
Feasibility of organic fertilizer from poultry waste

Viabilidade do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura

Received: 21-07-2024 | Accepted: 25-08-2024 | Published: 01-09-2024

Igor Gustavo Schneider

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0503-4849>
Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Brasil
E-mail: Igorgustavo@unochapeco.edu.br

Cristiano Reschke Lajús

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3847-9793>
Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Brasil
E-mail: Clajus@unochapeco.edu.br

Francieli Dalcanton

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0065-1279>
Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Brasil
E-mail: Fdalcanton@unochapeco.edu.br

Natalia Girardi

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6749-1176>
Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Brasil
E-mail: Girardinatalia@unochapeco.edu.br

ABSTRACT

All plant cultivation depends on good fertilization, be it chemical or organic. The general aim of this work is to assess the viability of organic fertilizer made from poultry waste. Its specific objectives are to characterize the chemical and physical properties of organic fertilizer from poultry waste, formulate doses of organic fertilizer from poultry waste, draft a technical scientific methodology for the use of organic fertilizer from poultry waste, propose a technical recommendation on the use of organic fertilizer from poultry waste and create a technical scientific protocol on the use of organic fertilizer from poultry waste. The data collected was submitted to Analysis of Variance (ANOVA) using the F test ($P \leq 0.05$), and regression analysis ($P \leq 0.05$) was carried out for the doses of organic fertilizer from poultry waste, with the choice of mathematical models based on the coefficient of determination (R^2). The results show that the dose of 310 grams of organic material per square meter of soil (100% of the recommended dose) provides the best results.

Keywords: Organic fertilizer; Poultry farming; Lettuce; Viability

RESUMO

Todo e qualquer cultivo de plantas depende de uma boa adubação, seja ela química e ou orgânica. O presente trabalho tem como geral avaliar a viabilidade do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura. Tendo como objetivos específicos caracterizar as propriedades químicas e físicas do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura, formular doses do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura, redigir uma metodologia técnico científica para a utilização do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura, propor uma recomendação técnica sobre a utilização do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura e criar um protocolo técnico científico sobre a utilização do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura. Os dados coletados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($P \leq 0,05$), para as doses do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura foi realizada a análise de regressão ($P \leq 0,05$) com a escolha dos modelos matemáticos através o coeficiente de determinação (R^2). Os resultados obtidos permitem concluir que, a dose de 310 gramas do material orgânico para cada metro quadrado de solo (100% da dose recomendada) proporciona os melhores resultados.

Palavras-chave: Adubo Orgânico; Avicultura; Alfaca; Viabilidade

INTRODUÇÃO

A demanda por produtos que possam ser utilizados nos cultivos agrícolas visando alternativas aos convencionais e/ou o aumento de rentabilidade da produção, nos leva a pesquisar e viabilizar o desenvolvimento de novos produtos formulados a partir do uso de resíduos diversos que por sua vez sejam técnica e economicamente viáveis.

Nesta linha de pesquisa será trabalhado com um resíduo de sistema de avicultura (cama de aves). A cama de aves é o resíduo provindo da avicultura de modo geral, neste caso de sistema de recria de galinhas poedeiras, neste tipo de resíduo já considerado “orgânico” tem-se constituintes elementos que quando utilizados são benéficos à condução e resultados de qualquer cultivo vegetal. O uso da cama de aves já é um manejo bem utilizado em diversos cultivos, porém, o que se remete é o fato de que em sua maioria não se faz a caracterização qualitativa e nem quantitativa dos elementos nutrientes existentes no resíduo, sendo, a sua recomendação na maioria dos casos feita sem uma precisão ou garantia agronômica.

A caracterização do resíduo acima pode fomentar um fertilizante orgânico que venha agregar aos sistemas produtivos sustentáveis, e até mesmo economicamente, pelo motivo do respectivo composto ser originário de processos produtivos primários, sendo ele de baixo custo de produção quando comparado com fertilizantes químicos.

Através de conhecimento agronômico, após a caracterização do produto serão formuladas possíveis doses do fertilizante orgânico e aplicadas em hortaliças com intuito de constituir e comprovar um novo produto para uso como fertilizante sólido, de menor custo, mas com valor agregado pensando na sustentabilidade da cadeia produtiva em geral.

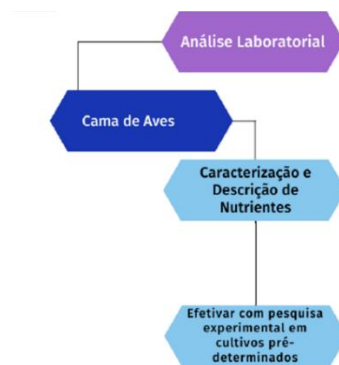
O presente trabalho tem como geral avaliar a viabilidade do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura. Apresentando como objetivos específicos: Caracterizar as propriedades químicas e físicas do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura; Formular doses do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura; Redigir uma metodologia técnico científica para a utilização do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura; Propor uma recomendação técnica sobre a utilização do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura; Criar um protocolo técnico científico sobre a utilização do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O ambiente da pesquisa caracteriza-se à campo, ou seja, em cultivo protegido sem controle de temperatura e umidade relativa do ar. Localiza-se no Município de Chapecó-SC, na linha Cabeceira da Barragem em propriedade particular com produção de hortifruti. O delineamento de pesquisa é caracterizado como: quanto à abordagem: consiste em uma pesquisa quantitativa; quanto ao enfoque: consiste em uma pesquisa explicativa e com relação aos procedimentos, consiste em uma pesquisa experimental.

As etapas da presente pesquisa serão divididas conforme o Diagrama 1.

Diagrama 1 - Delineamento da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resíduos da avicultura foram coletados no seu ambiente de origem, ou seja, a cama de aves retirada dos galpões e acondicionada em sacos plásticos.

Na sequência foi realizada a padronização das amostras, as quais foram misturadas manualmente e padronizadas com 250 gramas (Imagem 1), com auxílio de peneira de alumínio com espessura de 2mm, pois conforme recipiente à direita da imagem pode-se verificar partículas médias ou grandes, principalmente pedaços de madeira, penas e pedras, as quais não farão parte das amostras.

Imagem 1 - Padronização da amostra



Fonte: elaborado pelo autor.

Posteriormente as amostras padronizadas foram encaminhadas ao Laboratório do IBRA – Instituto Brasileiro de Análises para caracterização. As variáveis analisadas com seus respectivos métodos constam na Imagem 2.

Imagem 1 - Variáveis analisadas e metodologia

Ensaio	Método	Relatório de Ensaio
Nitrogênio Total	MAPA	<p>Three Gestao de Inovacoes Ltda R. Mano Barreto, 324 Lote E São Cristóvão- Chapeó/SC 89803-280</p> <p>O.S.: 188069</p>  <p>Legenda: LD = Limite de Quantificação C = Ensaio realizado em campo V.M.P. = Valor Máximo Permitido</p> <p>Métodos: Titulometria = MAPA Gravimetria = MAPA Espectrometria de Emissão Atômica = MAPA Espectrometria de Absorção Atômica = MAPA Espectrometria de Absorção Atômica = MAPA Gravimetria = MAPA</p> <p>Espectrofotometria = MAPA Espectrometria de Absorção Atômica = MAPA Espectrometria de Absorção Atômica = MAPA Espectrometria de Absorção Atômica = MAPA Espectrometria de Absorção Atômica = MAPA Espectrometria de Absorção Atômica = MAPA Gravimetria = MP FERT 01 Perda por Secagem = MAPA Cálculo = Cálculo Espectrometria de Absorção Atômica = MAPA Espectrometria de Absorção Atômica = MAPA</p> <p>Observações: O laboratório não é responsável pela amostragem. Este(s) resultado(s) refere(m)-se somente ao(s) item(s) ensaiado(s). Este relatório de ensaio somente pode ser reproduzido na sua totalidade e sem alterações. A reprodução parcial requer aprovação escrita do Laboratório.</p>  <p>Carla Eduardo Pinho Gerente Técnico - CRG 04281966</p> <p>LABORATÓRIO SEDE: Rua Amazonas, 222 - Jd. Nova Venêcia, 13177-000 - Sumaré - SP - FONE: +55 (19) 3832.3079 - laboratorio@ibra.com.br - www.ibra.com.br</p>
Fósforo Total	MAPA	
Potássio (HNO3 + HClO4)	MAPA	
Cálcio (HNO3 + HClO4)	MAPA	
Magnésio (HNO3 + HClO4)	MAPA	
Enxofre (sol. em Água)	MAPA	
Boro	MAPA	
Cobre (HNO3 + HClO4)	MAPA	
Manganês (HNO3 + HClO4)	MAPA	
Ferro (HNO3 + HClO4)	MAPA	
Zinco (HNO3 + HClO4)	MAPA	
Alumínio (HNO3 + HClO4)	MAPA	
Sódio (HNO3 + HClO4)	MAPA	
Matéria Orgânica	MP FERT 01	
Umidade (65 °C)	MAPA	
Cinzas	Cálculo	
Cobalto (HNO3 + HClO4)	MAPA	
Molibdênio (HNO3 + HClO4)	MAPA	

Fonte: elaborado pelo autor.

Os campos experimentais foram escolhidos de acordo com a disponibilidade das hortaliças cultivadas conforme a sazonalidade. Os tratos culturais seguiram as orientações técnicas da cultura da alface, as quais constam no Zoneamento Agrícola de Risco Climático, publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Antecedendo a experimentação a campo, realizou-se análise de solo (Imagem 3), visando quantificar as exigências nutricionais para a cultura da Alface, conforme o Manual de Adubação e Calagem.

Imagem 2 - Resultado das análises de solo do campo experimental

Nº Lab.	Ref.	Área (ha)	% Argila m/v	pH-Água 1:1	Índice SMP	P mg/dm³	K mg/dm³	% M.O. m/v	Al cmolc/dm³	Ca cmolc/dm³	Mg cmolc/dm³
1572	01 - ESTUFA14	--	31	6,7	6,9	160,9	650,0	3,3	0,0	10,5	6,0
1573	02 - ESTUFA16	--	35	6,8	6,8	217,4	650,0	3,4	0,0	9,7	6,2
1574	03 - ESTUFA18	--	38	6,8	6,9	201,1	620,0	3,8	0,0	9,7	5,3

Nº Lab.	Ref.	H + Al cmolc/dm³	CTC pH7.0 cmolc/dm³	Al (valor m)	% Saturação na CTC a pH7.0				Relações		
					Bases	K	Ca	Mg	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
1572	01 - ESTUFA14	1,62	19,78	0,00	91,81	8,40	52,86	30,55	1,73	6,29	3,64
1573	02 - ESTUFA16	1,74	19,31	0,00	90,99	8,61	50,39	31,99	1,58	5,85	3,72
1574	03 - ESTUFA18	1,55	18,16	0,00	91,47	8,73	53,67	29,07	1,85	6,15	3,33

Fonte: elaborado pelo autor.

Posterior análise de solo e relacionada com a análise da cama de aves, foi possível realizar as recomendações para o cultivo de Alface, para a realidade e necessidade daquele solo. A recomendações foi de 310 gramas do material orgânico para cada metro quadrado de solo, a qual foram utilizados os dados de necessidade da cultura da alface versus a disponibilidade nutricional do composto orgânico. Os tratamentos foram divididos da seguinte forma:

T1	0% dose recomendada
T2	50% dose recomendada
T3	100% dose recomendada
T4	150% dose recomendada
T5	200% dose recomendada

No dia 1 de maio de 2023 realizou-se a aplicação dos tratamentos ao solo, ou seja, definidos os tratamentos pela forma DBC – Delineamento de Blocos Casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas. No ambiente foi feito revolvimento do solo com auxílio de um triturador acoplado à trator e foram aplicadas as quantidades necessárias para cada tratamento ao solo do material orgânico e revolvido manualmente, em parcelas com dimensões de 1,875 metros quadrados, conforme imagem abaixo.

A condução do cultivo manteve o manejo padrão do produtor, não havendo interferências da pesquisa durante o desenvolvimento da cultura. Realizou-se a colheita das alfaces com 49 dias de ciclo, onde inicialmente ainda no campo foi feito análises de SPAD, NDVI e Temperatura das folhas com o auxílio de equipamentos específicos para cada avaliação. Posterior a isso separados todos os tratamentos para análise das variáveis espessura do talo, número de folhas não comerciais, número de folhas comerciais e peso da massa verde das folhas comerciais. Para a análise da espessura de colmo foi utilizado parquímetro, levando como ponte de referência da medição a inserção da primeira folha. Para a variável peso de massa verde foi utilizada balança analítica com precisão de 2 casas decimais. Já com relação às variáveis folha comerciais e folhas não comerciais (Imagem 4), foram selecionadas folhas exemplos para se levar em consideração no momento da análise e seleção. Relacionadas as análises da temperatura e NDVI, foram feitas as coletas no dossel da planta, no momento da colheita. Para as análises de SPAD foram coletados dados de 3 pontos específicos da planta, ou seja, SPAD da folha apical, SPAD da folha mediana e SPAD da folha basal.

Imagem 4 - Parâmetros de folhas não comerciais e folhas comerciais

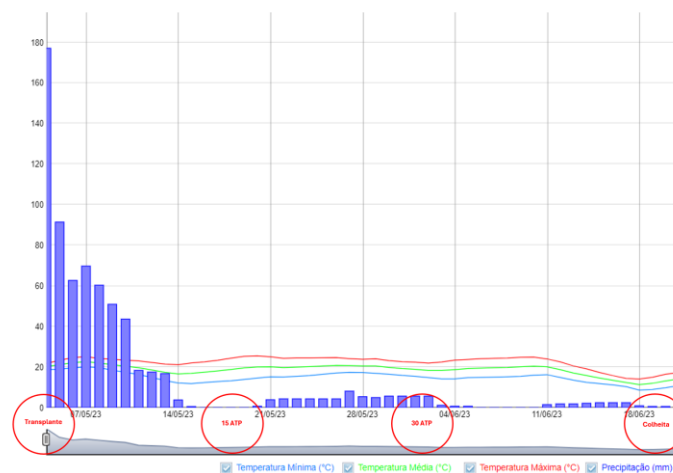
Fonte: elaborado pelo autor.

A máxima eficiência técnica foi determinada através do peso da massa fresca da parte aérea de todas as plantas, extrapolando a produção em Kg/planta. A concentração de máxima eficiência econômica com critério de capital ilimitado foi baseada no preço do kg da cama de aves compostada na região (R\$ 60,00/T) (MF Rural, 2024) e no preço da unidade da alface variedade Crespa (R\$ 3,50/Unidade), multiplicado por 12 plantas/m².

Os dados coletados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($P \leq 0,05$), para as doses do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura foi realizada a análise de regressão ($P \leq 0,05$) com a escolha dos modelos matemáticos através o coeficiente de determinação (R^2). O aplicativo computacional utilizado foi o SISVAR – Sistema de análise de variância para dados balanceados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas do experimento (Gráfico 1) foram monitoradas pela Estação Agrometeorológica de Cordilheira Alta através do site Agritempo (2024), com correção de 1°C conforme a cobertura plástica e altitude do local da pesquisa.

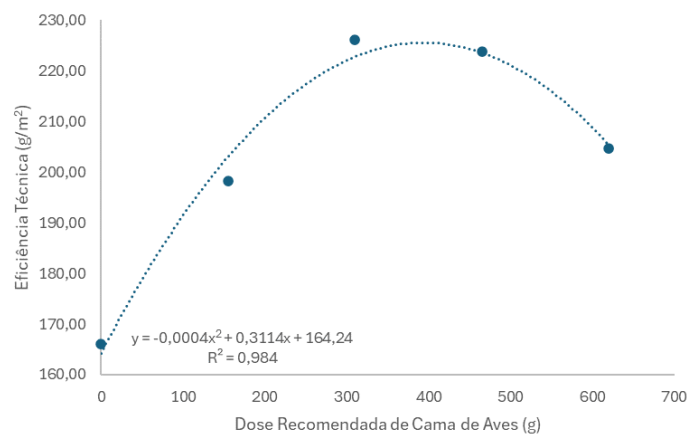
Gráfico 1 - Condições meteorológicas do experimento

Fonte: Agritempo (2024).

As precipitações elevadas durante os quinze dias após o transplante da alface (Gráfico 1) reduziram a capacidade da expressão do potencial genético, sendo responsáveis pelas mudanças fisiológicas e morfológicas das plantas, afetando o a eficiência técnica (Gráfico 2) e conseqüentemente a econômica (Gráficos 3, 4 e 5), impedindo o genótipo de expressar todo seu potencial.

A ANOVA revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos tratamentos (Dose Recomendada de Cama de Aves (g)) em relação à variável Eficiência Técnica (g/m^2), ou seja, existe um modelo matemático que explica a influência da variável X (tratamentos) em relação à variável a variável Y (Eficiência Técnica (g/m^2)) (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Eficiência técnica do experimento



Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme o Gráfico 2 percebe-se que houve uma relação de causa e efeito entre a variável tratamentos e a variável Eficiência Técnica (g/m^2), ou seja, os tratamentos influenciam em 98,40% na Eficiência Técnica (g/m^2), apresentando um comportamento quadrático.

No Gráfico 2, é possível perceber que a curva de produtividade atingiu seu ápice com a dose de 100% recomendada de fertilizante, a curva de produtividade foi aumentando gradativamente com o aumento da dose até o nível 100%, a partir daí, foi possível observar que a curva teve uma queda com o aumento da dose passando do recomendado, proporcionando uma toxidez em função do excesso de nutrientes da cama de aves que além de causar o efeito negativo em produtividade, aumentou o custo.

O ciclo da alface é considerado um ciclo curto, pois em média depois de transplantada para o solo, a hortaliça leva em média 40 dias para estar pronta para o consumo. Uma boa adubação e um bom manejo podem auxiliar a antecipar este ciclo,

otimizando, uniformizando e aumentando a produtividade, que por resultado, trará maiores lucros ao produtor.

Todo e qualquer cultivo de plantas depende de uma boa adubação, seja ela química e ou orgânica. De acordo com o Gráfico 2 observa-se que existe uma curva de aproveitamento máximo do fertilizante orgânico utilizado no experimento, onde a relação custo-benefício atingiu seu ápice. No entanto também deve ser observado o efeito deste fertilizante no solo e não somente à planta, se o solo absorverá e realizará a ciclagem da matéria orgânica, disponibilizará nutrientes e poderá armazená-los em seu interior. A relação do solo com adubação orgânica é de fato positiva neste aspecto conforme o Gráfico 2, se a dose é adicionada corretamente a cultura responde ao mesmo nível, a adubação orgânica desempenha um trabalho positivo em relação às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, causando efeitos condicionantes, aumentando a capacidade de armazenar os nutrientes necessários que a planta necessita para seu desenvolvimento.

Pesquisas para redução de custos com adubação, requerem uma ampla área de pesquisa e conhecimento, pois deve-se conhecer as exigências da cultura, condições edafoclimáticas da região, o tipo de solo onde será feito o plantio, a análise deste solo e a composição do fertilizante que está sendo aplicado. Os custos com adubação orgânica na horticultura têm aumentado devido às superdoses de adubação que muitas vezes os produtores aplicam por não ter esses conhecimentos, por hora o produtor aplica esse excedente tentando suprir a necessidade nutricional de algum nutriente específico, causando excesso de outros nutrientes que a longo prazo podem estar saturando o solo e prejudicando a produtividade (Goulart *et al.*, 2018).

Em experimentos cultivando variedades de alface sob adubação com base orgânica de cama de aves, tais como: crespa, roxa e americana, sendo que todas se mostraram superiores na avaliação final quando comparadas às testemunhas cultivadas com adubação mineral, diferindo em tamanho de cabeça, diâmetro de caule, número de folhas, tamanho de folhas, principalmente quando em segundo cultivo consecutivo com adubação orgânica. Isso mostra que o manejo contínuo com esta adubação é positivo e melhora a produtividade, a estrutura do solo, a fertilidade do solo positivando todo o investimento e manejo do produtor, que deve ser levado em consideração para a obtenção de bons lucros (Mendonça *et al.*, 2019).

Seguindo na lógica dos dados obtidos no Gráfico 2, Araújo *et al.* (2014), em pesquisa avaliando a produtividade de cebolinha submetida à adubação com cama de aves também, obtiveram resultados positivos em determinada dose do fertilizante, atingindo

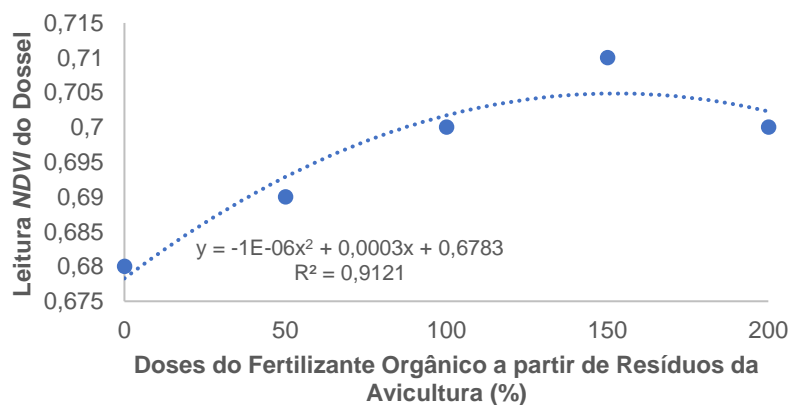
uma produtividade máxima na dose que foi avaliada como correta que foi 5 toneladas por hectare. Foram realizados testes como, diâmetro de bulbo, número de folhas, peso de folhas, peso de bulbo e peso total, todos os resultados destes testes forma os mais significativos com a dose de 5 toneladas de esterco por hectare. Também apontam que, doses acima dessa mostraram queda na produtividade, onde provavelmente a dose excessiva de nutrientes influenciou negativamente o metabolismo das plantas causando alguma fitotoxicidade resultando em queda de produtividade. Ao observar esses resultados, percebe-se que houve uma lógica ou até padrão do Gráfico 2, onde a adubação com cama de aves e produtividade apresentam a mesma tendência.

A análise de variância não revelou efeito significativo ($P>0,05$) das doses do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura em relação às variáveis respostas: Temperatura do Dossel, Leitura *SPAD* da Folha Apical, Leitura *SPAD* da Folha Mediana, Leitura *SPAD* da Folha Basal, Espessura do Talo e Número de Folhas Não Comerciais.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P\leq 0,05$) das doses do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura em relação às variáveis respostas: Leitura *NDVI* do Dossel e Número de Folhas Comerciais, ou seja, existe um modelo matemático que explica a influência da variável X (doses do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura) em relação à variável Y (Leitura *NDVI* do Dossel (Gráfico 3) e Número de Folhas Comerciais (Gráfico 4).

Conforme o Gráfico 3, as doses do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura influenciaram em 91,21% na Leitura *NDVI* do Dossel, respectivamente, apresentando um comportamento quadrático.

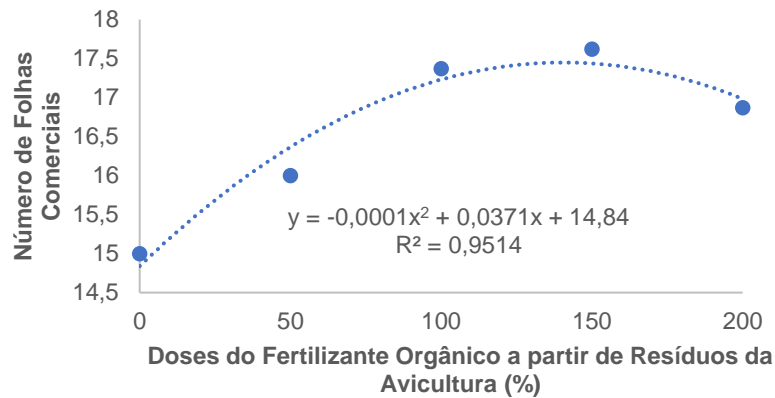
Gráfico 3 - Leitura *NDVI* do Dossel do experimento (Chapecó, SC – 2023)



Fonte: elaborado pelo autor.

Segundo o Gráfico 4, as doses do fertilizante orgânico a partir de resíduos da avicultura influenciaram em 95,14% no Número de Folhas Comerciais, respectivamente, apresentando um comportamento quadrático.

Gráfico 4 - Número de Folhas Comerciais do experimento (Chapecó, SC – 2023)



Fonte: elaborado pelo autor.

Estes resultados estão relacionados a utilização de novas tecnologias em sistemas de produção sustentáveis, sendo cada vez mais presentes em nosso dia-a-dia, principalmente em estudos específicos que utilizam adubação orgânica, em especial a cama de aves (Pinheiro, 2016).

Pacheco (2018), o NDVI é uma ferramenta que através de seus índices calculam as doses de N para as culturas em aplicações até mesmo em tempo real, na obtenção da máxima eficiência econômica, aliado é claro as inúmeras outras variáveis existentes reduzindo os custos de produção e melhorando a rendimento.

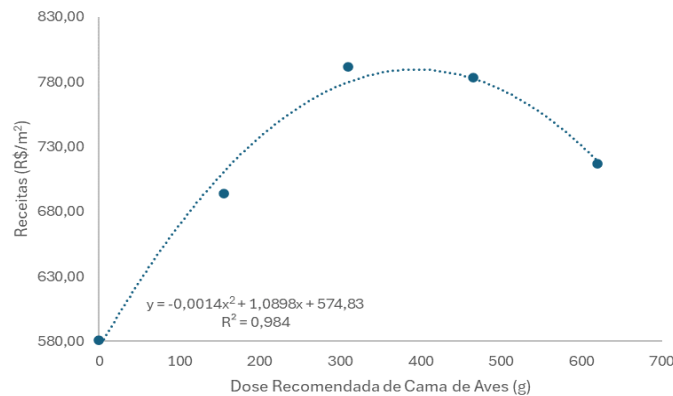
Com o uso de fertilizante orgânico na cultura da alface, percebe-se que a produtividade da cultura com resíduos orgânicos, está ligada à concentração da fonte nutricional e a composição dessas fontes. Podendo ocasionar aumentos significativos de produtividade, ou mesmo à qualidade da cultura, dependendo da concentração do produto, além de outros fatores (Moura, 2020).

Em experimento, utilizando fertilizantes orgânicos com base de esterco animais, eles proporcionaram um peso médio por planta de alface de 293,53 gramas. Já o com a utilização do fertilizante químico a massa fresca foi de em média 187,5 gramas por planta (Santos, 2016).

A ANOVA revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos tratamentos (Dose Recomendada de Cama de Aves (g)) em relação à variável Receitas ($R\$/m^2$), ou seja, existe um modelo matemático que explica a influência da variável X (tratamentos) em relação à variável Y (Receitas ($R\$/m^2$)) (Gráfico 5).

De acordo com o Gráfico 5 verifica-se que houve uma relação de causa e efeito entre a variável tratamentos e a variável Receitas (R\$/m²), ou seja, os tratamentos influenciam em 98,40% nas Receitas (R\$/m²), apresentando um comportamento quadrático.

Gráfico 5 - Receitas do experimento

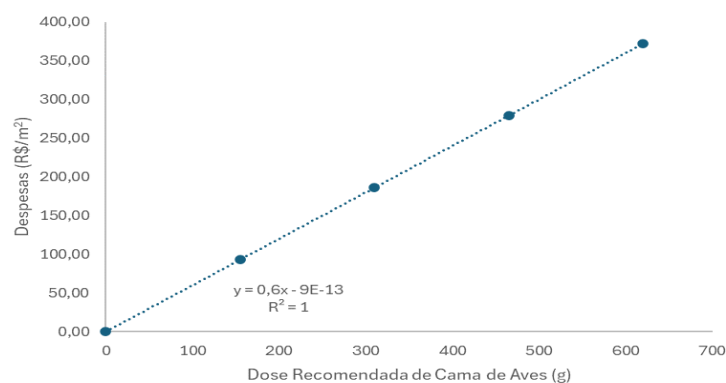


Fonte: elaborado pelo autor.

A ANOVA revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos tratamentos (Dose Recomendada de Cama de Aves (g)) em relação à variável Despesas (R\$/m²), ou seja, existe um modelo matemático que explica a influência da variável X (tratamentos) em relação à variável a variável Y (Despesas (R\$/m²)) (Gráfico 6).

Segundo o Gráfico 6 constata-se que houve uma relação de causa e efeito entre a variável tratamentos e a variável Despesas (R\$/m²), ou seja, os tratamentos influenciam em 100,00% nas Despesas (R\$/m²), apresentando um comportamento linear.

Gráfico 6 - Despesas do experimento



Fonte: elaborado pelo autor.

A ANOVA revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos tratamentos (Dose Recomendada de Cama de Aves (g)) em relação à variável Eficiência Econômica (R\$/m²), ou seja, existe um modelo matemático que explica a influência da variável X

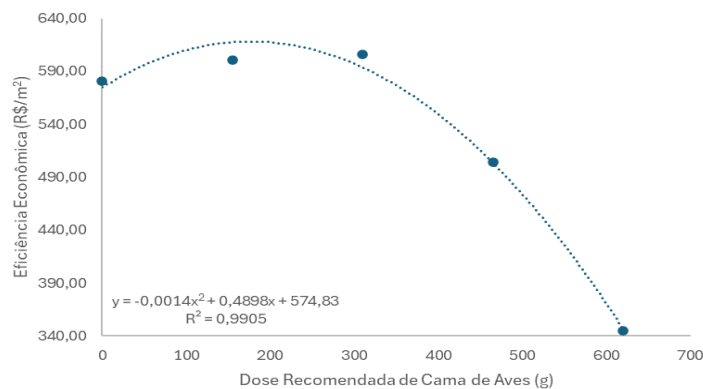
(tratamentos) em relação à variável a variável Y (Eficiência Econômica (R\$/m²)) (Gráfico 7).

Conforme o Gráfico 7 percebe-se que houve uma relação de causa e efeito entre a variável tratamentos e a variável Eficiência Econômica (R\$/m²), ou seja, os tratamentos influenciam em 99,05% na Eficiência Econômica (R\$/m²), apresentando um comportamento quadrático.

No Gráfico 7, é possível perceber que a dose econômica é de duzentas gramas por metro quadrado, onde a cultura atingiu sua máxima produtividade e o fertilizante atingiu sua máxima eficiência. É evidente que com o aumento da dose, a produtividade cai gradativamente, fazendo com que a eficiência econômica do fertilizante diminua assim como a produtividade, elevando os custos e perca significativa de produtividade.

Deve ser levado em consideração o fato de que, o produtor deve analisar seus lucros com o aumento da produtividade e o que ele evita de gastar desnecessariamente, como é o caso da dose além da recomendação, pois, é um dinheiro que além de estar sendo jogado fora praticamente, o excesso desta adubação poderá afetar os próximos cultivos, podendo causar um efeito negativo nas próximas safras.

Gráfico 7 - Eficiência econômica do experimento



Fonte: elaborado pelo autor.

A dose de adubação deve ser calculada de acordo com a cultura, seguindo suas exigências e necessidades. Também não se deve esquecer do solo, sempre realizando uma boa análise para poder calcular as doses de fertilizante a serem adicionadas.

Os excessos podem causar efeitos negativos em alface, como mostrou o Gráfico 2, Lima (2019), realizou um trabalho para desenvolvimento de mudas de pimenta de biquinho sob diferentes doses de adubação, em seus resultados as mudas apresentaram melhor desenvolvimento com uma dose calculada de adubação, a partir disso, o excesso do fertilizante comprometeu o desenvolvimento das mudas causando algum efeito

fitotóxico prejudicando a formação de mudas saudáveis e conseqüentemente a produtividade da pimenta foi afetada, pois as mudas não estavam em seu desenvolvimento razoável e sendo assim, obviamente que produtividade não foi boa, pois não atingiu seus níveis normais de produção causando prejuízos e perdendo produtividade por excesso de nutrientes.

Quando se trata de adubação para suprir a demanda que a planta necessita, leva-se em consideração que todos os nutrientes devem estar disponíveis a ela. Penteadó *et al.* (2023), trabalharam na pesquisa com alface roxa, e mostrou em gráfico a queda de produtividade com o aumento da dose de adubação orgânica. Apontaram que sempre que algum nutriente for ofertado a mais do que a planta necessita, outro nutriente se torna indisponível, causando uma série de fatores, como por exemplo, fitotoxicidade, baixa tolerância a estresse hídrico, menor número de folhas viáveis, menor peso, desenvolvimento radicular menos desenvolvido. Então, ao analisar a otimização e uniformidade de produtividade, a dose adequada de fertilizante sempre deve ser levada em consideração, mantendo o equilíbrio de nutrição no solo e na planta.

Outro fator relevante que muitas vezes está associado ao efeito negativo da dose excessiva de adubação orgânica, é a salinidade do solo. Pode ocorrer pelo excesso de adubação tanto orgânica quanto mineral. Bedin *et al.* (2022), em sua pesquisa com trigo submetido a diferentes doses de adubação orgânica, obtiveram alguns resultados negativos com o excesso de fertilizante, foram esses resultados: filhos menores, menor taxa de germinação, menor área foliar e menor sistema radicular. Ele aponta que isso se sucedeu devido à dose elevada de fertilizante orgânico adicionado ao solo antes do plantio, isso causa fitotoxicidade às plântulas de trigo, inibindo de alguma forma sua germinação e seu desenvolvimento.

Em cultivo protegido (estufas), que é o caso do presente trabalho, a irrigação é feita por mangueiras gotejadoras na linha de plantio, a água é direcionada à raiz da planta suprimindo suas necessidades hídricas. Então a planta tem facilidade de absorver nutrientes nessa pequena área onde ficam situadas suas raízes, tendo contato com os fertilizantes cheios de nutrientes. Porém se estes fertilizantes estiverem em excesso e solubilizados com a água proveniente da irrigação, a planta pode absorver nutrientes além do necessário e isso pode causar a fitotoxicidade prejudicando o desenvolvimento e produtividade.

Em um estudo com o intuito de avaliar a qualidade química e biológica do solo com diferentes fontes e doses de adubação orgânica, Schalleberger *et al.* (2018), perceberam que o excesso de cama de aves no solo pode contaminar cursos d'água, e

recursos hídricos em geral. Então os autores apontaram que deve haver um monitoramento constante do solo, ajustando a adubação e os manejos conforme resultados de análises frequentes.

CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi conduzido, os resultados obtidos permitem concluir que, a dose de 310 gramas do material orgânico para cada metro quadrado de solo (100% da dose recomendada) proporciona os melhores resultados, sendo considerado um produto tecnicamente adequado, ecologicamente correto, socialmente justo e economicamente viável.

REFERÊNCIAS

- Bedin, F. *et al.* Efeito de doses de adubo orgânico no desenvolvimento inicial de plantas de trigo. **Revista Ciência Agrícola**, v. 20, n. 3, p. 13-20, 2022.
- Goulart, R. G. T. *et al.* Desempenho agrônômico de cultivares de alface sob adubação orgânica em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 3, 2018.
- Lima, A. S.; Vaz, G. A. **Desenvolvimento e produtividade de pimenta biquinho cultivadas com diferentes concentrações de adubo orgânico**. 2019.
- Mendonça, B. S. *et al.* **Efeito da adubação a base de cama de frango no cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2019.
- Pacheco, E. P. *et al.* **Estudo preliminar para recomendação de adubação nitrogenada na cultura em função do NDVI calculando a partir de imagens aéreas**. Congresso Brasileiro de Agricultura de precisão - ConBAP-Anais. Curitiba, 2018.
- Penteado, V.; Olinik, J. R.; Schiebelbein, L. M. Produtividade da alface roxa com diferentes doses de adubação orgânica em coberturas de solo distintas (Agronomia). **Repositório Institucional**, v. 1, n. 1, 2023.
- Pinheiro, R. Agricultura de precisão - Estudos de uma tecnologia favorável, na suscitação de melhoras na qualidade de técnicas empregadas no campo por José Paulo Molin. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**. Tupã, 2016.
- Santos, M. T. dos. **Análise do custo, volume e resultado da cultura da soja em três áreas distintas de uma empresa rural**. Unijuí – Universidade Regional. Ijuí, 2017.
- Schalleberger, J. B. *et al.* Efeito da utilização de cama de aviário como adubo orgânico na qualidade química e microbiológica do solo. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 580-592, 2019.