

DIGESTATO DE ABATEDOURO FRIGORÍFICO DE AVES COMO BIOFERTILIZANTE PARA PLANTAS DE FEIJÃO

POULTRY SLAUGHTERHOUSE DIGESTATE AS BIOFERTILIZER FOR COMMON BEAN PLANTS

Edilson Roberto Dametto Junior¹

Silvio César Sampaio²

Luiz Antônio Zanão Junior³

Leandro Fleck⁴

Tiago Zoz⁵

Izabel Melz Fleck⁶

1. Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
E-mail: damettojunior@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6381259496467390>
ORCID: 0000-0002-2266-7418

2. Doutor em Recursos Hídricos e Ambientais
Universidade Federal de Viçosa
E-mail: silvio.sampaio@unioeste.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9197019775809808>
ORCID: 0000-0002-9034-432X

3. Doutor em Solos e Nutrição de Plantas
Universidade Federal de Viçosa
E-mail: lazan10@hotmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2154389287992210>
ORCID: 0000-0003-4159-1380

4. Doutor em Engenharia Agrícola
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
E-mail: leandro.fleck@uems.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2381929054098695>
ORCID: 0000-0001-8763-6404

5. Doutor em Agronomia
Faculdade de Ciências Agrônomicas
E-mail: zoz@uems.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9952504782549223>
ORCID: 0000-0003-2991-5485

6. Graduada em Ciências Biológicas
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
E-mail: izabelmelz.melz@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9057842109153802>
ORCID: 0009-0007-0953-768X

RESUMO: Os biofertilizantes provenientes de efluentes agroindustriais contêm concentrações de macro e micronutrientes que podem ser utilizados para o desenvolvimento das plantas, o que potencializa a redução do uso de fertilizantes minerais. O presente estudo se baseia na hipótese de que o biofertilizante obtido a partir do tratamento de efluentes de frigorífico de aves pode favorecer o crescimento inicial da cultura do feijão. Para tanto, desenvolveu-se um experimento no Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR), em Latos-solo Vermelho eutrófico. Por meio de Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), aplicaram-se dois digestatos como biofertilizantes, além do ensaio experimental controle e tratamento adicional de adubação química com fertilizante composto de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK), com formulação 10-30-10. A quantificação de biofertilizante foi realizada estimando o equilíbrio nutricional da cultura a partir de duas dosagens de nitrogênio total (56,6 mg/L e 37,5 mg/L). Nessas condições, para parâmetros fitométricos, verificou-se resultados semelhantes de caule, altura, número de folhas, clorofila e massa seca da parte aérea em todos os tratamentos. Para os parâmetros de análise foliar, observou-se, nos tratamentos com biofertilizantes, efeito de diluição de massa, resultando no aumento desproporcional da biomassa das plantas em relação à concentração de nutrientes. Os resultados obtidos demonstraram que a utilização de digestato de frigorífico de aves como biofertilizante para a cultura do feijão-comum pode ser uma alternativa aos fertilizantes minerais.

Palavras-chave: Fertilização; Fertilizantes minerais; Tratamento de efluentes.

ABSTRACT: Biofertilizers from agro-industrial effluents contain concentrations of macro and micronutrients that can be used for plant development, which enhances the reduction in the use of mineral fertilizers. The present study is based on the hypothesis that the biofertilizer obtained from the treatment of poultry slaughterhouse effluents can promote the initial growth of the bean crop. To this end, an experiment was developed at the Institute for Rural Development (IRD), in Eutrophic Red Oxisol. Using a Randomized Block Design (RBD), two digestates were applied as biofertilizers, in addition to the experimental control trial and treatment of chemical fertilization with fertilizer composed of Nitrogen, Phosphorus and Potassium (NPK), with formulation 10-30-10. The biofertilizer quantification was carried out by estimating the nutritional balance of the crop from two doses of total nitrogen (56.6 mg/L and 37.5 mg/L). Under these conditions, for phytometric parameters, there were similar results for stem, height, number of leaves, chlorophyll, and dry mass of the aerial part in all treatments. For leaf analysis parameters, a mass dilution effect was observed in treatments with biofertilizers, resulting in a disproportionate increase in plant biomass in relation to nutrient concentration. The results obtained demonstrated that the use of poultry slaughterhouse digestate as a biofertilizer for common bean cultivation can be an alternative to mineral fertilizers.

Keywords: Fertilization; Mineral fertilizers; Wastewater treatment.

INTRODUÇÃO

A utilização de fertilizantes minerais vem tornando-se inviável, pela baixa capacidade de biodegradação, que causa vários problemas ao solo, plantas e aos seres vivos (YU *et al.*, 2020). Além disso, os fertilizantes minerais se caracterizam como fontes finitas, geograficamente localizadas e com preço de mercado sujeito a grande instabilidade (ARGENTA *et al.*, 2023). No caso do Brasil, a dependência por fertilizantes importados ficou notória e se tornou motivo de forte preocupação a partir da Guerra entre Rússia e Ucrânia, o que afetou diretamente a disponibilidade de fertilizantes para o desenvolvimento da agricultura nacional e demandou do Estado políticas de subsídio que permitissem manter a competitividade nacional no âmbito da produção de alimentos (MARTINS *et al.*, 2023).

Nessa perspectiva, considerando o cenário de incertezas decorrentes do conflito entre Rússia e Ucrânia, bem como o forte desempenho do setor agroindustrial, no Brasil a utilização de biofertilizantes constitui-se como uma alternativa viável aos fertilizantes minerais e reduz a dependência externa para a eficiente produção de alimentos em nível nacional. Além de reduzir a dependência externa, a utilização de efluentes agroindustriais como biofertilizantes, proporciona baixos custos, por ser proveniente de fontes ecológicas e renováveis, reduzindo os riscos de poluição ambiental (RABANI *et al.*, 2023).

Neste contexto, a utilização de biofertilizantes, provenientes de resíduos gerados em agroindústrias, pode desempenhar um papel de fertilização para diversas culturas (ROMANIW *et al.*, 2021), como fonte de macro e micronutrientes para as plantas, agregando valor a esses passivos ambientais (YAASHIKAA *et al.*, 2022).

Dentre outros, além de substituir formulações de NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) sintéticos, a utilização de biofertilizantes diminui a pressão sobre os aterros sanitários, considerando uma menor quantidade de lodo remanescente nos sistemas de tratamento de águas residuárias. Concomitantemente, a utilização de biofertilizantes em sistemas agrícolas potencializa a economia circular, a qual é conceituada por Garcia *et al.* (2022) como uma técnica sustentável que associa o desenvolvimento econômico ao uso de insumos mais duráveis, recicláveis e renováveis.

A legislação brasileira sobre biofertilizantes é estabelecida pela Instrução Normativa SDA Nº 61, de 08 de julho de 2020, que estabelece regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura (BRASIL, 2020). Com a evolução em pesquisas e legislação atualizada, os produtores rurais, juntamente com as instituições de ensino, buscam alternativas rentáveis para preparar os resíduos orgânicos para a adubação do solo (GIRI *et al.*, 2019).

Um dos resíduos orgânicos estudados para produção de biofertilizantes são os efluentes gerados a partir do abate de aves, que se destaca pela elevada carga orgânica e concentração de proteínas e lipídios, sendo responsáveis pelos elevados valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), óleos, graxas, sólidos totais e nitrogênio (PALHARES *et al.*, 2019). Estes resíduos quando não adequadamente tratados podem gerar sérios impactos ambientais (BAKER *et al.*, 2021).

Os biofertilizantes, estão sendo testados em várias culturas, inclusive na *Phaseolus vulgaris* L. (feijão comum) (LOPES *et al.*, 2023). O feijão comum é um alimento com grande valor econômico e nutricional, presente na dieta da população brasileira (REZENDE *et al.*, 2021), o que reflete diretamente na importância da cultura no Brasil, mesmo com os riscos decorrentes das condições climáticas, volatilidade de preços e diminuição da área de plantio (MANTOVANI *et al.*, 2024). Corroborando com essas informações, Carvalho e Silveira (2023) afirmam que a espécie exige alta qualidade do solo, com a presença de nutrientes, a exemplo de nitrogênio, fósforo e potássio.

Diante dessas informações, o presente estudo se baseia na hipótese de que o biofertilizante obtido a partir do tratamento de efluentes de frigorífico de aves pode favorecer o crescimento inicial da cultura do feijão, podendo ser uma alternativa aos fertilizantes minerais convencionais e, ao mesmo tempo, agregar valor a estes resíduos que até então representam custos para a indústria.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e caracterização do efluente

Os efluentes utilizados no estudo foram coletados em um abatedouro e frigorífico de aves da Região Oeste do Paraná. A coleta foi realizada na saída de nove pontos do sistema secundário de tratamento, sendo três lagoas anaeróbias, quatro lagoas aeradas, um decantador e uma lagoa de polimento.

Após a coleta, os efluentes foram caracterizados física e quimicamente, conforme os parâmetros citados na Tabela 1, de forma a evidenciar e selecionar os dois pontos de coleta que melhor atendessem às características para reuso como biofertilizante na agricultura, considerando para o presente estudo a demanda nutricional da cultura do feijão.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos avaliados e respectivas metodologias.

Parâmetros	Metodologia
pH; Cádmio; Cromo; Cobre; Manganês; Níquel; Chumbo; Zinco; Cálcio; Potássio; Magnésio	EMBRAPA (2009)
Sólidos Totais, Fixos e Voláteis (Método 2540 B); (DQO) Demanda Química de Oxigênio (Método 5220 D); Nitrogênio Orgânico (Método 4500 Norg); Nitrogênio Amoniacal (Método 4500-NH3-C); Nitrito (Método 4500-NO2- B); Nitrato (Método 4500-NO3- B)	APHA (2012)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (Método 38409 T 52)	DIN (1987)
Nitrogênio Total	Metcalf e Eddy (2016)
Fósforo	RUZICKA <i>et al.</i> (1975)

Após a caracterização dos efluentes, definiram-se os pontos “Lagoa Anaeróbia 1” e “Lagoa Aerada 1” para uma segunda coleta, a partir da maior concentração de nitrogênio total dentre as nove amostras. Com a segunda coleta, e nova caracterização dos dois efluentes, estipularam-se suas concentrações e definiu-se a dosagem para aplicação em campo.

Caracterização físico-química do solo

O solo utilizado para a realização do estudo foi o Latossolo Vermelho eutroférico. Foram realizadas análises químicas (Tabela 2), seguindo as metodologias de Pavan *et al.* (1992), a fim de caracterizar o solo e avaliar sua fertilidade em relação ao fertilizante mineral e biofertilizantes.

Tabela 2 - Caracterização química do solo.

Parâmetro	Unidade de medida	Concentração
pH	CaCl ₂	5,40
Fósforo (P)	Mg/dm ³	11,52
Potássio (K)	cmolc/dm ³	0,51
Cálcio (Ca)	cmolc/dm ³	4,01
Magnésio (Mg)	cmolc/dm ³	1,12
Alumínio (Al)	cmolc/dm ³	0

Parâmetro	Unidade de medida	Concentração
Acidez Potencial (H+Al)	cmolc/dm ³	3,97
Soma de bases (SB)	cmolc/dm ³	5,64
Capacidade de troca de cátions (CTC)	cmolc/dm ³	9,61
CTC Efetiva	cmolc/dm ³	5,64
Saturação por bases (V)	%	58,69
Saturação por alumínio (M)	%	0
Carbono (C)	g/dm ³	21,4
Teor de matéria orgânica	g/dm ³	36,27
Índices de saturação da CTC	Ca%	41,72
Índices de saturação da CTC	Mg%	11,65
Índices de saturação da CTC	K%	5,32
Índices de saturação da CTC	H%	41,31
Índices de saturação da CTC	Al%	0,00
Relações entre as bases	Ca/Mg	3,58
Relações entre as bases	Ca/K	7,84
Relações entre as bases	Mg/K	2,19
Relações entre as bases	(Ca+Mg)/K	10,03
Relações entre as bases	K/√(Ca+Mg)	0,23

Caracterização da área de estudo

O projeto foi desenvolvido em três locais distintos. Para as análises físico-químicas do efluente, foi utilizado o Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE/Cascavel). Para as análises físico-químicas do solo, plantio do feijão e análise fitométrica foi utilizada a estrutura do Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR), polo regional de pesquisa de Santa Tereza do Oeste/PR. A análise fitométrica de tecido vegetal foi realizada no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais do IDR, polo Londrina.

As condições climáticas de Cascavel/PR, onde foram realizadas as análises físico-químicas do efluente, são caracterizadas por uma atmosfera quente e temperada, apresentando temperatura

média de 20,0 °C e média de pluviosidade anual de 1.841 mm (CLIMATE-DATA, 2024). O experimento foi conduzido no IDR de Santa Tereza do Oeste/PR, cujo clima regional é classificado segundo Köppen como Cfa (subtropical úmido), com Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), de textura argilosa (MIRANDA *et al.*, 2020). Já o clima do município de Londrina/PR, local em que foi realizada a análise fitométrica de tecido vegetal, se caracteriza como ameno e moderado, com temperatura média de 21,0 °C e pluviosidade média anual de 1.723 mm.

Delineamento experimental e plantio

O delineamento experimental definido para o estudo foi o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), que utiliza os princípios da repetição, casualização e do controle local, para que sejam formados os blocos com parcelas homogêneas (KUMAR *et al.*, 2020). O estudo se estruturou em seis tratamentos, sendo duas dosagens diferentes para cada um dos dois biofertilizantes previamente definidos, além do tratamento controle e tratamento adicional de adubação química com fertilizante NPK de formulação 10-30-10, sendo este a base de comparação por ser um fertilizante tradicional para adubação da cultura do feijão.

Realizou-se quatro repetições para cada tratamento, totalizando 24 parcelas divididas em quatro blocos. A parcela experimental foi formada por um vaso preenchido com 1 dm³ de solo e duas plantas da cultura alvo do estudo, por vaso. A fim de promover o equilíbrio nutricional para a cultura, definiu-se a quantidade de biofertilizante aplicado a partir da necessidade de nitrogênio, o que se justifica por este ser o nutriente mais demandado para síntese de proteínas, além de ser essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Para as dosagens D1 e D2, a concentração de nitrogênio total correspondeu a 37,5 mg/L e 56,6 mg/L, respectivamente. A princípio, buscou-se aplicar uma concentração de 75 mg/L para a dosagem D2, porém, devido a capacidade de campo do solo ser excedida com a aplicação dessa dosagem, definiu-se a concentração máxima de 56,6 mg/L. A aplicação dos biofertilizantes no solo foi realizada no dia 0 e no dia 20, contados a partir do plantio das sementes.

Após a aplicação dos seis tratamentos, realizou-se a semeadura com 5 sementes do feijão da cultivar IPR Curió, e posterior raleio para 2 plantas por parcela, a fim de eliminar as mudas excedentes e manter as de melhor qualidade para posterior análise. Observou-se o crescimento inicial das plantas por 45 dias até a sua colheita, representado pela fase vegetativa.

Análise das plantas

Com a remoção das plantas do solo após 45 dias, foram realizados diferentes ensaios de análises fitométricas: altura das plantas, diâmetro do caule, número de trifólios, comprimento da raiz e matéria seca da parte aérea e da raiz (EMBRAPA, 2009).

Na sequência, foram analisados os teores de macro e micronutrientes. Antes das análises, foi realizado o preparo das amostras. Para tal, a parte aérea foi separada da raiz, lavada com água destilada, colocada em saco de papel kraft, seca em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas, e então triturada em moinho tipo Wiley, com peneira de 0,84 mm (EMBRAPA, 2009).

Análise estatística

Com a obtenção dos dados experimentais, foi realizada a análise estatística com nível de significância de 95% para avaliação dos diferentes tratamentos com o uso dos biofertilizantes provenientes do efluente de frigorífico de aves para o plantio do feijão.

Os dados de caracterização de efluentes foram avaliados por meio de estatística descritiva. Os dados referentes às análises fitométricas e foliares foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Fisher (LSD), a fim de representar a variância combinada de todos os grupos analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos efluentes da ETE

O efluente utilizado no estudo foi coletado na saída das lagoas de tratamento secundário de uma agroindústria de abate de aves (Tabela 3), cujos resultados foram utilizados como base para definir quais efluentes poderiam ser utilizados como biofertilizante para suprir as demandas nutricionais da cultura alvo do estudo. O tratamento secundário, se caracteriza pela ação microbiológica na oxidação do material orgânico constituinte do efluente líquido (BOOTON *et al.*, 2024). O estudo não teve como foco avaliar o efluente bruto e as etapas do tratamento primário. Neste contexto, por princípios éticos, optou-se por apresentar as lagoas de tratamento da agroindústria parceira do estudo, com nomes codificados, variando de 1 a 9.

Tabela 3 - Caracterização dos efluentes.

Amostra	pH	Sólidos			DQO	BDO ₅
		Totais	Fixos	Voláteis		
		mg/L	mg/L	mg/L	mg O ₂ /L	mg/L
1	6,67	600,0	323,3	276,7	193,47	60,0
2	6,16	643,3	313,3	330,0	852,91	700,0
3	7,29	870,0	430,0	440,0	424,89	280,0
4	7,35	826,7	430,0	396,7	283,34	280,0
5	7,18	933,3	473,3	460,0	142,92	140,0
6	7,25	966,7	453,3	513,3	141,8	85,0
7	7,2	880,0	436,7	443,3	286,71	240,0
8	7,05	846,7	430,0	416,7	128,31	100,0
9	6,47	833,3	503,3	330,0	147,41	70,0

Etapa	N					P
	NH3+	NO2-	NO3-	Orgânico	N Total	Total
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	118,7	0,2	0	4,48	123,4	2,2
2	111,4	0	0	14,56	126,0	2,0
3	90,2	0,1	0,1	41,44	131,7	1,9
4	80,6	0,1	0,1	42,56	123,3	6,3
5	73,9	11,2	41,7	21,28	148,1	2,2
6	73,9	12,6	64,7	12,88	164,1	1,4
7	128,8	0,6	0	22,4	151,8	2,0
8	73,9	24,1	134,1	15,68	247,8	1,4
9	48,2	10,9	60,3	2,24	121,6	1,7

Etapa	Metais (mg/L)										Fe
	Ca	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Mg	Cu	Zn	K	
1	6,0	0,7	nd	nd	nd	nd	20	164	0,4	165	29,8
2	3,0	1,0	nd	nd	nd	nd	27	63	4,6	293	143,7
3	ND	0,7	nd	nd	nd	nd	21	nd	8,4	247	135,6
4	13,6	0,7	nd	nd	nd	nd	26	31	5,0	216	102,7
5	3,0	0,9	nd	nd	nd	nd	28	nd	8,8	422	485,1
6	65,8	0,8	nd	nd	nd	nd	30	nd	0,6	230	183,5
7	95,3	0,8	nd	nd	nd	nd	36	130	5,2	392	229,6
8	34,9	0,7	nd	nd	nd	nd	31	18	1,7	353	127,5
9	60,4	1,2	0,04	nd	nd	nd	30	nd	29,2	313	283,7

Nota: (pH) potencial hidrogeniônico; (DQO) demanda química de oxigênio; (DBO5) demanda bioquímica de oxigênio; (N) nitrogênio; (P total) fósforo total. (nd) não detectado.

Em indústrias de abate de aves, observam-se características importantes e em comum na composição do efluente bruto, como: sangue, fezes, óleos e graxas, penas, vísceras, pedaços de carne, entre outros materiais não decompostos (FERREIRA, 2018a; TANATTI *et al.*, 2024). Estes resíduos com alta carga orgânica, devem passar por um tratamento preliminar, composto por barreiras físicas, a fim de buscar a remoção de sólidos em suspensão grosseiros e gorduras (METCALF; EDDY, 2016; PEREIRA *et al.*, 2024).

Para fins de reuso na agricultura, esses compostos não degradados podem gerar diversas consequências para o solo, destacando-se o selamento superficial, limitação do crescimento e morte de plantas, contaminação dos lençóis freáticos, eutrofização de águas superficiais e a salinização do solo (MATOS; MATOS, 2017). Para um reuso adequado com fins agrícolas, segundo Braga e Lima (2014), o efluente deve possuir características que promovam a nutrição das cultivares, considerando a demanda de água, manejo da irrigação e drenagem do solo.

Caracterização dos biofertilizantes

A Tabela 4 apresenta a caracterização dos efluentes que foram denominados no presente estudo como biofertilizantes, os quais foram homogeneizados e aplicados diretamente no vaso preenchido com 1 dm³ de solo e duas plantas da cultura alvo do estudo. São indicados como efluente 1, o material coletado da Lagoa Anaeróbia 1, e como efluente 2, o material coletado da Lagoa Aerada 1.

Conforme os dados apresentados na Tabela 4, observa-se valores físico-químicos próximos para os dois biofertilizantes, contudo, destaca-se uma diferença maior nas suas cargas orgânicas, representado pela DQO e DBO5, e a alta concentração de ferro no Efluente 1, oriunda do processo industrial e possivelmente pela adição de coagulantes químicos compostos pelo metal (AZEVEDO *et al.*, 2020).

Tabela 4 - Caracterização físico-química dos efluentes selecionados como biofertilizantes

Parâmetro	Efluente 1 - Lagoa Anaeróbia 1	Efluente 2 – Lagoa Aerada 1
pH	7,55	7,24
Sólidos Totais (mg/L-1)	526,67	573,33
Sólidos Fixos (mg/L-1)	326,67	310,0
Sólidos Voláteis (mg/L-1)	200,00	263,33

Parâmetro	Efluente 1 - Lagoa Anaeróbia 1	Efluente 2 – Lagoa Aerada 1
DQO (mg/L-1)	240,23	106,94
DBO5 (mg O2/L)	125	70
Nitrogênio Amoniacal (mg/L-1)	99,7	93
Nitrito (mg/L-1)	0,1	0,1
Nitrato (mg/L-1)	0,2	0,2
Nitrogênio Total (mg/L-1)	100,0	100,0
Fósforo Total (mg/L-1)	2,25	1,80
Ca (mg/L-1)	15,74	25,93
Cd (mg/L-1)	ND	ND
Cr (mg/L-1)	0,05	0,05
Cu (mg/L-1)	1,05	ND
Fe (mg/L-1)	736,67	217,12
K (mg/L-1)	51,53	58,73
Mg (mg/L-1)	15,49	12,10
Mn (mg/L-1)	1,88	0,19
Ni (mg/L-1)	0,15	ND
Pb (mg/L-1)	ND	ND
Zn (mg/L-1)	6,96	24,74

Análise das plantas

Com a remoção das plantas ao final da fase vegetativa, observa-se nas Tabelas 5 e 6 os resultados das análises fitométricas.

Tabela 5 – Parâmetros fitométricos das plantas para dimensões e contagem de trifólios.

Tratamento	Caule (cm) ± C.V. (%)	Comprimento da raiz (cm) ± C.V. (%)	Altura (cm) ± C.V. (%)	Número de trifólios ± C.V. (%)
E1 D1	3,63 ± 13,21	24,03 ± 21,36 B	18,26 ± 12,69	6,88 ± 10,91
E1 D2	3,63 ± 13,21	27,24 ± 9,25 B	20,15 ± 4,18	7,38 ± 15,03
E2 D1	3,88 ± 6,45	29,26 ± 11,08 AB	17,71 ± 11,93	6,88 ± 12,42
E2 D2	4,00 ± 0,00	32,84 ± 15,16 A	17,91 ± 28,18	6,75 ± 14,18
NPK	4,38 ± 10,94	27,41 ± 8,06 AB	19,38 ± 18,91	8,00 ± 17,68
Controle	3,50 ± 11,66	24,23 ± 11,72 B	18,09 ± 10,35	7,00 ± 5,83

Nota: E1 D1 (Efluente 1 - Dosagem 1), E1 D2 (Efluente 1 - Dosagem 2), E2 D1 (Efluente 2 - Dosagem 1), E2 D2 (Efluente 2 - Dosagem 2), NPK (adubação química com fertilizante composto de Nitrogênio, Fósforo e Potássio), Controle (ausência de biofertilizante e NPK). Ausência de letras na mesma coluna indicam que não houve diferença entre os tratamentos pelo Teste de Fisher (LSD) ($p \leq 0,05$).

Foi possível observar características semelhantes nos parâmetros fitométricos de caule, altura, número de folhas, clorofila e massa seca da parte aérea em todos os tratamentos, indicando que os biofertilizantes promoveram um desenvolvimento semelhante ao fertilizante mineral e amostra testemunha (Tabelas 5 e 6). Por outro lado, para comprimento de raiz é possível observar diferenças estatísticas para o tratamento E2D2 quando comparado aos demais tratamentos, demonstrando um maior crescimento de raiz para o mesmo.

Tabela 6 – Parâmetros fitométricos de massa e clorofila.

Tratamento	Massa seca raiz (g) ± C.V. (%)	Massa seca parte aérea (g) ± C.V. (%)	Massa seca total (g) ± C.V. (%)	Clorofila ± C.V. (%)
E1 D1	0,54 ± 7,30 B	1,86 ± 17,26	2,40 ± 15,30 C	39,23 ± 8,34
E1 D2	0,72 ± 15,84 B	2,34 ± 4,60	3,05 ± 3,51 AB	39,13 ± 8,64
E2 D1	0,57 ± 14,10 B	2,00 ± 16,61	2,57 ± 12,76 BC	39,81 ± 10,92
E2 D2	0,63 ± 23,14 B	2,26 ± 14,83	2,89 ± 13,78 ABC	38,97 ± 12,29
NPK	0,95 ± 18,76 A	2,47 ± 18,12	3,42 ± 23,10 A	45,80 ± 2,86
Controle	0,65 ± 16,79 B	1,89 ± 6,09	2,53 ± 2,35 BC	43,30 ± 5,57

Nota: E1 D1 (Efluente 1 - Dosagem 1), E1 D2 (Efluente 1 - Dosagem 2), E2 D1 (Efluente 2 - Dosagem 1), E2 D2 (Efluente 2 - Dosagem 2), NPK (adubação química com fertilizante composto de Nitrogênio, Fósforo e Potássio), Controle (ausência de biofertilizante e NPK). Ausência de letras na mesma coluna indicam que não houve diferença entre os tratamentos pelo Teste de Fisher (LSD) ($p \leq 0,05$).

Apesar do parâmetro isolado de massa seca da raiz apresentar diferença no tratamento NPK comparado aos demais tratamentos, ao realizar a soma com a parte aérea e classificá-las como massa seca total é possível observar que o mesmo só se diferiu dos tratamentos de E1 D1, E2 D1 e Controle. Tal fator demonstra massa total similar às plantas tratadas com NPK e os biofertilizantes E1 e E2 na segunda dosagem (E1 D2 e E2 D2).

O nitrogênio é o elemento mais absorvido pela cultura do feijão, e a necessidade durante todo o ciclo é elevada, onde a fase de maior demanda ocorre entre 35 e 50 dias após a emergência da planta, coincidindo com o período de florescimento (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994; HAAG *et al.*, 1967). Para Leal e Prado (2008), a falta de nitrogênio no desenvolvimento da cultura resulta na diminuição de parâmetros fitométricos como número de folhas, matéria seca, altura da planta, diâmetro do caule e área foliar.

Além da adubação química e orgânica, destaca-se que o solo utilizado possui boas características químicas, auxiliando na disponibilidade de nitrogênio e outros micronutrientes a partir do seu teor de matéria orgânica (ABUJAZAR *et al.*, 2007). Ao analisar o desenvolvimento da cultivar IPR Curió em função da aplicação de adubação nitrogenada em um sistema de plantio direto, Muller e Zanão Júnior (2015) observaram que o teor de matéria orgânica adequado no solo é capaz de suprir a necessidade das plantas, onde quanto maior a concentração, maior a taxa de mineralização e disponibilidade do N no solo.

Em relação aos teores de nitrogênio (Tabela 7), verifica-se que nos tratamentos controle e NPK, obteve-se o valor médio mais alto para nitrogênio, havendo diferença significativa quando comparado aos biofertilizantes. Apesar da alta disponibilidade de íon amônio contido no biofertilizante, a absorção desse nutriente depende da atividade microbiana do solo, que pode ter sido afetada pela aplicação, a depender dos microrganismos presentes (FLORENCIO *et al.*, 2022).

Tabela 7 - Parâmetros foliares e respectivas concentrações de N, P e K.

Tratamento	N (g kg ⁻¹) ± C.V. (%)	P (g kg ⁻¹) ± C.V. (%)	K (g kg ⁻¹) ± C.V. (%)
E1 D1	17,97 ± 11,33 B	2,24 ± 18,59	29,94 ± 7,73 A
E1 D2	17,67 ± 19,82 B	2,17 ± 16,66	26,99 ± 7,67 ABC
E2 D1	17,59 ± 14,32 B	1,92 ± 24,05	22,76 ± 12,26 D
E2 D2	15,14 ± 15,29 B	1,88 ± 10,67	23,89 ± 6,54 CD
NPK	22,82 ± 7,72 A	1,81 ± 13,48	26,35 ± 10,11 BC
Controle	22,14 ± 15,66 A	2,03 ± 8,92	28,37 ± 9,75 AB

Nota: E1 D1 (Efluente 1 - Dosagem 1), E1 D2 (Efluente 1 - Dosagem 2), E2 D1 (Efluente 2 - Dosagem 1), E2 D2 (Efluente 2 - Dosagem 2), NPK (adubação química com fertilizante composto de Nitrogênio, Fósforo e Potássio), Controle (ausência de biofertilizante e NPK). Ausência de letras na mesma coluna indicam que não houve diferença entre os tratamentos pelo Teste de Fisher (LSD) ($p \leq 0,05$).

Além disso, observa-se um efeito de diluição de massa nos tratamentos com biofertilizantes, o qual ocorre quando o aumento do tamanho ou da biomassa das plantas reduz sua concentração de nutrientes, podendo indicar alteração no balanço dos nutrientes absorvidos do solo (FAGERIA; BALIGAR, 2005).

Pesquisas indicam que a eficiência da fixação biológica de nitrogênio na cultura do feijoeiro não é alta, devido a fatores que incluem a variedade de feijão, a estirpe bacteriana e as condições ambientais (REINPRECHT *et al.*, 2020).

Para o parâmetro fósforo (P), verificam-se valores próximos nos tratamentos, sem diferença significativa, indicando que apesar da concentração mais alta do elemento estar no fertilizante mineral, as plantas puderam absorvê-lo de forma equilibrada na fase inicial de crescimento. Para Rosolem *et al.* (1994), a fase de maior absorção de fósforo ocorre entre 30 e 55 dias após a emergência da planta. A demanda por fósforo permanece alta durante todo esse período, mas é acentuada no final do florescimento e no início da formação das vagens, quando o feijoeiro pode absorver entre 0,20 e 0,30 kg P/ha dia.

Para o potássio (K), os tratamentos com biofertilizante não apresentaram diferença significativa partindo da dosagem, porém, tiveram diferenças significativas para cada tipo de tratamento. A cultura do feijão é muito exigente em K, e sua absorção ocorre em maior quantidade entre o 35º e 50º dia após a emergência, coincidindo com a fase de florescimento e enchimento dos grãos (FAGERIA *et al.*, 2001). Observou-se que os dois biofertilizantes possuíam concentração similar de potássio (E1: 51,53; E2: 58,73), porém a concentração nas dosagens não foi determinante na diferença de concentração do nutriente na biomassa das plantas. Já para o fertilizante NPK, obteve-se o maior resultado médio para massa seca da raiz, interferindo diretamente no crescimento vegetativo, onde, na falta do nutriente, ocorre crescimento lento da planta e subdesenvolvimento das raízes, propiciando maior risco a doenças (LAFTTA; HABIB, 2021).

Leal e Prado (2008), citam a importância de uma nutrição completa para a planta do feijão-comum, onde as omissões de N, P, K e Ca foram determinantes para a limitação do desenvolvimento vegetativo do feijoeiro nos 30 dias de condução do experimento, em que foi evidenciado alterações morfológicas e sintomas visuais característicos da deficiência nutricional de cada elemento.

Para os resultados de análise foliar, considerando os macronutrientes cálcio (Ca) e magnésio (Mg), verifica-se, na Tabela 8, que o tratamento controle apresentou o menor teor dos compostos, o que é justificado pela ausência de qualquer tipo de adubação, com biofertilizantes ou fertilizante mineral.

Tabela 8 - Parâmetros foliares e concentrações de Ca e Mg.

Tratamento	Ca (g kg ⁻¹) ± C.V. (%)	Mg (g kg ⁻¹) ± C.V. (%)
E1 D1	16,60 ± 8,96 A	3,42 ± 8,99 A
E1 D2	15,33 ± 8,16 AB	3,23 ± 9,93 AB
E2 D1	12,90 ± 16,27 C	2,76 ± 16,02 BC
E2 D2	13,58 ± 6,50 BC	2,99 ± 7,90 ABC
NPK	13,64 ± 10,75 BC	3,00 ± 14,72 ABC
Controle	12,82 ± 2,06 C	2,64 ± 3,40 C

Nota: E1 D1 (Efluente 1 - Dosagem 1), E1 D2 (Efluente 1 - Dosagem 2), E2 D1 (Efluente 2 - Dosagem 1), E2 D2 (Efluente 2 - Dosagem 2), NPK (adubação química com fertilizante composto de Nitrogênio, Fósforo e Potássio), Controle (ausência de biofertilizante e NPK). Ausência de letras na mesma coluna indicam que não houve diferença entre os tratamentos pelo Teste de Fisher (LSD) ($p \leq 0,05$).

Para a cultura do feijão, a prática da calagem é recomendada para fornecer cálcio e magnésio, além de corrigir a acidez e o alumínio trocável no solo (SILVA *et al.*, 2021). Além disso, a cultura é responsiva ao aumento de ambos os elementos químicos, sendo beneficiada pela sua disponibilidade e interação com outros macronutrientes (CARVALHO, 2021). Assim como no estudo de Oliveira *et al.* (2003), os níveis de Ca e Mg e a proporção obtida entre eles na massa seca do feijoeiro, tiveram forte relação com os níveis e proporções desses elementos no solo. Para os autores, os resultados obtidos indicaram que, em solos com níveis adequados de Ca e Mg trocáveis, a proporção entre eles é de menor importância para o crescimento e a produtividade do feijoeiro.

Na cultura do feijão-comum, os micronutrientes mais importantes são o boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn). Esses elementos participam de diversas funções fisiológicas, como a fotossíntese, a respiração, a síntese de proteínas, a fixação biológica de nitrogênio, a germinação do pólen e a formação da parede celular (CARVALHO, 2023). A deficiência ou o excesso de micronutrientes pode causar sintomas visuais nas folhas, redução do crescimento e da produtividade, e menor qualidade dos grãos (CAMARGO, 2006).

Observa-se, na Tabela 9, que Cu e B não tiveram diferença significativa entre os tratamentos. Apesar de ser um micronutriente essencial para o feijoeiro, no estudo de Leal e Prado (2008), a omissão de B não foi determinante para o crescimento vegetativo do feijoeiro após 30 dias do cultivo. Corroborando com os autores, para Silva Júnior *et al.* (2015), diferentes doses de aplicação de B não influenciaram nas variáveis agrônômicas, altura de plantas e massa de 100 grãos de feijão caupi.

Tabela 9 - Parâmetros foliares e concentrações de micronutrientes.

Tratamento	Cu (mg kg ⁻¹) ± C.V. (%)	Zn (mg kg ⁻¹) ± C.V. (%)	B (mg kg ⁻¹) ± C.V. (%)	Mn (mg kg ⁻¹) ± C.V. (%)
E1 D1	3,51 ± 21,38	21,87 ± 15,77 A	48,96 ± 11,24	34,23 ± 7,86 BC
E1 D2	3,46 ± 10,87	21,69 ± 9,65 A	42,24 ± 9,42	34,56 ± 4,41 BC
E2 D1	2,84 ± 28,85	16,10 ± 21,79 B	40,67 ± 24,63	30,74 ± 18,84 C
E2 D2	3,16 ± 8,18	19,81 ± 10,02 AB	39,31 ± 8,32	33,97 ± 25,75 BC
NPK	3,04 ± 18,70	19,27 ± 9,52 AB	39,43 ± 15,68	43,69 ± 11,84 A
Controle	2,67 ± 18,86	18,65 ± 7,28 AB	39,36 ± 2,73	38,41 ± 8,27 AB

Nota: E1 D1 (Efluente 1 - Dosagem 1), E1 D2 (Efluente 1 - Dosagem 2), E2 D1 (Efluente 2 - Dosagem 1), E2 D2 (Efluente 2 - Dosagem 2), NPK (adubação química com fertilizante composto de Nitrogênio, Fósforo e Potássio), Controle (ausência de biofertilizante e NPK). Ausência de letras na mesma coluna indicam que não houve diferença entre os tratamentos pelo Teste de Fisher (LSD) ($p \leq 0,05$).

Apesar da baixa concentração de Manganês (Mn) nos biofertilizantes, destaca-se que os valores diferiram estatisticamente. A disponibilidade de Mn no solo depende de fatores como pH, teor de matéria orgânica, umidade e presença de outros nutrientes como Ca e Mg (MAAS *et al.*, 1969). A interação com outros nutrientes no solo ocorre de forma complexa, podendo ocasionar sinergias e antagonismos que afetam a sua absorção pelas plantas (CAMARGO, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos com a aplicação dos biofertilizantes e adubo mineral na cultura do feijão, considerando os diferentes parâmetros fitométricos, verificou-se valores semelhantes de caule, altura, número de folhas, clorofila, e massa seca da parte aérea em todos os tratamentos.

A presença de micronutrientes no biofertilizante não foi determinante no aumento da absorção pelas plantas, possivelmente pela boa qualidade do solo utilizado. Para os parâmetros de análise foliar, observou-se o efeito de diluição de massa nos tratamentos com aplicação de biofertilizantes, resultando no aumento desproporcional da biomassa das plantas em relação à concentração de nutrientes.

De forma geral, o uso de biofertilizante oriundo de efluente de abatedouro frigorífico de aves pode ser uma alternativa aos fertilizantes minerais convencionais para o crescimento inicial da cultura do feijão, e ao mesmo tempo, pode agregar valor a estes resíduos que até então, além de serem passivos ambientais, representam custos para a indústria.

REFERÊNCIAS

- ABUJAZAR, M. S. S.; KARAAGAÇ, S. U.; ABU AMR, S. S.; ALAZAIZA, M. Y. D.; FATIHAH, S.; BASHIR, M. J. K. Recent advancements in plant-based natural coagulant application in the water and wastewater coagulation-flocculation process: challenges and future perspectives. **Global NEST Journal**, v. 24, n. 4, p. 687-705, 2022.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, 2012.
- ARGENTA, C. V.; BRUM, A. L.; ALLEBRANDT, S. L.; MUELLER, A. A. A realidade do mercado de fertilizantes no Brasil: uma breve análise. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.16, n.3, p. 1-17, 2023.
- AZEVEDO, P. G. F.; OLIVEIRA, D. C. S.; CAVALCANTI, L. A. P. Processos físicos e químicos para o tratamento de efluentes: uma revisão integrativa. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 17, p. 1667-1678, 2020.
- BAKER, B. R.; MOHAMED, R.; AL-GHEETHI, A.; AZIZ, H. A. Advanced technologies for poultry slaughterhouse wastewater treatment: a systematic review. **Journal of Dispersion Science and Technology**, v.42, n.6, p. 880-899, 2021.
- BOOTON, A.; MAYER, B. K.; ZITOMER, D. H. Chemical oxidation as an alternative for municipal wastewater secondary treatment: a review. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v.23, p. 43-65, 2024.
- BRAGA, M. B.; LIMA, C. E. P. (Ed.). **Reuso de água na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2014.
- BRASIL. **Instrução Normativa nº 61, de 23 de julho de 2020**. Diário Oficial da União, Brasília, 2020.
- CAMARGO, O. A. de. **Reações e interações de micronutrientes no solo**. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm>. Acesso em: 20 abr. 2023.
- CARVALHO, M. da C. **Calagem**. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/calagem>> . Acesso em: 21 abr. 2023
- CARVALHO, M. da C. **Micronutrientes**. 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/micronutrientes>> . Acesso em 21 abr. 2023
- CARVALHO, M. da C.; SILVEIRA, P. M. **Adubação**. 2023. <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/adubacao>> . Acesso em 21 jun. 2023
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN. **38409-52: Bestimmung der Sauerstoffzehrung in n Tagen (Gruppe H)**. Lieferung, 1987.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in agronomy**, v. 88, p. 97-185, 2005.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; DA COSTA, J. G. C. Potassium-use efficiency in common bean genotypes. **Journal of Plant nutrition**, v. 24, n. 12, p. 1937-1945, 2001.
- FERREIRA, A.; KUHN, S. S.; CREMONEZ, P. A.; DIETER, J.; TELEKEN, J.G.; SAMPAIO, S. C.; KUHN, P. D. Brazilian poultry activity waste: Destinations and energetic potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 81, n.2, p. 3081-3089, 2018a.
- FERREIRA, C. M.; FIGUEIREDO, R. S.; ALBERNAZ, L.; LELLIS, T. C. de. Arroz e feijão: intervenção multi-institucional em prol do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 96, 2018b.
- FLORENCIO, C.; BORTOLETTO-SANTOS, R.; FAVARO, C. P.; BRONDI, M. G.; VELLOSO, C. C. V.; KLAIC, R.; FARINAS, C. S.; MATTOSO, L. H. C. Avanços na produção e formulação de inoculantes microbianos visando uma agricultura mais sustentável. **Química Nova**, v. 45, n. 9, p. 1133-1145, 2022.
- GARCIA, W. C.; FENZL, N.; CARVALHO, A. C.; FLORES, M. S. A.; BASTOS, R. Z. Educação ambiental: um caminho para economia circular na região metropolitana de Belém-PA. **Revista Universidade e Meio Ambiente**, v.7, n.1, p. 100-110, 2022.

- GIRI, Bhoopander *et al.* (Ed.). **Biofertilizers for sustainable agriculture and environment**. Cham: Springer International Publishing, 2019.
- HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, v. 26, n. 30, p. 381-391, 1967.
- KUMAR, V.; SHEORAN, O. P.; TONK, M.; MALIK, K. Web based statistical analysis tool for series of experiments in Randomized Block Design cum pooled analysis. **International Journal of Agricultural & Statistical Sciences**, v. 16, p. 1101, 2020.
- LAFTA, W.; HABIB, Z. K. Effect of spraying with boron and the added potassium fertilizer on the Growth of broad bean (*Vicia Faba* L.). **International Journal of Agricultural and Statistical Sciences**, v.17, p. 1111-1117, 2021.
- LEAL, R. M.; PRADO, R. de M. Desordens nutricionais no feijoeiro por deficiência de macronutrientes, boro e zinco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 4, p. 301-306, 2008.
- LOPES, G. B.; GOELZER, A.; REICHEL, T.; RESENDE, M. L. V.; DUARTE, W. F. Potential of *Desmodium* abundans as bio-fertilizer in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.49, p. 1-10, 2023.
- MAAS, E. V.; MOORE, D. P.; MASON, B. J. Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. **Plant physiology**, v. 44, n. 6, p. 796-800, 1969.
- MANTOVANI, G. G.; PLASSA, W.; TELLES, T. S. Spatial and economic dynamics of bean crops in an important production hub in Brazil. **Outlook on Agriculture**, v.1, p. 1-14, 2024.
- MARTINS, M. L. M.; PEREIRA, F. B.; SILVA, E. R.; MARTINS, T.C. M. Mais uma vez o Brasil se faz colônia: A dependência brasileira de fertilizantes evidenciada pela Guerra entre Rússia e Ucrânia. **Ruris**, v. 15, n. 2, p. 242-272, 2023.
- MATOS, A. T. de; MATOS, M. P. de. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos**. Viçosa, MG: UFV, 2017.
- METCALE, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. McGraw Hill Brasil, 2016.
- MIRANDA, J.; DETONI, A. M.; LIMA, C. S. M.; FORLIN, D.; COTTICA, S. M. Características microclimáticas no comportamento agrônomo e qualitativo de uvas 'Isabel precoce' em diferentes sistemas de condução em Santa Tereza do Oeste-PR. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 53165-53196, 2020.
- MULLER, F.; ZANÃO JUNIOR, L. A. Produtividade de cultivares de feijoeiro em função da época de aplicação da adubação nitrogenada de cobertura em sistema de plantio direto. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 2, p. 45-57, 2015.
- NUNES, J. A. Tratamento Físico-químico de Águas Residuárias Industriais. 5. ed. Aracaju, Sergipe: Editora Info Graphics Gráfica, 2008.
- OLIVEIRA, C. S.; SÁ, O. R. Avaliação da eficiência do tratamento de efluentes em um abatedouro do município de Passos, MG, Brasil. **Ciência et Praxis**, v. 8, n. 16, p 13-20, 2015.
- PALHARES, J. C. P. Produção animal e recursos hídricos: Tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos. EMBRAPA, Brasília, 2019. 1. Ed. 210 p.
- PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. D.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1992, 40 p. (Circular, 76).
- PEREIRA, A. K. S.; TEIXEIRA, K. C.; PEREIRA, D. H.; CAVALLINI, G. S. A critical review on slaughterhouse wastewater: treatment methods and reuse possibilities. **Journal of Water Processing Engineering**, v.58, p. 1-11, 2024.
- RABANI, M. S.; GUPTA, M. K.; WANI, B. A.; HUSSAIN, H.; TRIPATHI, S.; SHRIVASTAV, M.; HAMEED, I.; FAYAZ, M. M.; PATHAK, A.; GUPTA, C. Introduction of biofertilizers in agriculture with emphasis on nitrogen fixers and phosphate solubilizers. **Microbiomes for the Management of Agricultural Sustainable**, p. 71-93, 2023.
- REINPRECHT, Y.; SCHRAM, L.; MARSOLAIS, F.; SMITH, T. H.; HILL, B.; PAULS, K. P. Effects of nitrogen application on nitrogen fixation in common bean production. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 1172, 2020.
- REZENDE, G. A.; COELHO, A. B.; TRAVASSOS, G. F. Determinantes do consumo individual de arroz e feijão no Brasil em 2017/2018. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 19, n. 3, p. 1-22, 2021.
- ROMANIW, J.; SÁ, J. C. de M.; LAL, R.; FERREIRA, A. de O.; INAGAKI, T. M.; BRIEDIS, C.; GONÇALVES, D. R. P;

- CANALLI, L. B.; PADILHA, A.; BRESSAN, P. T. C-offset and crop energy efficiency increase due industrial poultry waste use in long-term no-till soil minimizing environmental pollution. **Environmental Pollution**, v. 275, p. 116565, 2021.
- ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações agronômicas**, v. 68, n. 1, p. 1-16, 1994.
- RUZICKA, J.; STEWART, J.W.B. Flow injection analysis. Part II. Ultrafast determination of phosphorus in plant material by continuous flow spectrophotometry. **Analytica Chimica Acta**, v.79, p. 79-91, 1975.
- SILVA, J. G.; FERREIRA, E. P. B.; NASCENTE, A. S. Common bean yield as affected by in furrow filler liming and nitrogen topdressing. **Revista Caatinga**, v.34, n.4, p. 857-866, 2021.
- SILVA JUNIOR, R. L.; GOMES, I. da S.; NASCIMENTO, M. V.; SILVA, B. R. da; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S. Influência de diferentes doses e época de aplicação de boro na cultura do feijão caupi. In: XXXV Congresso Brasileiro de Nutrição do Solo, 2015, Natal. **Anais[...]** Natal: 2015.
- TANATTI, N.; SEZER, M. Optimizing electrocoagulation for poultry slaughterhouse wastewater treatment: a fuzzy axiomatic design approach. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-15, 2024.
- YAASHIKAA, P. R.; KUMAR, P. S.; VARJANI, S. Valorization of agro-industrial wastes for biorefinery process and circular bioeconomy: a critical review. **Bioresource Technology**, v. 343, p. 1-11, 2022.
- YU, X.; LI, H.; DOLUSCHITZ, R. Towards Sustainable Management of Mineral Fertilizers in China: An Integrative Analysis and Review. **Sustainability**, v.12, p. 1-15, 2020.
- ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações agronômicas**, v. 68, n. 1, p. 1-16, 1994.
- RUZICKA, J.; STEWART, J.W.B. Flow injection analysis. Part II. Ultrafast determination of phosphorus in plant material by continuous flow spectrophotometry. **Analytica Chimica Acta**, v.79, p. 79-91, 1975.
- SILVA, J. G.; FERREIRA, E. P. B.; NASCENTE, A. S. Common bean yield as affected by in furrow filler liming and nitrogen topdressing. **Revista Caatinga**, v.34, n.4, p. 857-866, 2021.
- SILVA JUNIOR, R. L.; GOMES, I. da S.; NASCIMENTO, M. V.; SILVA, B. R. da; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S. Influência de diferentes doses e época de aplicação de boro na cultura do feijão caupi. In: XXXV Congresso Brasileiro de Nutrição do Solo, 2015, Natal. **Anais[...]** Natal: 2015.
- TANATTI, N.; SEZER, M. Optimizing electrocoagulation for poultry slaughterhouse wastewater treatment: a fuzzy axiomatic design approach. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-15, 2024.
- YAASHIKAA, P. R.; KUMAR, P. S.; VARJANI, S. Valorization of agro-industrial wastes for biorefinery process and circular bioeconomy: a critical review. **Bioresource Technology**, v. 343, p. 1-11, 2022.
- YU, X.; LI, H.; DOLUSCHITZ, R. Towards Sustainable Management of Mineral Fertilizers in China: An Integrative Analysis and Review. **Sustainability**, v.12, p. 1-15, 2020.