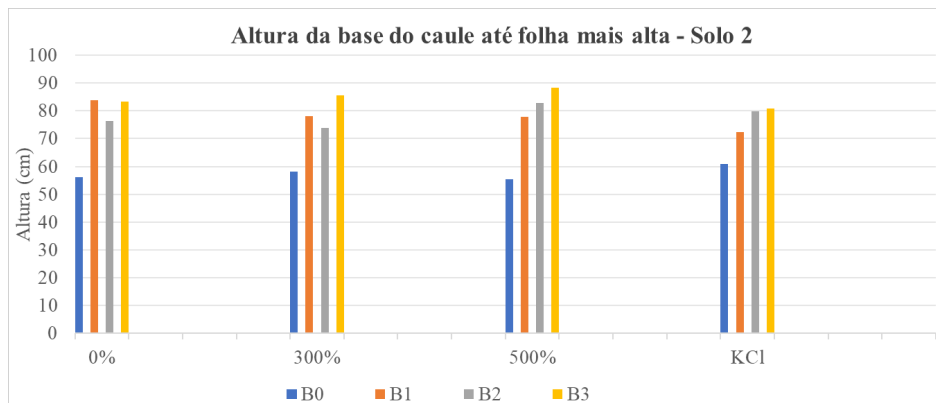


Figura 4: Resultados do Solo 2 para variável de altura da base à folha mais alta.

Para esta variável, a maioria dos casos avaliados obteve crescimento proporcional à dose de biofertilizante utilizada. Ou seja, quanto maior a dose, maior o crescimento da altura da base do caule até a folha mais alta. As amostras de planta no Solo 1 (Figura 3) conseguiram atingir uma média geral



EXTREMOS CLIMÁTICOS, IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

de 82,6 cm de suas plantas para o tratamento B3. Já no Solo 2, este número foi de 84,5 cm. O mesmo ocorreu para as plantas do tratamento B0: as do Solo 2 foram 18,8% maiores. Foi também identificado que apesar de B3 ter as amostras mais bem desenvolvidas, aplicação B1 em 0% de pó de rocha do Solo 2 (Figura 4), foi 0,6% maior que o tratamento B3. Ademais, o B0 no Solo 2 apresenta uma média geral de 57,61 cm, enquanto que a do Solo 1 é de 46,73 cm, configurando um melhor desempenho das plantas, com relação ao crescimento da base do caule até a folha mais alta, presente no Solo 1.

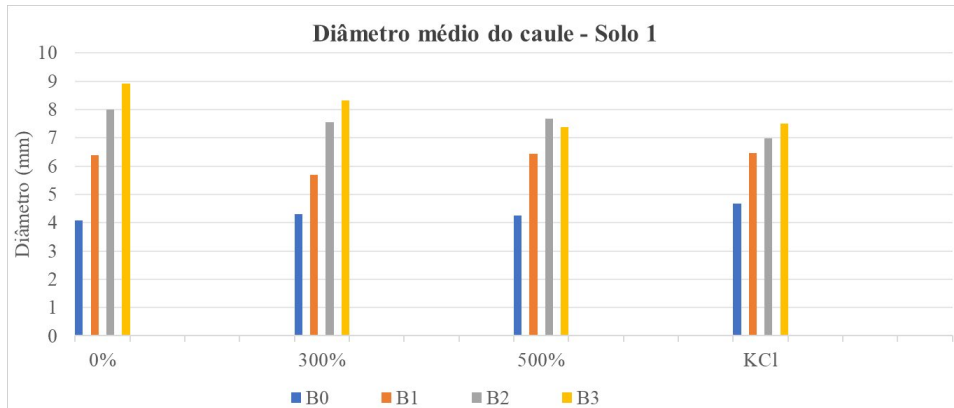


Figura 5: Resultados do Solo 1 para variável de diâmetro médio do caule.

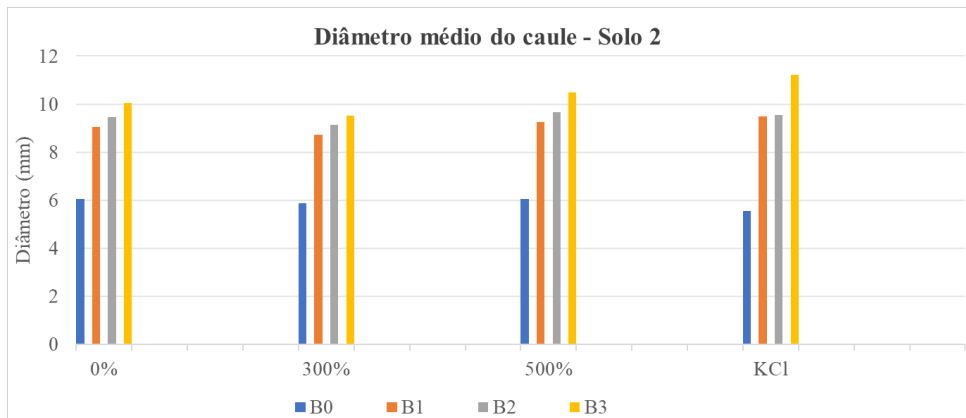


Figura 6: Resultados do Solo 2 para variável de diâmetro médio do caule.

O diâmetro médio do caule também apresentou comportamento regular, sendo o crescimento proporcional à dose de digestato aplicada. A média atingida pelo Solo 2 (Figura 6) é 23,5% superior à do Solo 1 (Figura 5). O tratamento B3 foi o de melhor desempenho em ambos os solos, com uma



média geral de diâmetro 8 mm no Solo 1 e 10 mm no Solo 2. A exceção é a planta B2 com 500% de pó de rocha no Solo 1, que foi superior a B3 em 3,9%.

EXTREMOS CLIMÁTICOS, IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

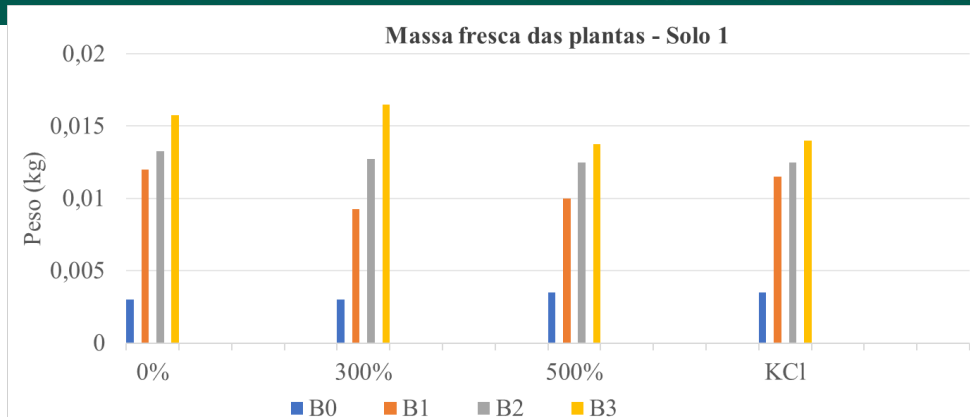


Figura 7: Resultados do Solo 1 para variável de massa fresca.

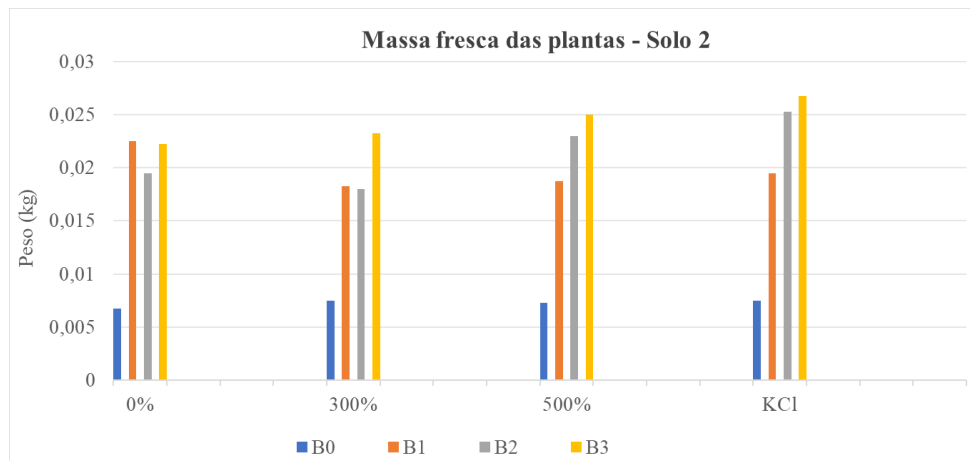


Figura 8: Resultados do Solo 2 para variável de massa fresca.

Observa-se uma diferença significativa entre as massas do Solo 1 e do Solo 2: as plantas do segundo foram 44,5% mais pesadas. Em geral, para ambos os solos, B3 foi, mais uma vez, o tratamento mais eficiente. Para o Solo 2, por exemplo, esta métrica foi mais que o dobro para as plantas de B3 comparadas às B0. Para o Solo 1 (Figura 7), a variável que tem os 300% do pó de rocha, apresentaram diferenças significativas, sendo B3 com uma massa de 16 g; B2 com 12 g; B1 com 9 g e B0 com 3 g. No Solo 2 (Figura 8) pode-se observar que no parâmetro de 0% de pó de rocha, o B1 foi 1,4% superior ao B3.

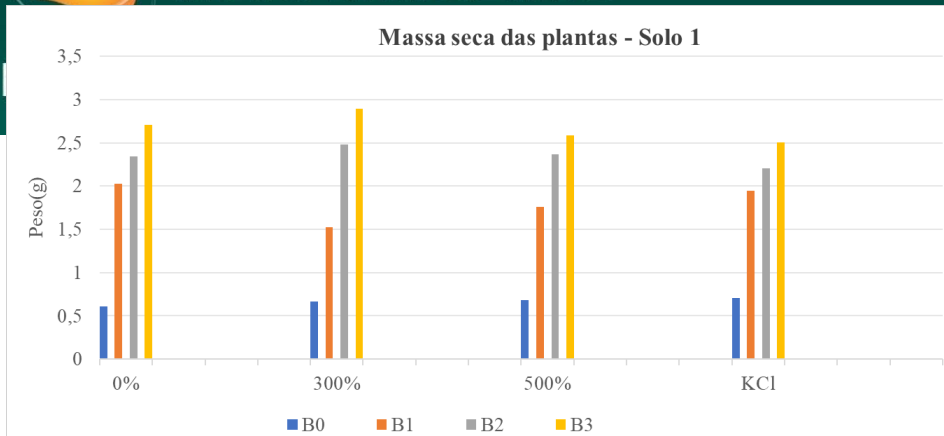


Figura 9: Resultados do Solo 1 para variável de massa seca.

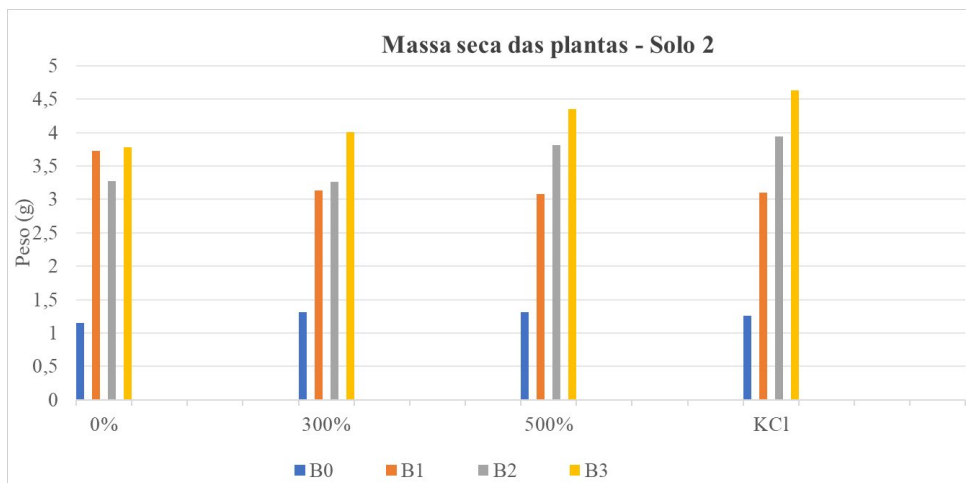


Figura 10: Resultados do Solo 2 para variável de massa seca.

Para o Solo 1 (Figura 9), é possível constatar que as plantas com doses de B3 tiveram as maiores massas secas, com uma média geral de 2,6 g. E quando comparada a B0, as plantas de B3 foram 3 vezes mais pesadas. Já no Solo 2 (Figura 10), a variação das massas secas no tratamento B0 foi baixa.

No entanto, nos tratamentos de 500% e KCl é possível observar que houve uma progressão de massas nos valores de B2 e B3, sendo B2: 3,26 g (300%); 3,81 g (500%) e 3,94 g (KCl). Já em B3, os valores foram de: 4 g (300%); 4,35 g (500%) e 4,63 (KCl).

Considerando os parâmetros avaliados, é possível afirmar que o teor nutricional do

biofertilizante promoveu diferenças significativas no desenvolvimento das plantas. Embora ainda sejam



poucos os trabalhos disponíveis na literatura que utilizaram o digestato oriundo de resíduos de alimento (a maioria utiliza como matéria-prima dejetos animais), é possível fazer algumas inferências.

EXTREMOS CLIMÁTICOS, IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

A maioria das amostras apresentou crescimento linear proporcional à dose aplicada. O mesmo comportamento ocorreu no estudo de Simon (2020) para a alface. A autora também identificou que a aplicação do digestato em diluições acima de 50% foi tóxica para a germinação, o que não ocorreu em nenhum dos tratamentos do nosso estudo. Machado (2022) também trabalhou com a alface, obtendo resultados superiores inclusive ao fertilizante mineral. A aplicação para o milho foi feita por Rebouças Neto (2012), porém, os autores obtiveram resultado oposto: a maior altura atingida pela planta ocorreu com o menor teor de digestato. Entretanto, é importante ressaltar que este último utilizou digestato oriundo de esterco bovino, que possui características nutricionais diferentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das interpretações dos dados obtidos nas análises realizadas, pode-se afirmar que o digestato oriundo da biodigestão anaeróbia apresenta potencial de utilização para aumento de produtividade em culturas agrícolas como uma alternativa aos fertilizantes minerais. Suas características nutricionais influenciaram positivamente o condicionamento morfológico das plantas de milho.

Sugere-se como trabalhos futuros:

- Análise nutricional das plantas;
- Caracterização de nutrientes dos solos (antes e depois da aplicação do biofertilizante);
- Tratamento do digestato antes de sua aplicação nas culturas vegetais, para redução dos agentes patógenos identificados;
- Comparação entre biofertilizante e fertilizantes minerais.

A partir destes resultados, espera-se contribuir para a difusão da utilização do digestato como biofertilizante, resultando em redução de custos e na sustentabilidade ambiental na agricultura familiar.

REFERÊNCIAS

- ABREMA, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2023.
- BORTOLINI, Joseane. **Use of different inocula at poultry litter anaerobic digestion**. 2016. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Parana, Cascavel, 2016.



DALLARI, Pedro. **Fome no mundo compromete objetivos da ONU para 2030: Relatório da FAO indica que objetivo de acabar com a fome e com todas as formas de desnutrição não será mais alcançado.** São Paulo, 26 jul. 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/fome-no-mundo-compromete-objetivos-da-onu-para-2030/#:~:text=A%20tualmente%2C%20mais%20de%20700%20milh%C3%B5es,aumentou%20significativamente%20nos%20%C3%BAltimos%20anos>. Acesso em: 18 fev. 2024.

GOVERNO FEDERAL (BRASIL). **Exportações do agronegócio brasileiro batem recorde no primeiro trimestre de 2024 e atingem US\$ 37,44 bilhões.** [S. l.], 11 abr. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-brasileiro-batem-recorde-no-primeiro-trimestre-de-2024-e-atingem-us-37-44-bilhoes>. Acesso em: 12 set. 2024.

LAPICCIRELLA, Júlia do Nascimento; JÚNIOR, Dener Cássio Ferreira Carneiro; ROCHA, Cássia Helena; ARAUJO, Ícaro Simão Alves; MATOSO, Aline de Oliveira. **O uso de Biofertilizantes na Agricultura Orgânica.** Associação brasileira de agroecologia, Dourados/MS, p. 1-11, 21 mar. 2022. Congresso Online Internacional de Sementes Crioulas e Agrobiodiversidade.

LIMA, A. F., Silva, E. G. de A., & Iwata, B. de F. **Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura.** (2019) Retratos De Assentamentos, 22(1), 50-68. <https://doi.org/10.25059/2527-2594/retratosdeassentamentos/2019.v22i1.332>. Acesso em: set. 2024.

MACHADO, Letícia Thália Silva. **Aproveitamento de efluente gerado na biodigestão anaeróbia de resíduos orgânicos de origem doméstica na agricultura irrigada.** Orientador: Rodrigo Máximo Sánchez Román. 28/07/2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, [S. l.], 2022. f. 101. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/56fa06bf-efc0-4c80-8c7a-0eda837b1e95/content>. Acesso em: 2 out. 2024.

OGINO, Cristiane Mitie; COSTA JUNIOR, Geraldo; POPOVA, Nataliya Dimitrova; MARTINEZ FILHO, João Gomes. **Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro.** Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília - DF - Brasil, p. 1-19, 31 jul. 2020. DOI <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.220367>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/YRXYFYCdQnYcqBzRVxnn5Zd/?lang=pt>. Acesso em: 12 set. 2024.

OGINO, Cristiane Mitie; GASQUES, José Garcia; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Relação dinâmica : fertilizantes minerais e agricultura brasileira.** EcoStorn, Brasília, DF : Ipea, out. 2023. 40 p. : il. (Texto para Discussão, n. 2928). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2928-port>. Disponível em: <https://www.econstor.eu/handle/10419/285050>. Acesso em: 12 set. 2024.

PENG, Wei; PIVATO, Alberto. **Sustainable Management of Digestate from the Organic**

Fraction of Municipal Solid Waste and Food Waste Under the Concepts of Back to Earth Alternatives and Circular Economy. Waste and Biomass Valorization, [s. l.], 4 maio 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-017-0071-2>. Acesso em: 2 out. 2024.

SIMON, Flora Würth. **Valorização do digestato proveniente da digestão anaeróbia de resíduos alimentares.** Orientador: Armando Borges de Castilhos Junior. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. f. 138. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/216032/PGEA0673-D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 2 out. 2024.

SINGH, Puneet; BEHERA, Himadri Tanaya; MISHRA, Snehashis; RAY, Lopamudra. **Biofertilização de biogás digerido: Uma visão sobre o manejo de nutrientes, diversidade microbiana do solo e emissão de gases de efeito estufa.** 2022 [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323855792000022>. Acesso em: 22 set. 2024.

REBOUÇAS NETO, Mario de Oliveira; LEITE, Dreycielle Nunes Pereira; CAMPOS, Janáira Rocha; VERAS, Caroline Leite; SOUSA, Inaiane Ribeiro de; MONTEIRO FILHO, Luis Rodrigues. **Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino.** Insumo orgânico, [s. l.], ano 2012, v. 1, ed. 3, p. 4-14, 2016. DOI <http://dx.doi.org/10.52641/cadcaj.v1i3.100>. Disponível em: <https://cadernoscajuina.pro.br/revistas/index.php/cadcajuina/article/view/100/43>. Acesso em: 2 out. 2024.

TAGIMA, Alice Akemi. **Caracterização do digestato da usina de produção de bioenergia do IEE USP para aplicação como biofertilizante.** Orientador: Ildo Luís Sauer. 2023. Dissertação (Mestrado em Energia do Instituto de Energia e Ambiente) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. f. 66. DOI <https://doi.org/10.11606/D.106.2023.tde-29012024-183007>. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106133/tde-29012024-183007/publico/Dissertacao_Alice_Akemi_Tagima.pdf. Acesso em: 2 out. 2024.