

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E FRAÇÕES DO CARBONO
ORGÂNICO DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ADUBOS
ORGÂNICOS**

GABRIELLE MACHADO CHRISTAN

Jaboticabal - SP

2º Semestre/2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E FRAÇÕES DO CARBONO
ORGÂNICO DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ADUBOS
ORGÂNICOS**

GABRIELLE MACHADO CHRISTAN

Orientadora: Profa. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz

Coorientadora: Dra. Roberta Souto Carlos

Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias -
UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para
graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP

2º Semestre/2025

C554d	Christan, Gabrielle Machado Disponibilidade de nutrientes e frações do carbono orgânico do solo em função da aplicação de adubos orgânicos / Gabrielle Machado Christan. -- Jaboticabal, 2025 63 p. : tabs., fotos Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientadora: Mara Cristina Pessoa da Cruz Coorientadora: Roberta Souto Carlos 1. Adubos compostos. 2. Reaproveitamento de produtos orgânicos. 3. Fertilidade do solo. 4. Teor de carbono. 5. Adubação orgânica. I. Título.
-------	--

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DEPARTAMENTO: CIÊNCIA DO SOLO

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: Disponibilidade de nutrientes e frações do carbono orgânico do solo em função da aplicação de adubos orgânicos

ACADÊMICO: Gabrielle Machado Christan

CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR (ES): Profa. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz
Dra. Roberta Souto Carlos

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes)

(Assinaturas)

Presidente Profa. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz

Mara Cristina Pessôa da Cruz

Membro Prof. Dr. Fábio Luiz Checchio Mingotte

Fábio Luiz Checchio Mingotte

Membro Dra. Denise de Lima Dias Delarica

Denise de Lima Dias Delarica

Jaboticabal 31 / 07 / 2025

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

04 / 08 / 2025

Aprovado Ad Referendum do
Conselho do Departamento

p/
[Assinatura]

Chefe do Departamento

Ofereço este trabalho à Deus, a meus pais pelo amor incondicional, e à Gaia pelo carinho, lealdade e por ser minha fiel companheira.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a *Santíssima Trindade*. Pai, Filho e Divino Espírito Santo, por terem me concedido perseverança e por terem iluminado meu caminho.

À Maria Santíssima por toda sua graça e intercessão.

À minha mãe Roseli Aparecida Machado Christan e ao meu pai Rodrigo Christan por me darem todo amor, por estarem comigo nos meus melhores e piores momentos e, principalmente, por me ensinarem que todos os dias posso ser melhor.

Ao André Luiz Fernandes que, com muito amor, sempre me acompanhou e esteve ao meu lado durante este período, me apoiando e me fazendo sorrir.

À minha orientadora, Profa. Mara Cristina Pessôa da Cruz, a minha gratidão por seus ensinamentos.

À minha coorientadora, Dra. Roberta Souto Carlos, pelo auxílio na condução do projeto e por se tornar uma grande amiga.

Aos meus amigos do Laboratório de Fertilidade do Solo pelo auxílio durante a realização dos trabalhos.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV/Unesp, Campus de Jaboticabal-SP, e a todos os docentes que foram meus professores.

DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E FRAÇÕES DO CARBONO ORGÂNICO DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ADUBOS ORGÂNICOS

Resumo

Os fertilizantes orgânicos têm ganhado destaque como alternativa ou complemento aos adubos industriais usados na agricultura. Vários adubos orgânicos são usados há milênios, mas novas possibilidades têm surgido, como os compostos produzidos a partir de plantas e animais mortos. A compostagem dos resíduos de pescado tem potencial diferenciado por causa da mortalidade natural alta e pelos descartes no processamento. Todavia, é uma atividade ainda pouco estudada e explorada no Brasil. Portanto, o objetivo com esse trabalho foi avaliar os efeitos do composto de pescado e outros adubos orgânicos na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do carbono do solo nas frações lábil, moderadamente lábil e estável. O experimento foi instalado em condições de laboratório, usando amostra de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico textura média coletado na camada de 0-20 cm. Os tratamentos foram esterco bovino, cama de frango, composto de pescado, lodo de esgoto e torta de filtro, em doses equivalentes a 0 e 10 t ha⁻¹ (base seca). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial completo, com quatro repetições. As amostras de solo foram incubadas a 50% da capacidade de retenção de água por 60 dias e, ao final foram avaliados a disponibilidade de K, Ca, Mg, a acidez e a distribuição do carbono do solo nas frações lábil, moderadamente lábil e estável. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, empregando o teste de F e, em caso de significância, foi feita comparação de médias, empregando teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do software AgroEstat. O composto de pescado apresentou equivalência para liberação de nutrientes em comparação aos outros adubos avaliados, visto que forneceu K e Ca em quantidades comparáveis à cama de frango. Nas frações do carbono orgânico analisadas, o composto de pescado apresentou tendência positiva ao resultar em incremento nos teores da fração estável, associada à formação de agregados. O composto de pescado mostrou-se uma alternativa promissora à adubação ao demonstrar desempenho agrônômico semelhante e, em determinadas condições, superior ao de fontes tradicionais como cama de frango, esterco bovino, composto de lodo e torta de filtro, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis.

Palavras-chave: cama de frango, composto de pescado, esterco bovino, lodo de esgoto, torta de filtro, nutrientes, carbono orgânico

NUTRIENT AVAILABILITY AND SOIL ORGANIC CARBON FRACTIONS AS A FUNCTION OF ORGANIC FERTILIZER APPLICATION

Abstract

Organic fertilizers are prominent as an alternative or complement to industrial fertilizers used in agriculture. Various organic fertilizers have been used for millennia, but new possibilities are emerging, such as composts produced from dead plants and animals. The composting of fishing waste has unique potential due to high natural mortality and waste during processing. However, it is an activity still little studied and explored in Brazil. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of fishing compost and other organic fertilizers on nutrient availability and the distribution of soil carbon in the labile, moderately labile, and stable fractions. The experiment was conducted under laboratory conditions, using a sample of an eutrudox with sandy clay texture collected in a 0-20 cm layer. The treatments were cattle manure, poultry litter, fish compost, sewage sludge, and filter cake, at doses equivalent to 0 and 10 t ha⁻¹ (dry basis). The experimental design was original, randomized, in a complete factorial arrangement, with four replicates. The soil samples were incubated at 50% water holding capacity for 60 days. At the end, the availability of K, Ca, and Mg, acidity, and the distribution of soil carbon into labile, moderately labile, and stable fractions were evaluated. The results were subjected to analysis of variance using the F test, and if significant, the data were evaluated by comparison of means using Tukey's test at 5% probability, using AgroEstat software. The fish compost has equivalence in nutrient release compared to other fertilizers evaluated, as it presented K and Ca in quantities comparable to poultry litter. In the organic carbon fractions, the fish compost showed a positive trend, resulting in an increase in the stable fraction levels, associated with aggregate formation. Fish compost presents itself as a promising alternative to fertilizer, demonstrating agronomic performance similar to and, under certain conditions, superior to traditional sources such as poultry litter, cattle manure, sludge compost, and filter cake, contributing to more sustainable agricultural practices.

Keywords: poultry litter, fish compost, cattle manure, sewage sludge, filter cake, nutrients, organic carbon

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Cama de frango	7
2.2 Esterco bovino	10
2.3 Lodo de esgoto	13
2.4 Torta de filtro	16
2.5 Composto de pescado	19
2.6 Comparação entre os adubos orgânicos e efeitos na matéria orgânica do solo	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Acidez e disponibilidade de nutrientes	29
4.2 Carbono orgânico do solo	35
5. CONCLUSÕES	39
6. LITERATURA CITADA	41

1. INTRODUÇÃO

O aumento da produção agrícola está intimamente ligado a vários fatores como solo, manejo, adubação, disponibilidade de água e potencial genético da espécie cultivada, entre outros. Desse modo, produzir não é uma tarefa fácil, sobretudo quando se somam aos problemas existentes, a insegurança causada pelas mudanças climáticas e a necessidade de garantir a segurança alimentar (BERNARDI, 2025).

Nesse contexto, é essencial alinhar o desenvolvimento agrícola aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU, os quais direcionam os sistemas produtivos rumo à sustentabilidade e à conservação dos recursos naturais. Inserido nessa perspectiva, o uso de fertilizantes orgânicos tem ganhado destaque como alternativa ou complemento aos adubos industriais, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis.

No conjunto dos adubos orgânicos mais usados no Brasil estão a vinhaça e o dejetos líquido de suínos, que são suspensões, e a cama de frango, o esterco bovino, a torta de filtro e o lodo de esgoto, que são sólidos.

A compostagem desses resíduos tem vários aspectos favoráveis como a redução de volume, a eliminação de odores e o controle de patógenos, e pode ser usada também para destinar adequadamente as carcaças e vísceras de animais mortos. Certamente essa atividade necessita de gerenciamento adequado para evitar problemas ambientais e de saúde pública (GALVÃO, 2019), mas se bem executada, resulta em produtos de boa qualidade para aplicação no solo.

Qualquer que seja o produto aplicado, há ganho na disponibilidade de nutrientes obedecendo ao potencial de fornecimento de cada um e, com aplicações repetidas, há aumento nos teores de carbono do solo.

O composto de pescado com materiais vegetais, pela composição e pelo tempo de estabilização na leira, deve contribuir de forma diferente na disponibilização de nutrientes e para as frações da MO do solo, em comparação com o lodo de esgoto e com os esterco bovino e de aves, mas essa é uma questão que ainda demanda estudos, porque a compostagem de animais mortos é uma atividade ainda pouco explorada no Brasil.

A demonstração de equivalência ou a valorização do composto de pescado frente aos outros, muito mais volumosos, é um estímulo para que a compostagem seja feita, evitando descarte incorreto, viabilizando a reciclagem de nutrientes e a melhoria da qualidade do solo.

Desse modo, o objetivo com o presente trabalho foi avaliar os efeitos do composto de pescado e de outros adubos orgânicos na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do carbono do solo nas frações lábil, moderadamente lábil e estável.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em conjunto com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), até 2032 haverá necessidade de aumento de 1,1 a 1,3% ao ano na produção mundial agrícola e de carnes (CNA, 2023). Como consequência do aumento de produção há aumento na geração de resíduos, tanto oriundos das atividades humanas, quanto da produção de animais e vegetais.

A indústria agrícola, de modo geral, depende fortemente dos adubos para garantir alta produtividade e qualidade na produção de alimentos. Desse modo, para produzir mais há aumento na dependência de fertilizantes industriais e produtos fitossanitários, com uso mais intensivo do solo e dos recursos naturais, o que pode acelerar os processos de degradação e desequilíbrio dos sistemas de produção (LIMA FILHO et al, 2023). Esse cenário reforça a necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis, como a adoção da adubação orgânica e a

implementação de técnicas de manejo que visam otimizar a nutrição das plantas sem comprometer a qualidade do meio ambiente.

Com o aumento das preocupações ambientais, o alto custo dos fertilizantes industriais e a crescente busca por práticas de manejo sustentável, a adubação orgânica voltou a ganhar destaque (PEREIRA et al., 2013). Essa prática, utilizada desde os primórdios da agricultura, teve seu uso reduzido com o avanço das tecnologias e a introdução dos fertilizantes industriais.

Há vários exemplos no mundo que demonstram a viabilidade desse reaproveitamento. Na Índia, comunidades rurais utilizam compostagem com restos agrícolas e esterco bovino, reduzindo a geração de lixo e simultaneamente elevando a produtividade das lavouras. Na Alemanha, há instalações de biogás que convertem resíduos agrícolas em energia limpa, e nos Estados Unidos algumas propriedades adotam a integração lavoura-pecuária. Essas iniciativas comprovam que os resíduos podem ser reinseridos no ciclo produtivo de maneira eficiente e vantajosa (DUSSADEE; RAMARAJ, 2023).

Atualmente, existe uma crescente renovação da cadeia de produção nacional de fertilizantes, com destaque para as oportunidades geradas por produtos emergentes, como os fertilizantes organominerais e orgânicos, os subprodutos com potencial de uso agrícola, os bioinsumos, as biomoléculas, os remineralizadores e os nanomateriais (BRASIL, 2022).

Pelo fato da grande demanda por alimentos e da crise dos adubos intensificados pela pandemia da COVID 19, estudos de mapeamento tecnológico de patentes na área de fertilizantes mostram que o top 3 do ranking são China, Alemanha e Austrália (Figura 1). Estes países investem em pesquisas relacionadas a insumos orgânicos em substituição a fontes não renováveis, como o uso de resíduos orgânicos para recomposição biológica e a reciclagem de resíduos orgânicos como insumo para produção de fertilizantes. O Brasil ocupa a 13ª posição (Figura 1) dentre os 15 principais países depositantes (BRASIL, 2022).

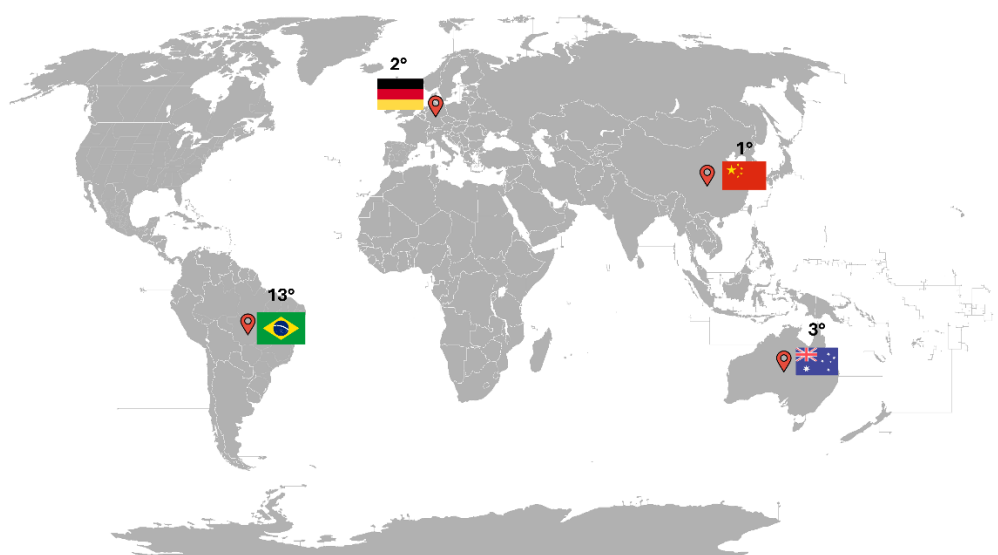


Figura 1. Mapeamento tecnológico de patentes na produção de fertilizantes a base de cama de frango.

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Apesar de todos esses avanços, a adubação orgânica com resíduos não processados ou minimamente processados, continua sendo uma estratégia prática e vantajosa de reciclagem de nutrientes dentro dos sistemas de produção, desde que seja bem manejada.

Os subprodutos com possível capacidade de aproveitamento na agricultura são oriundos do consumo e descarte de resíduos orgânicos pela população, pela exploração mineral e por atividades do agronegócio, sendo eles destinados ao aterramento se não forem reaproveitados (BRASIL, 2022).

Tendo em vista o aumento da procura, os adubos orgânicos mais utilizados que podem ser citados são: esterco bovino, de galinha e de suíno, torta de mamona, adubos verdes, turfa, lodo de esgoto, resíduos da fabricação de álcool e açúcar e resíduos do processamento de frutos (PEREIRA et al., 2013).

Além disso, na cadeia da produção animal, além dos dejetos, são considerados resíduos os restos de animais provenientes da mortalidade ou de processamento, como carcaças e subprodutos não aproveitados que são ricos em nutrientes, proteínas, aminoácidos, lipídios e colágeno, que podem ser reaproveitados em diversas cadeias produtivas, e apresentam grande potencial de transformação em insumos com valor comercial (LOPES et al., 2021).

A geração de resíduos do setor pesqueiro, no Brasil, é desafiadora, pois 50% do volume processado diariamente nas indústrias é resíduo sólido, composto por cabeças, vísceras, escamas, peles e espinhas, que é descartado diversas vezes de forma inadequada (BRANDÃO, 2022), causando sérios impactos ambientais.

Essa realidade evidencia a necessidade de alternativas sustentáveis para o reaproveitamento dos resíduos, e uma das vias de menor custo é a compostagem. Através da compostagem dos resíduos da cadeia pesqueira é gerado um composto orgânico que pode ser utilizado na agricultura como fornecedor de nutrientes e melhorador da qualidade do solo (TEODORO; PEREIRA, 2021). Desse modo, abre-se um mercado promissor para o que antes era descartado.

A técnica de compostagem é uma via de tratamento e reaproveitamento que se aplica a muitos tipos de resíduos. Durante a compostagem ocorre a degradação controlada da fração orgânica, sob ação dos microrganismos. Como o processo é biológico, as condições de umidade, temperatura, aeração (nível de oxigênio) e balanço de nutrientes (relação C/N) vão ter efeito direto na velocidade de degradação, no rendimento e na qualidade do produto (EMBRAPA, 2021).

A relação carbono/nitrogênio (C/N), no conjunto dos fatores, está entre os que mais influenciam a comunidade e a atividade microbiana que irá processar os resíduos, incidindo sobre o tempo de completa decomposição ou humificação (TEODORO, 2016). A compostagem é uma estratégia promissora de valorização dos resíduos, uma vez que o produto é um adubo orgânico de alta qualidade, com grande potencial para ser aplicado em cultivos orgânicos.

Dessa forma, a aplicação desses compostos influencia diretamente os atributos físicos do solo, como densidade, porosidade e umidade, assim como os atributos químicos, como teor de matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes e CTC (PEREIRA, 2016), e os biológicos, como estimulação da

atividade biológica, liberação de nutrientes por mineralização e proteção contra doenças (EMBRAPA, 2022).

Efeitos benéficos da utilização de compostos produzidos com resíduos de origem vegetal e carcaças de animais já foram relatados. SOUZA et al. (2012), fizeram uso das doses 0, 5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹ de composto orgânico proveniente de resíduos de abate de caprinos e ovinos em LATOSSOLO VERMELHO e observaram que a aplicação do composto aumentou os valores de pH e índice de saturação por bases (V%), e os teores de matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, B e S-SO₄²⁻, além de apresentar efeitos positivos na CTC.

No trabalho citado anteriormente, acompanhou-se também o aumento de pH e de V% e foi obtido diminuição na acidez total (H+Al) e nos teores de Fe, Mn e Al, indicando que, quando manejados adequadamente e com as aplicações de doses corretas, há um efeito positivo do uso de resíduos na fertilidade do solo.

Com esse entendimento, é preciso conciliar as práticas de adubação convencionais, apoiadas no uso de adubos industriais, com estratégias alternativas, desde que haja viabilidade econômica.

Entre os adubos orgânicos com maior potencial de uso no Brasil estão a cama de frango, o esterco bovino, o lodo de esgoto e a torta de filtro. Cada material apresenta composição e efeitos específicos dentro dos sistemas agrícolas, que serão apresentados nos próximos itens. O composto de pescado, comparado a eles, apresenta vantagens e desvantagens, e suas características também serão apresentadas na sequência.

2.1 Cama de frango

A cama de frango é um resíduo orgânico oriundo do sistema de criação avícola, composto pela mistura de fezes, penas, restos de ração e pelo substrato da forração dos pisos dos galpões, normalmente pó de serra e resíduos da indústria de madeira. Ela é fonte considerável de N, K, Ca, P, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Na, B e Mo (MIELE; MILAN, 1983) (AVILA et al., 1992), e é obtida após

diversos lotes de criação, normalmente 4 a 6 ciclos (ASSIS et al., 2011). Ao longo do tempo, esse material se transforma (Figura 2) e acumula nutrientes provenientes dessa mistura, tornando-se um subproduto com grande potencial agronômico.



Figura 2. Galpão de produção de aves com exposição da cama de frango.
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Do ponto de vista nutricional, a cama de frango apresenta altos teores principalmente de nitrogênio (N) e cálcio (Ca), com médias de $29,20 \text{ g kg}^{-1}$ e $50,88 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Para os micronutrientes, destacam-se o ferro (Fe) e zinco (Zn), com médias de 6.203 e 427 mg kg^{-1} (Tabela 1). Porém, essa concentração pode variar significativamente de acordo com a idade das aves, a quantidade de aves na mesma cama, o tipo de substrato e a estratégia nutricional adotada na granja (BOTTREL et al., 2023).

Pelo fato de a produção avícola ter um grande potencial, o destino adequado dos resíduos é uma preocupação de ordem pública, pois a produção da cama de frango tem capacidade considerável de poluição e degradação

ambiental (BOTTREL et al., 2023), uma vez que sua produção supera a capacidade de degradação. Diante disso, é essencial buscar alternativas sustentáveis para o aproveitamento desses resíduos, como o reaproveitamento na agricultura (VITTO et al., 2022).

Tabela 1. Composição química da cama de frango, segundo vários autores¹.

Fonte	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	pH
			g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹			
Valadão et al. (2011)	18	30	2	64	6,9	2,1	106	1803	122	289	8,8**
Santos (2011)	67	11	26	22	2,7	-	69	8360	460	610	-
Assis et al. (2011)	47	13	17	18	4,8	-	-	-	-	-	-
Vitto et al. (2022)	12	15	14	47	3,1	-	42	4122	330	239	8,6**
Silva et al. (2023)	24	14	36	131	18,6	6,2	515	14430	848	711	-
Irineu (2024)	14	1	6	12	8,8	-	-	-	-	-	7,9*
Sustakowski et al. (2025)	30	10	12	47	9,4	12,7	-	-	-	-	8,1**
Sustakowski et al. (2025)	25	19	22	110	57	14,5	-	-	-	-	7,6**
Sperandio et al. (2021)	41	13	21	32	11,8	10	105	2300	122	285	8,7*
Neves et al. (2021)	14	6	20	26	5,1	3,5	-	-	-	-	-
Média	29	13	20	51	12,8	8,2	167	6203	377	427	
Intervalo	12 – 67	1 – 30	2 – 36	12 – 131	2,7 – 57	2,1 – 14,5	42 – 515	2300 – 14430	122 – 848	285 – 711	

* Valores de pH em água; ** valores de pH em CaCl₂

¹ Dados organizados pela autora

A cama de frango é amplamente utilizada na agricultura como fertilizante orgânico, por ser rica em carbono orgânico, cerca de 39% (VALADÃO et al., 2011) e, por isso, contribuir para a formação da matéria orgânica do solo.

O aumento do teor de MO contribui para agregação e estabilização da estrutura do solo, aumentando tanto a retenção quanto a infiltração de água (SANTOS et al., 2014), além de apresentar altos teores de macro e micronutrientes (FAPERJ, 2019), e ser um resíduo produzido em grandes quantidades. Sua aplicação melhora a fertilidade do solo através do aumento dos teores de matéria orgânica, do estímulo a atividade microbiana (CORREA; MIELE, 2011), além de favorecer o aumento do pH do solo (ZHANG et al., 2001) e a disponibilidade dos nutrientes.

Do ponto de vista técnico, o uso da cama de frango é recomendado após compostagem, porque ao processo favorece a concentração de substâncias húmicas e, assim, a maior parte do nitrogênio entra no solo na forma orgânica (BENITES, 2010). Além disso, apresenta benefícios econômicos, reaproveitando o resíduo integrando com outras atividades agrícolas e contribuindo para um manejo mais sustentável (WANG et al., 2022).

2.2 Esterco bovino

O esterco bovino é formado pelos dejetos sólidos e líquidos, principalmente fezes e urina, resultantes da criação de bovinos. Quando adequadamente manejado, ele se transforma de passivo ambiental para insumo valioso, sendo utilizado na produção agrícola de forma sustentável, aumentando a fertilidade do solo e contribuindo para a produção de alimentos de forma mais econômica.

Em 2022, o rebanho bovino brasileiro chegou a 234,4 milhões de cabeças (IBGE, 2023). Como consequência, o volume de resíduos gerados é muito grande, já que os dejetos representam, em média, 10% do peso corporal dos animais, e a estimativa é que cada bovino produza de 30 a 48 kg de dejetos por dia (KONZEN; ALVARENGA, 2021).

Em sistemas confinados, a quantidade de esterco produzida por animal é maior, variando entre 25 e 30 kg por dia, enquanto nos sistemas semiconfinados o valor médio é menor, situando-se entre 10 e 15 kg por animal ao dia (Figura 3), conforme dados da Embrapa (MEDEIROS, et al. 1981).



Figura 3. Produção de gado de leite com coleta e enleiramento do esterco.
Fonte: Arquivo pessoal da autora

O esterco bovino é uma fonte rica, principalmente, em N e K, com médias de $16,28 \text{ g kg}^{-1}$ e $20,43 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. No conjunto dos micronutrientes destacam-se o Fe e o Mn, com médias de 4.692 e 279 mg kg^{-1} , respectivamente (Tabela 2).

A concentração dos nutrientes é variável em função da alimentação, idade e manejo dos animais (ZONTA et al., 2023). O esterco bovino é usado com bastante frequência por apresentar até 5,1% de N em esterco de vacas leiteiras. Todavia, é necessário atentar ao fato de que sua composição pode não atender plenamente às necessidades de adubação (SEVERINO et al., 2006), o que pode ocorrer também com os outros adubos orgânicos.

Tabela 2. Composição química do esterco bovino, segundo vários autores¹.

Fonte	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	pH
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
Irineu (2024)	11	0,1	0,3	17	7,3	-	-	-	-	-	7,4*
Eckhardt et al. (2021)	22	11	25	-	-	-	-	-	-	-	8,1*
Borges; Ferreira (2021)	9	21	7	13	1,9	0,5	1	420	-	8	7,3**
Rocha (2021)	17	0,6	73	10	2,1	-	-	-	-	-	8,7*
Santos (2021)	20	0,8	7	20	3,8	-	-	-	-	-	8,1*
Cardoso et al. (2009)	-	-	-	-	-	-	15	8964	279	64	-
Eckhardt et al. (2024)	22	11	25	-	-	-	-	-	-	-	8,4*
Passos et al. (2022)	-	9	11	21	12,1	-	-	-	-	-	-
Neves et al. (2021)	13	2	16	8	3,2	3,0	-	-	-	-	-
Média	16	7	20	15	5,1	1,7	8	4692	279	36	
Intervalo	9 – 22	0,1 – 21	0,3 – 73	8 – 21	1,9 – 12,1	0,5 – 3,0	1 – 15	420 – 8964	279	8 – 64	

* Valores de pH em água; ** valores de pH em CaCl₂

¹ Dados organizados pela autora

Na agricultura, o uso do esterco bovino é uma prática milenar, pois auxilia no fornecimento de nutrientes para as plantas, melhora os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, interfere nas interações entre microrganismos do solo, melhora a estrutura e a estabilidade dos agregados, aumenta a capacidade de infiltração de água, a aeração e a penetração radicular (COSTA et al., 2011).

Além disso, sua utilização contribui com o acúmulo de carbono no solo, como demonstrado no estudo de SOUZA et al. (2008), que utilizaram aplicação contínua de esterco em áreas de agricultura familiar cultivadas com batatinha e erva-doce consorciadas e usadas na produção de milho, feijão mulatinho, feijão-de-corda, mandioca e fava. O estudo revelou que houve acúmulo de até 20 Mg ha⁻¹ de C, além de ganho na disponibilidade de nutrientes.

Entretanto, o uso inadequado do esterco bovino pode trazer impactos negativos ao meio ambiente, por causar contaminação do solo e dos recursos hídricos, e por afetar as plantas diretamente inibindo a germinação de sementes e o alongamento de raízes (SEDIYAMA et al., 2008). É importante também que, antes do uso, sejam adotadas práticas de estabilização desses resíduos para

diminuir o impacto ambiental (BÉRGAMO et al., 2025) e favorecer sua correta utilização.

O reaproveitamento do esterco bovino como fertilizante está diretamente ligado aos princípios da agricultura sustentável, pois promove o reaproveitamento de resíduos e a ciclagem de nutrientes. Quando manejado de forma correta, o esterco bovino representa uma alternativa econômica e ambientalmente viável para a fertilização do solo, contribuindo para a produtividade agrícola e a preservação dos recursos (BÉRGAMO et al., 2025).

2.3 Lodo de esgoto

O lodo de esgoto (LE) é um resíduo sólido, subproduto do tratamento do esgoto domiciliar e industrial nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) (TERA AMBIENTAL, 2022). O destino dos efluentes gerados pelo descarte doméstico, industrial e agropecuário é, atualmente, uma grande preocupação, pois o crescimento da população, atrelado ao consumo desenfreado, causa grande produção de resíduos.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), no ano base de 2019-2020 foram geradas 113.953,81 toneladas de resíduos de serviços públicos de saneamento básico de ETEs no Estado de São Paulo, as quais foram destinados ao tratamento e direcionados a aterros sanitários.

Entre as alternativas mais viáveis para o LE está o uso agrícola, convertendo o resíduo tratado em fertilizante orgânico rico em nutrientes. O LE contém altos teores de N e Ca, com médias de 16,54 g kg⁻¹ e 36,1 g kg⁻¹, respectivamente. Para os micronutrientes, destacam-se Fe e Zn, com teores médios de 12.012 e 705 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Além dos nutrientes em destaque, a composição do lodo em P é também uma característica de interesse.

Estima-se que as reservas naturais de P serão suficientes para mais 100 anos de utilização nas lavouras, e a escassez futura desse nutriente representa um grande desafio para a agricultura global (FORBES AGRO, 2025). Além da limitação física, 70% das reservas mundiais de fosfato estão no Marrocos e no Saara Ocidental, onde atualmente há tensões geopolíticas e econômicas e a extração de fósforo impõe sérios impactos ambientais.

Tabela 3. Composição química do lodo de esgoto, de acordo com vários autores¹.

Fonte	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	pH CaCL ₂
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
Afaz et al. (2017)	17	11	12	19	3,1	8,7	600	2300	500	1300	7,4
Guimarães et al. (2022)	7	16	2	15	2,1	8,1	-	-	-	1433	-
Zuba Junio et al. (2011)	-	-	-	-	-	-	82	-	-	304	-
Alves (2024)	14	12	6	19	5,2	4,8	237	16400	246	456	7,0
Alves (2024)	15	14	8	31	9,9	8,4	191	14708	310	684	7,3
Alves (2024)	11	17	5	42	11,3	7,3	246	12405	591	1083	8,0
Santos (2022)	24	10	9	46	12,6	9,6	2	1	15	19	-
Farias (2024)	16	8	9	36	8,0	8,4	267	12718	560	578	-
Silva (2022)	25	10	9	36	9,5	8,7	435	-	-	-	7,0
Silva (2022)	24	10	11	48	15,4	13,1	297	-	-	-	7,3
Prates (2024)	16	10	9	59	19,7	7,4	268	18900	503	530	7,6
Prates (2024)	14	12	10	46	12,6	11,7	289	18666	624	664	7,6
Média	17	12	8	36	10,0	8,7	265	12012	419	705	
Intervalo	7 – 25	8 – 17	2 – 12	15 – 59	2,1 – 19,7	4,8 – 13,1	2 – 600	1 – 18900	15 – 624	19 – 1433	

¹ Dados organizados pela autora

As concentrações de nutrientes no LE podem variar em função da origem e do processo de tratamento. Todavia, o lodo normalmente apresenta 40% de matéria orgânica, 4% de N, 2% de P e micronutrientes como Zn, Cu, Fe, Mn e Mo que, ao serem processados e incorporados, são de grande interesse agrônomo (BETTIOL; CAMARGO, 2006).

O LE compostado pode ser utilizado como adubo em solos agrícolas, reflorestamentos e recuperação de áreas degradadas (LUCON, 2012). Segundo

PAIVA et al. (2009), quando tratado e estabilizado, o LE tem denominação de biossólido, que além de fornecer os nutrientes também age no condicionamento do solo, melhorando a densidade, porosidade e capacidade de retenção de água. Seu uso agrícola contribui significativamente para a sustentabilidade ambiental, uma vez que reduz o volume de resíduos destinados a aterros sanitários.

Apesar dos benefícios, o uso de lodo de esgoto requer cuidados rigorosos devido à possibilidade de contaminação por metais pesados, pois em sua composição há também a presença de elementos como Pb, Hg, Cd, Cr, As e Se, que não apresentam funções nutricionais, sendo tóxicos às plantas e aos animais. Contudo, esses elementos ocorrem naturalmente nos solos, em concentrações muito baixas. Desse modo, deve-se atentar para a dose de aplicação e a concentração disponível no solo (BETTIOL; CAMARGO, 2006; RODRIGUES, 2023), além de ser essencial realizar análises químicas e microbiológicas antes da aplicação para garantir sua eficácia e segurança à saúde humana, animal e ao meio ambiente.

Para promover a segurança ambiental e sanitária, é fundamental obedecer à legislação vigente, como a Resolução CONAMA nº 498/2020, que estabelece critérios para o uso agrícola do lodo e a Resolução Técnica da CETESB P4.230/2021, que estabelecem diretrizes e critérios para projeto e operação na aplicação de lodo de sistema de tratamento biológico de efluentes líquidos sanitários em solo.



Figura 4. Lodo de esgoto em processo de compostagem.

Fonte: Acervo pessoal: Dra. Roberta Souto Carlos

2.4 Torta de filtro

A torta de filtro é originada do processamento industrial da cana-de-açúcar, especificamente da etapa de purificação do caldo, e é constituída de uma mistura de bagaço moído e lodo da decantação (Santos et al., 2012). Segundo SILVEIRA et al. (2019), para cada tonelada de cana moída são produzidos cerca de 40 kg de torta de filtro. O fósforo (P) é o nutriente presente em maiores concentrações na torta, sendo 50% do total na forma prontamente disponível, e o restante em um conjunto de formas orgânicas que mineralizam lentamente após aplicação no solo (EMBRAPA, 2022).

A torta é constituída, principalmente, por material orgânico, partículas de solo, restos de cana, além de nutrientes, como o P, já mencionado, o N, o K e o Ca, com médias de $19,32 \text{ g kg}^{-1}$, $16,17 \text{ g kg}^{-1}$ e $15,72 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Dentre os micronutrientes, destacam Fe e Mn, com médias de $11.815,83 \text{ mg kg}^{-1}$ e $644,11 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Composição química da torta de filtro, de acordo com vários autores¹.

Autor	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	pH
			g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹			
Silva et al. (2012)	48	8	3	16	4,5	3,1	43	20545	518	140	-
Chacón et al. (2011)	16	19	2	9	1,0	3,4	27	11860	401	81	-
Santos et al. (2011)	10	3	5	9	2,5	7,2	124	23800	758	282	-
Lima et al. (2009)	19	10	12	12	4,7	3,5	-	170	-	-	-
Bernadino et al. (2018)	23	10	5	18	5,1	8	100	11900	1000	100	-
Costa (2023)	10	9	7	27	6,0	2	-	-	-	-	7,5*
Siqueira (2023)	15	8	1	25	4,0	2	-	-	-	-	6,5*
Santos et al. (2011)	10	3	5	9	2,5	7,2	124	-	758	282	5,4**
Oliveira (2023)	24	1	1	17	1,6	-	30	2620	430	140	-
Média	19	8	16	16	3,5	4,6	75	11816	644	171	
Intervalo	10 – 48	1 – 19	1 – 12	9 – 27	1,0 – 6,0	2 – 7,2	27 – 124	170 – 23800	401 – 1000	81 – 282	

* Valores de pH em água; ** valores de pH em CaCl₂

¹ Dados organizados pela autora

Estudos feitos por FRAVET et al. (2010) e pela EMBRAPA (2022) definiram elevados teores de matéria orgânica e de nutrientes, dando ênfase ao P, cerca de 1,2 a 1,8%, N, Ca, K, Mg e consideráveis quantidades de Fe, Mn, Zn e Cu. Contudo, essas concentrações dos nutrientes são variáveis em função do tipo de processamento de usinas e de destilarias, origem do material e as condições de fabricação (REIS, 2024).

Sua aplicação, de modo geral, é feita de forma localizada nas linhas da cana-de-açúcar (Figura 5) e, como resultado, há melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

São relatados aumento da disponibilidade de nutrientes, conservação ou melhoria da fertilidade do solo, aumento capacidade de troca catiônica (CTC), da atividade microbiológica e da retenção de água (SANTOS et al., 2012).

A melhoria na fertilidade decorre do aumento nos teores de carbono orgânico (KORNDÖRFER e ANDERSON,1997) e na disponibilidade de nutrientes, redução dos teores de Al^{3+} trocável do solo e correção da acidez do solo (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011).

Dessa forma, ficam evidentes os benefícios da sua utilização na qualidade do solo e na nutrição das plantas e, conseqüentemente, no potencial de redução da necessidade de fertilizantes industriais.



Figura 5. Aplicação localizada de torta de filtro em cana-soca.
Fonte: ROSSETO; SANTIAGO (2022)

Do ponto de vista ambiental, o uso da torta de filtro como adubo representa uma forma sustentável de manejo de resíduos agroindustriais. Caso seja descartada de forma inadequada, pode causar emissões significativas de CO_2 , N_2O e CH_4 por apresentar quantidades altas de carbono e nitrogênio em sua composição, que, em condições propícias, podem levar à formação de gases de efeito estufa (GEE) e aumentar a pegada de carbono do sistema sucroenergético (ROCHA, 2014). Além dos GEE, o descarte incorreto deste resíduo pode gerar contaminação do lençol freático e do solo.

2.5 Composto de pescado

Nos últimos 10 anos, a produção de pescados no Brasil está aumentando e, no ano de 2023, segundo o Anuário da Piscicultura 2024, publicado pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), atingiu a produção de 887.029 mil toneladas de peixes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA, 2024).

O aumento da produção de pescado tem levado à geração de grandes volumes de resíduos orgânicos. De acordo com Adame (2014), estima-se a geração anual de cerca de 100.000 toneladas de peixes mortos. Além disso, a própria cadeia produtiva contribui significativamente para esse volume, podendo gerar resíduos equivalentes a até 65% do peso vivo total dos peixes abatidos (SILVA et al., 2023).

Com a ampliação das atividades de beneficiamento, estimuladas pelo crescimento da produção de pescados, há uma grande preocupação com o gerenciamento e o destino correto dos resíduos produzidos, pois, por possuir caráter orgânico, pode levar a problemas ambientais (BORGHESI et al., 2017).

Do ponto de vista ambiental, o aproveitamento dos resíduos do pescado na produção de adubos representa uma estratégia sustentável. O composto de peixe é obtido a partir da decomposição de resíduos provenientes da indústria pesqueira, como vísceras, cabeças, escamas e espinhas de peixe (VALENTE, 2016) por meio da compostagem aeróbica.

Do ponto de vista nutricional, o composto de peixe apresenta concentrações altas de Ca e Mg, com médias de 34,41 g kg⁻¹ e 29,44 g kg⁻¹, respectivamente. Destacam-se também, no grupo dos micronutrientes, o Fe e o Mn, com teores de 576 mg kg⁻¹ e 75,63 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Composição química do composto de pescado, segundo vários autores¹.

Autor	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	pH
				g kg ⁻¹				g kg ⁻¹			
Machado (2022)	12	6	6	2	160,0	1,0	-	1150	20	100	7,1*
Machado (2022)	11	7	9	1	210,0	0,6	-	450	20	100	6,9*
Lopes (2020)	22	5	2	8	0,5	-	6	-	17	25	5,9
Lopes (2020)	31	14	4	23	1,3	-	9	-	40	49	6,5
Lopes (2020)	25	7	7	13	1,6	-	18	-	55	29	6,2
Lopes (2020)	33	11	8	19	1,8	-	20	-	50	34	6,5
Santos (2021)	32	26	11	-	-	-	-	-	-	-	-
Silva (2022)	23	9	12	46	10,0	32,5	-	-	-	-	8,1
Silva (2022)	26	10	16	51	11,5	53	-	-	-	-	8,1
Silva (2022)	33	9	41	36	7,1	39,8	-	-	-	-	8,8
Sanes et al. (2015)	13	40	2	74	2,0	2,1	3	372	279	94	6,2
Sanes et al. (2015)	9	14	3	29	1,0	1,5	2	334	175	21	7,2
Sanes et al. (2015)	39	42	3	100	2,3	3,9	6	653	55	96	6,3
Sanes et al. (2015)	40	29	3	68	2,0	4,3	6	497	44	71	7,2
Adame (2014)	8	6	3	12	1,0	1,3	-	-	-	-	-
Adame (2014)	20	10	11	21	2,5	2,3	-	-	-	-	-
Média	24	15	9	34	27,6	12,9	9	576	76	62	
Intervalo	8 – 40	5 – 40	2 – 41	1 – 100	0,5 – 210	0,6 – 39,8	2 – 20	334 – 1150	17 – 279	21 – 220	

* Valores de pH em água; ** valores de pH em CaCl₂¹ Dados organizados pela autora

A concentração e composição de nutrientes presentes no peixe utilizado no composto varia de acordo com a espécie, a linhagem e a idade, estação do ano ou fase de migração, sistema de cultivo e fatores nutricionais (LIMA; KIRSCHNIK, 2013).

O composto gerado apresenta concentrações variáveis de nutrientes, em parte devido à composição dos animais, em parte associada às características do substrato ligno-celulósico utilizado. O composto de pescado apresenta altos teores de matéria orgânica, N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn e Cu (ADAME, 2014).

A aplicação do composto de peixe no solo traz diversos benefícios agrônômicos, contribuindo para a melhoria da estrutura do solo, aumento da capacidade de retenção de água e da atividade microbiológica, atua nas características físicas como densidade, porosidade e umidade, além da liberação de nutrientes (SANTOS, 2021). Se bem manejados, os resíduos como o composto de peixe têm a possibilidade de aplicação para destinação da produção de adubo orgânico por possuir em sua composição os aminoácidos essenciais como a lisina, metionina e cisteínas; macronutrientes e micronutrientes (REBELATTO et al., 2022).

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2022), os resíduos da pesca estão classificados como agrossilvopastoris, sendo estes originados tanto de atividades agropecuárias quanto industriais.

A reutilização desses materiais na produção de produtos de valor agregado é uma alternativa importante para promover sistemas mais eficientes e sustentáveis (TEODORO; PEREIRA et al., 2021). Além disso, a aplicação deve ser fundamentada em análises químicas do solo e do composto, visando garantir o fornecimento das quantidades adequadas de nutrientes e evitar contaminação.



Figura 6. Composto de pescado + poda urbana estabilizado.
Fonte: Arquivo pessoal: Dra. Roberta Souto Carlos

2.6 Comparação entre os adubos orgânicos e efeitos na matéria orgânica do solo

O uso de resíduos orgânicos na agricultura conecta-se diretamente a diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente aos ODS 2, 6, 12, 13 e 15, pois promove a sustentabilidade ambiental, social e econômica por meio de práticas agrícolas mais limpas e eficientes.

A reutilização de resíduos orgânicos representa uma estratégia eficaz para fortalecer a economia circular no meio rural e no setor agroindustrial. Ao transformar resíduos em insumos úteis, é possível aprimorar a fertilidade dos solos, diminuir a emissão de gases poluentes e fomentar alternativas energéticas limpas.

Além disso, a prática se destaca pela gestão dos recursos finitos, prezando pela regeneração e pela diminuição do uso de materiais (BRASIL, 2023), e pelo papel no sequestro de carbono, processo pelo qual o CO₂ atmosférico é armazenado no solo sob forma de matéria orgânica (DUSSADEE; RAMARAJ 2023), o que reduz impactos ambientais, gera valor a partir de resíduos e promove a economia circular.

A partir dos valores médios de N, P, K e Ca apresentados nas tabelas 1 a 5, foi construída a Figura 7, na qual é possível observar a que a cama de frango é o adubo que reúne as melhores características do ponto de vista de fornecimento de nutrientes.

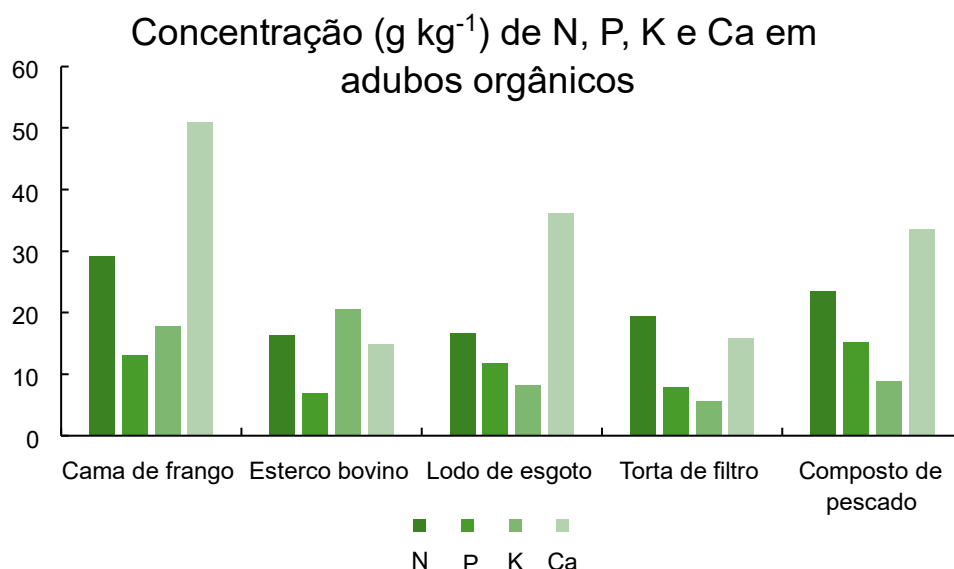


Figura 7. Concentrações médias de N, P, K e Ca em cama de frango, esterco bovino, lodo de esgoto, torta de filtro e composto de pescado.

O composto de pescado pode ser colocado como o segundo adubo em concentração de N, seguido de torta de filtro, LE e esterco bovino, mas, no conjunto, é o adubo com maior concentração média de P (Figura 7).

Embora a qualidade de cada adubo orgânico seja, de modo geral, definida pela concentração de nutrientes, a quantidade de carbono e a qualidade bioquímica do material é também muito importante.

Em cada resíduo orgânico, o carbono está em diferentes formas químicas que vão ser transformadas pela microbiota do solo em velocidades diferentes e seguindo rotas diferentes. Parte do carbono adicionado fica no solo e a outra se perde pela respiração microbiana. O carbono que não é perdido na respiração se distribui em diferentes frações, algumas de tempo de permanência pequeno no solo, e outras de tempo de permanência maior (RODRIGUES et al., 2019).

As primeiras são associadas ao fornecimento de nutrientes e, as demais, à geração de cargas e agregação (STROSSER, 2010). Assim, a decomposição de cada adubo orgânico e a síntese de compostos orgânicos como ácidos húmicos, fúlvicos e huminas, devem influir de forma diferente na disponibilização de nutrientes e nas frações da matéria orgânica do solo.

As pesquisas feitas até os dias atuais no Brasil com aplicação de adubos orgânicos habituais, enfatizaram sobre a resposta de produção das culturas ao fornecimento de nutrientes. Todavia há necessidade de informações sobre adubos menos comuns em virtude de sua ampla disponibilidade, como o composto de pescado, para definir a velocidade de disponibilização de nutrientes e os efeitos na matéria orgânica do solo e suas frações.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta do solo foi realizada em dezembro de 2024, na profundidade de 0 a 20 cm em área de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico textura média, no setor de equinocultura da UNESP – Campus de Jaboticabal, com o ponto de amostragem nas coordenadas geográficas 21°14'26.3"S e 48°17'59.4"W.

Após a coleta o solo foi espalhado sobre pedaço de plástico para secar, em seguida foi passado em peneira de malha de 4 mm, homogeneizado e amostrado para análise química, segundo métodos descritos por RAIJ et al. (2001). Os resultados obtidos foram: P resina = 8 mg dm⁻³; MO = 24 g dm⁻³; pH CaCl₂ = 5,2; K⁺ = 0,4 mmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 25 mmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 13 mmol_c dm⁻³; H+Al = 25 mmol_c dm⁻³; SB = 38 mmol_c dm⁻³; CTC = 63 mmol_c dm⁻³; V% = 61. A granulometria do solo foi determinada segundo método descrito em CAMARGO et al (2009) e os resultados foram: argila, 300 g kg⁻¹, silte, 90 g kg⁻¹ e areia, 610 g kg⁻¹.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial completo e delineamento inteiramente ao acaso, combinando cinco adubos orgânicos, com

duas doses, e quatro repetições, totalizando quarenta parcelas. Os adubos foram cama de frango, composto de lodo de esgoto, composto de pescado, esterco bovino e torta de filtro.

O esterco bovino foi coletado no Setor de Bovinocultura de Leite da FCAV (Jaboticabal-SP), submetido à secagem por 3 dias. A torta de filtro foi recebida já seca no laboratório, proveniente de uma usina de cana-de-açúcar da região e a cama de frango foi obtida com um produtor rural parceiro e submetida a secagem por 4 dias.

O composto de peixe foi obtido a partir da compostagem de resíduos de pescado provenientes do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP). O composto foi obtido utilizando resíduos de pescado e de poda urbana, na proporção 2:1 (massa: massa), sendo maturado e estabilizado por 120 dias.

Por fim, o composto de lodo foi obtido a partir da compostagem de lodo de esgoto de uma estação de tratamento com lodo ativado e resíduos de poda urbana, na proporção 1:2 (massa: massa), compostados por 84 dias.

Na caracterização dos adubos, o N foi obtido por combustão seca, em analisador elementar LECO® CN 628, e os demais macronutrientes foram determinados em extrato de digestão nítrico-perclórica, seguindo os procedimentos descritos em CARMO et al. (2000). Para determinação do carbono orgânico foi usada oxidação por via úmida, com mistura digestora de dicromato de potássio mais ácido sulfúrico, de acordo com RAIJ et al. (2001). Os resultados obtidos estão na Tabela 6.

Tabela 6. Caracterização química dos adubos orgânicos avaliados.

Adubo	C	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N
	g kg ⁻¹							
Composto de Pescado	296	27,00	16,79	14,50	36,26	3,06	5,57	10,98
Composto de Lodo de esgoto	246	25,00	19,04	2,50	25,15	6,45	13,97	9,84
Cama de Frango	179	21,00	14,54	15,50	55,47	23,86	10,60	8,52
Esterco Bovino	357	18,00	5,39	30,00	10,63	4,82	5,57	19,84
Torta de Filtro	305	7,00	10,04	2,50	11,32	2,21	0,47	43,63

Os efeitos da aplicação dos adubos foram avaliados com aplicação de dose constante equivalente a 10 Mg ha^{-1} , que foram comparados ao tratamento controle, sem adubação.

O experimento foi conduzido em recipientes de plástico com capacidade para $0,40 \text{ dm}^3$, para os quais foram transferidos $0,38 \text{ dm}^3$ de solo, já misturado com cada um dos adubos orgânicos. A dose, 10 Mg ha^{-1} , foi estabelecida considerando a cama de frango como referência, por apresentar maior índice de eficiência para N, 50%, de acordo com SBCS (2017), o que resultaria na liberação de 100 kg ha^{-1} considerando o teor de N da Tabela 6. Para conversão desta dose para $0,38 \text{ dm}^3$ foi usado o volume de solo da camada de 0 a 20 cm de profundidade.

Os recipientes foram casualizados na bancada (Figura 8) e durante a condução do experimento foram movimentados para diminuir os efeitos do ambiente. Durante o período de incubação dos solos, os recipientes foram mantidos cobertos com papel e a umidade do solo foi mantida a aproximadamente 50% da capacidade de retenção de água. A manutenção da umidade foi feita por pesagem dos recipientes três vezes na semana, e o umedecimento foi feito com água deionizada. No dia 14 de fevereiro de 2025 foi iniciada a incubação do solo no laboratório e o término da incubação ocorreu 60 dias depois.



Figura 8. Disposição das parcelas na bancada.

Terminado o período de incubação, o solo foi retirado dos recipientes e colocado para secar sobre plástico. Depois de seco, o solo foi passado em peneira de malha de 2 mm, homogeneizado e utilizado nas análises.

As variáveis avaliadas foram: pH em solução de CaCl_2 0,01 mol L^{-1} na relação solo: solução de 1:2,5 (v:v), acidez total (H+Al) e teores de K, Ca e Mg disponíveis, pelos métodos propostos por RAIJ et al. (2001), e as frações de C orgânico lábil, moderadamente lábil e estável seguindo o procedimento proposto por CHAN et al. (2001).

O método do fracionamento do carbono orgânico do solo foi realizado utilizando uma modificação do método de Walkley-Black, com diferentes concentrações de ácido sulfúrico (H_2SO_4) para diferenciar frações de carbono variando de lábeis a recalcitrantes. Foram utilizadas três proporções ácido/água – 0,5:1, 1:1 e 2:1 – correspondendo, respectivamente, a H_2SO_4 6, 9 e 12 mol L^{-1} de H_2SO_4 . Essa variação permitiu a separação do carbono orgânico em três frações: (1) carbono oxidável em H_2SO_4 6 mol L^{-1} ; (2) carbono adicional extraído com H_2SO_4 entre 6 e 9 mol L^{-1} e (3) carbono extraído com H_2SO_4 entre 9 e 12 mol L^{-1} . A concentração 12 mol L^{-1} equivale ao método padrão de Walkley-Black.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, empregando o teste de F. Os efeitos dos adubos orgânicos e das interações adubos x doses, em caso de significância, foram avaliados por comparação de médias, empregando teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Acidez e disponibilidade de nutrientes

Os resultados do teste F para os efeitos dos adubos orgânicos na acidez e nos teores de K, Ca e Mg disponíveis estão na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados da análise de variância (teste F) para os adubos orgânicos, doses e interação.

Teste F	pH	K	Ca	Mg	H+Al
Compostos	2,23 ^{NS}	684,14 ^{**}	6,25 ^{**}	11,46 ^{**}	3,46 [*]
Doses	26,29 ^{**}	4143,69 ^{**}	54,71 ^{**}	51,57 ^{**}	1,59 ^{NS}
Interação	2,98 [*]	686,91 ^{**}	4,91 ^{**}	10,01 ^{**}	0,54 ^{NS}
CV%	1,57	6,68	5,07	5,50	6,99

^{**}: significativo a 1% de probabilidade. ^{*}: significativo a 5% de probabilidade. ^{NS}: Não significativo.

O pH do solo não apresentou diferença significativa entre os compostos, na média das doses (Tabela 7), mas houve efeito isolado de doses e interação entre adubo x dose, o que permitiu o desdobramento dos tratamentos dentro de cada dose. Na dose de 0 Mg ha⁻¹, não foi constatada diferença entre os tratamentos, o que era esperado, já que não houve adubação (Figura 9).

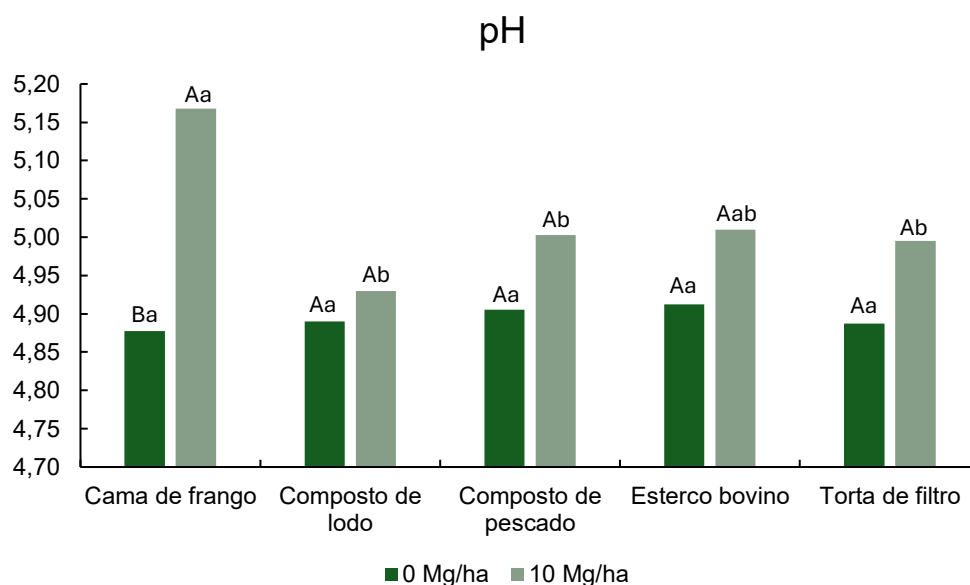


Figura 9. Valores de pH em CaCl_2 do solo em função do tipo e das doses de adubo orgânico. Diferenças significativas ($p < 0,05$) são indicadas por letras: maiúsculas para doses e minúsculas para compostos (teste de Tukey).

Por outro lado, com a aplicação de 10 Mg ha^{-1} houve diferença estatística entre os compostos, sendo que a cama de frango proporcionou a maior elevação do pH, com valores significativamente maiores do que os compostos de lodo de esgoto e de pescado, e do que a torta de filtro. Isso indica que, entre os resíduos avaliados, a cama de frango apresenta maior capacidade de neutralização da acidez do solo.

RIBEIRO (2023) também observou elevação do pH do solo com a aplicação de cama de frango, atribuindo esse efeito aos teores de CaO e MgO presentes no material. Esses óxidos têm origem tanto nos aditivos minerais utilizados na alimentação das aves quanto nos agentes aplicados para sanitização dos aviários, contribuindo para a neutralização da acidez do solo após a incorporação do resíduo.

O potássio foi o nutriente que mais variou em função da aplicação dos adubos e das doses, e houve interação entre os fatores (Tabela 8). O desdobramento revelou que, na dose de 10 Mg ha^{-1} , o esterco bovino promoveu

aumento significativo no teor de potássio do solo, superando os demais tratamentos (Figura 10).

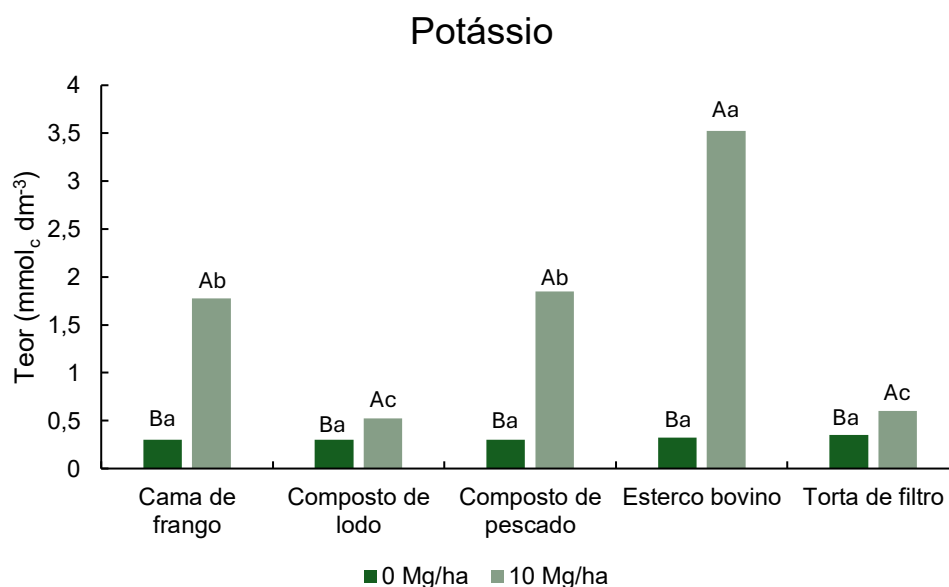


Figura 10. Potássio disponível no solo em função do tipo e das doses de adubo orgânico. Diferenças significativas ($p < 0,05$) são indicadas por letras: maiúsculas para doses e minúsculas para compostos (teste de Tukey).

A aplicação dos adubos orgânicos influenciou significativamente os teores de potássio disponível no solo, com destaque para o tratamento com esterco bovino na dose de 10 Mg ha^{-1} , que proporcionou os maiores valores médios entre os compostos avaliados.

O composto de pescado apresentou a segunda maior média de K, não diferindo estatisticamente da cama de frango, mas com desempenho superior ao composto de lodo de esgoto e à torta de filtro. Esses resultados refletem a composição química dos resíduos, especialmente a elevada concentração de K no esterco bovino (30 g kg^{-1}), e indicam que o composto de pescado, embora não seja o adubo com maior teor absoluto do nutriente, apresenta eficiência agrônômica comparável aos compostos tradicionalmente utilizados.

A solubilidade do potássio presente nesses materiais favorece sua rápida disponibilização no solo, reforçando a importância da escolha do resíduo orgânico conforme o objetivo nutricional e as características do cultivo.

Segundo ANDREWS et al. (2021), o K é facilmente transferido do material vegetal para a solução do solo, característica que contribui diretamente para o aumento da sua disponibilidade em tratamentos com fontes ricas nesse nutriente.

Os teores de cálcio foram significativamente influenciados pelos compostos, pela dose e pela interação entre ambos. Na dose de 10 Mg ha⁻¹, os compostos que promoveram os maiores teores de cálcio foram a cama de frango e o composto de pescado (Figura 11).

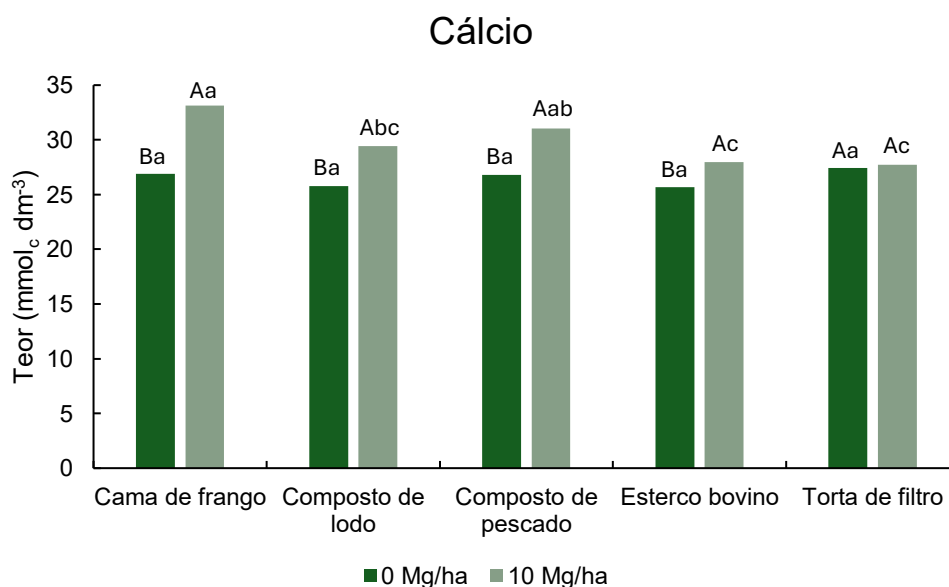


Figura 11. Cálcio disponível no solo em função do tipo e das doses de adubo orgânico. Diferenças significativas ($p < 0,05$) são indicadas por letras: maiúsculas para doses e minúsculas para compostos (teste de Tukey).

O composto de pescado apresenta elevada concentração de cálcio em sua composição, principalmente devido à presença de espinhas, ricas em carbonato de cálcio. Segundo Corrêa e Holanda (2019), esse material atua como

fonte natural do nutriente, sendo gradualmente decomposto e liberado no solo ao longo do tempo, resultando em um composto orgânico com alto potencial para suprimento de cálcio.

A cama de frango também se destacou como fonte de cálcio, uma vez que a dieta das aves é frequentemente suplementada com esse nutriente. Como consequência dessa suplementação nutricional intensiva, os resíduos oriundos da criação, como a cama de frango, acabam acumulando altos teores de cálcio, o que explica sua elevada capacidade de fornecimento desse nutriente ao solo após a aplicação.

O fornecimento de Mg também variou entre os compostos na dose de 10 Mg ha⁻¹ (Tabela 7). Os maiores teores foram observados no tratamento com cama de frango, que se diferenciou estatisticamente dos demais (Figura 12).

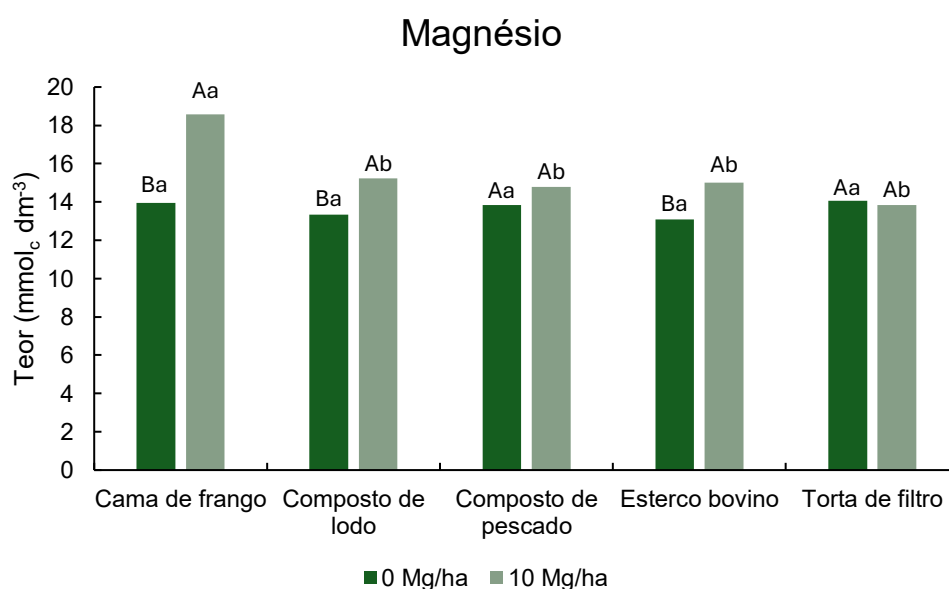


Figura 12. Magnésio disponível no solo em função do tipo e das doses de adubo orgânico. Diferenças significativas ($p < 0,05$) são indicadas por letras: maiúsculas para doses e minúsculas para compostos (teste de Tukey).

Essa resposta está diretamente relacionada à composição do resíduo, que apresentou 23,86 g kg⁻¹ de magnésio (Tabela 6), valor maior que os

encontrados nos demais materiais. Esse fato deve-se aos materiais utilizados como forração do galpão, que podem conter traços de magnésio, e que se somam aos nutrientes das excretas, além dos produtos sanitizantes utilizados na limpeza das camas aviárias.

A acidez potencial (H+Al) apresentou diferença significativa apenas entre os tipos de compostos, conforme indicado pelo teste F (Tabela 7), sendo os valores representados na figura 13 como médias gerais das duas doses aplicadas.

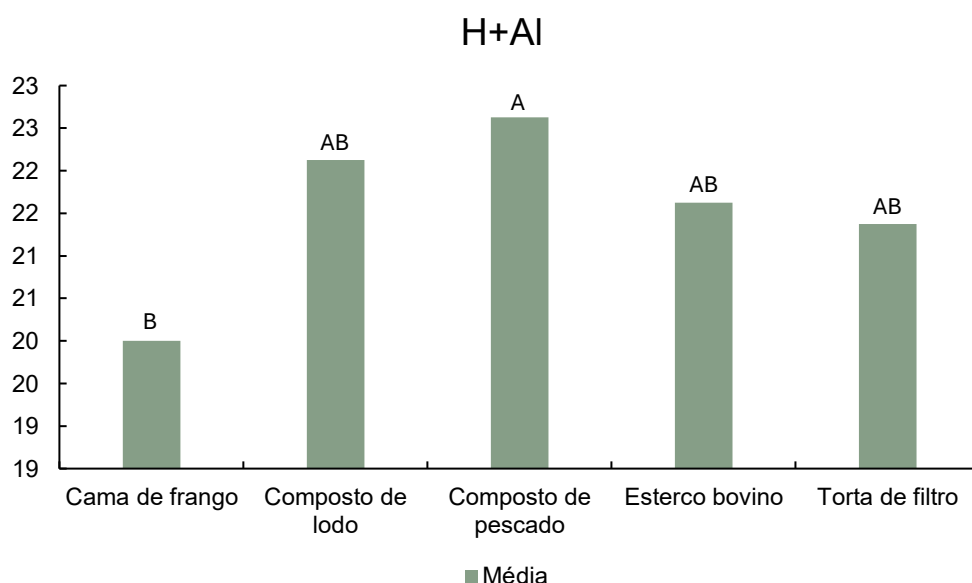


Figura 13. Valores de acidez potencial (H+Al) no solo em função do tipo de adubo orgânico. Letras maiúsculas indicam diferença entre compostos (teste de Tukey).

A Figura 13 evidencia que o tipo de adubo orgânico influenciou significativamente os valores de acidez potencial do solo. O composto de pescado resultou nos maiores teores de H + Al, diferindo estatisticamente da cama de frango, que resultou nos menores valores. Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários, sem diferença significativa entre si.

4.2 Carbono orgânico do solo

Na Tabela 8 estão os resultados da análise de variância para os efeitos dos adubos orgânicos, das doses dos adubos e da interação adubo x dose nas frações lábil, moderadamente lábil e estável do carbono orgânico do solo.

Tabela 8. Análise de variância (teste F) para os efeitos isolados e de interação entre adubos orgânicos e doses dos adubos nas frações lábil (fração 1) moderadamente lábil (fração 2) e estável (fração 3) do carbono orgânico do solo.

Teste F	Fração 1	Fração 2	Fração 3
Adubos	1,91 ^{ns}	2,60 ^{ns}	8,24 ^{**}
Doses	1,23 ^{ns}	5,17 [*]	13,50 ^{**}
AxD	0,03 ^{ns}	2,82 [*]	11,17 ^{**}
CV%	4,83	7,18	15,9

^{**}: significativo a 1% de probabilidade. ^{*}: significativo a 5% de probabilidade. ^{NS}: Não significativo.

A fração lábil do carbono do solo não variou em função da aplicação de 10 Mg ha⁻¹ dos adubos orgânicos (Figura 14). A fração é composta por compostos orgânicos facilmente acessíveis aos microrganismos do solo, sendo rapidamente mineralizado e liberados na forma de CO₂. Por isso, o tempo de incubação de 60 dias pode ter impedido a visualização dos efeitos dos adubos nessa fração.

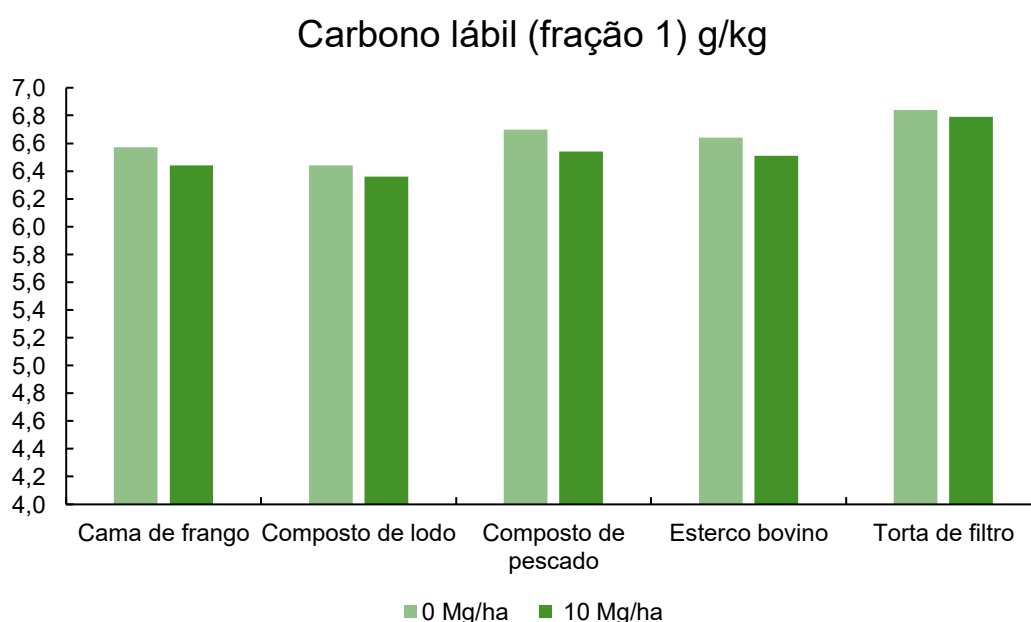


Figura 14. Carbono lábil do solo em função da aplicação de adubos orgânicos.

Na fração 2, representada pelo carbono moderadamente lábil, que é mais complexa e resistente à decomposição do que a fração lábil, mas ainda assim passível de decomposição, houve efeito de doses e de interação (Figura 15).

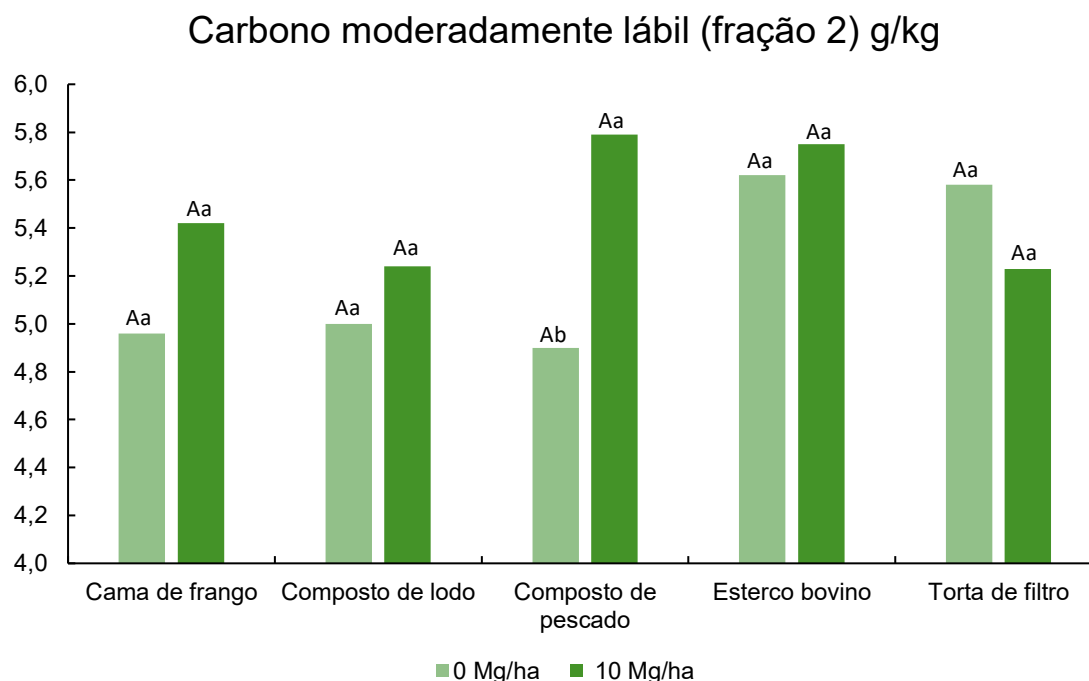


Figura 15. Carbono moderadamente lábil do solo em função da aplicação de adubos orgânicos. Letras maiúsculas comparam adubos orgânicos dentro de cada dose e letras minúsculas comparam doses dentro de cada adubo.

Especificamente para o composto de pescado, observou-se uma diferença estatisticamente significativa entre as doses: a dose 10 t ha⁻¹ resultou em uma média de 5,79, enquanto a dose 0 obteve apenas 4,90 ($p = 0,0026$) com um aumento médio de 18% no desempenho.

Esse resultado indica que o composto de peixe apresenta uma resposta positiva no carbono moderadamente lábil, que está associado à geração de cargas negativas e aumento da CTC (STROSSER, 2010). Além disso, comparado aos demais tratamentos, o composto de peixe esteve entre os três adubos com melhores resultados, estatisticamente equivalente ao esterco bovino e à torta de filtro.

Na fração 3, representada pelo carbono estável, que é composto por substâncias inertes e de difícil degradação, todos os fatores analisados (tipo de adubo, dose e interação) foram estatisticamente significativos ($p < 0,01$), evidenciando forte influência desses tratamentos na variável avaliada (Tabela 8).

O composto de pescado apresentou média geral de $2,65 \text{ g kg}^{-1}$, sendo a segunda maior entre os adubos. Na dose 10 t ha^{-1} o valor médio foi de $2,81 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto a dose 0 apresentou média de $2,51 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 16).

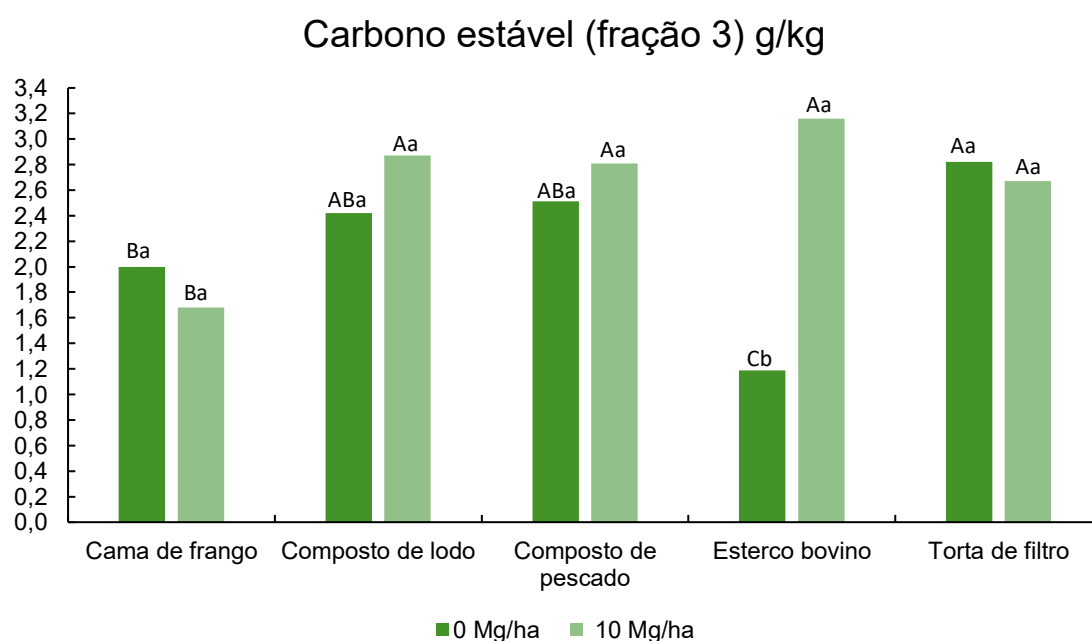


Figura 16. Carbono estável do solo em função da aplicação de adubos orgânicos. Letras maiúsculas comparam adubos orgânicos dentro de cada dose e letras minúsculas comparam doses dentro de cada adubo.

Apesar de a diferença entre as doses não ter sido estatisticamente significativa dentro do composto de peixe ($p = 0,2784$), observa-se uma tendência positiva. O composto de peixe figurou entre os melhores tratamentos, sem diferença significativa para esterco bovino, torta de filtro e composto de lodo, e com desempenho superior à cama de frango.

Essa fração está associada à agregação do solo (STROSSER, 2010) e, desse modo, o composto de pescado pode ter efeito diferenciado também nessa característica do solo.

A proteção física do carbono no solo é um mecanismo essencial que contribui para a estabilidade da matéria orgânica e a sua permanência por mais tempo. O processo de incorporação da matéria orgânica auxilia na formação de agregados do solo, e o carbono pode estabilizar por meio da ligação com minerais, formando complexos organo-minerais resistentes à degradação, ou ainda, pela formação de compostos que impedem a liberação rápida de carbono na forma de CO₂, favorecendo seu acúmulo no solo (BAUMGARTNER et al., 2021).

Em relação aos outros adubos, a torta de filtro e esterco bovino também se destacaram em algumas frações, mas de forma menos consistente. A cama de frango teve desempenho menor em todas as frações e o composto de lodo teve resultados intermediários.

O composto de peixe apresentou-se como uma alternativa de adubação orgânica, comparável aos adubos orgânicos convencionais.

Para um maior reaproveitamento de resíduos da cadeia produtiva da piscicultura, alinhando-se aos princípios da agricultura sustentável e da economia circular, recomenda-se o aprofundamento de estudos sobre o seu uso em diferentes tipos de solo, culturas, condições climáticas e em experimentos com reaplicação ao longo do tempo, visando ampliar sua adoção como insumo viável e ecológico na agricultura.

5. CONCLUSÕES

O composto de pescado é uma fonte alternativa de adubação orgânica, mostrando desempenho agrônômico comparável e, em alguns casos, superior aos adubos tradicionalmente utilizados, como cama de frango, esterco bovino, composto de lodo e torta de filtro. Forneceu K e Ca em quantidades comparáveis à cama de frango.

Nas três frações do carbono orgânico analisadas, o composto de pescado demonstrou melhor desempenho do que a cama de frango na fração estável, inferindo-se seu efeito potencial na agregação do solo.

A aplicação do composto de pescado favorece o incremento das frações mais inertes do carbono no solo, colaborando com a melhoria da qualidade do solo, o sequestro de carbono, a prevenção da erosão, a regulação da água e o aumento da biodiversidade.

A utilização do composto de pescado contribui não apenas para o fornecimento de nutrientes às plantas, mas também para o fortalecimento de práticas alinhadas à economia circular, ao transformar resíduos da cadeia

pesqueira em insumos agrícolas de valor. Essa estratégia reduz impactos ambientais, promove o reaproveitamento de subprodutos orgânicos e diminui a dependência de fertilizantes minerais de alta solubilidade.

Nesse contexto, o composto de pescado se insere como uma ferramenta promissora para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), promovendo uma agricultura mais resiliente, eficiente e ambientalmente equilibrada.

6. LITERATURA CITADA

ADAME, C. R. **Utilização de composto orgânico de peixe em adubação de capim-marandu**. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) — Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

Andrews, E. M., Kassama, S., Smith, E. E., Brown, P. H., & Khalsa, S. D. S. 2021. A review of potassium-rich crop residues used as organic matter amendments in tree crop agroecosystems. *Agriculture*, v. 11, n. 7, p. 580.

AFAZ, D. C. de S.; SOUZA, C. F.; VIANI, R. A. G.; BERTOLAZI, K. B. Composto de lodo de esgoto para o cultivo inicial de eucalipto. *Revista Ambiente & Água*, v. 12, n. 1, p. 56-67, 2017. DOI: 10.4136/ambi-agua.1965.

AITA C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: Fries MR, Dalmolin RSD, editores. *Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto*. Santa Maria: Pallotti; 1997. p.76-111.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B. NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA, A. J. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.

15, n. 10, p. 1002-1008, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011001000003>.

ALVES, R. S. Residual de composto de lodo de esgoto e inoculação com *Azospirillum brasilense* na fertilidade do solo, nutrição e desempenho agrônômico na sucessão trigo e soja. 2024. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2024.

ASSIS, R. L. de; SILVA, T. R. da; MENEZES, J. F. S.; SIMON, G. A.; SANTOS, C. J. de L.; GOMES, G. V. Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 9, p. 932-940, set. 2011. : <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000900005>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA – PEIXE BR. **Anuário da Piscicultura 2024**. 8ª ed. São Paulo: Peixe BR, 2024. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2024>.

AVILA, V. S. de; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E. A. P. de. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA, 1992. 38p. (EMBRAPA-CNPSA. Circular Técnica, 16).

BAUMGARTNER, L. C; CORDEIRO, R. C; RODRIGUES, R. de A. R.; MAGALHÃES, C. A. de S; MATOS, E. da S. Estoque e Mecanismo de Proteção Física do Carbono no Solo em Manejos Agrícolas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 6, p. 3341–3360, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v14.6.p3341-3354. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/248847>.

BAYER, C., MARTIN-NETO, L., MIELNICZUK, J., & PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

BENITES, V. de M. Como fazer a compostagem da cama de frango para uso em pastagem. Portal Dia de Campo, 08 ago. 2010. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/876550>.

BÉRGAMO, A. C.; SILVA, R. G. S. R. da; OLIVEIRA, L. F. da S.; SANTOS, Z. O.; RODRIGUES, J. G. L.; CODOGNOTO, V. M. Uso de esterco bovino como alternativa para redução de custos na adubação mineral em milho para silagem. *Revista Biodiversidade*, v. 24, n. 1, p. 135-136, 2025.

BERNARDI, A. Conservação do solo garante segurança alimentar e sustentabilidade da agropecuária. 2025. Disponível em:

<https://plantiodireto.org.br/artigo-conservacao-do-solo-garante-segurancaalimentar-e-sustentabilidade-da-agropecuaria>.

BERNARDINO, C. A. R.; MAHLER, C. F.; VELOSO, M. C. C.; ROMEIRO, G. A.; SCHROEDER, P. Torta de filtro, resíduo da indústria sucroalcooleira – uma avaliação por pirólise lenta. *Revista Virtual de Química*, v. 10, n. 3, p. 1– 10, 2018.

BETTIOL, W., CAMARGO, O. A. (2006). *Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura*. Embrapa Meio Ambiente.

BORGES, F. J. de A.; FERREIRA, C. P. DIAGNÓSTICO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO À BASE DE ESTERCO BOVINO NO ASSENTAMENTO 26 DE MARÇO, MARABÁ-PA. p. 98-111. Cap. 9. doi: 10.37885/210504585.

BORGHESI, R. L., et al. **Caracterização de resíduos gerados no beneficiamento industrial do tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do surubim (*Pseudoplatystoma* sp.)**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Embrapa Pesca e Aquicultura, 2017. (Boletim de Pesquisa, 78).

BOTTREL, S. C.; RIBEIRO, F. C. C. ; CAVALCANTI, R. S.; COURA, F. M. Use of fermented and non-fermented chicken bed in agricultural crop fertilization. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. e7512139268, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i1.39268. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/39268>.

BRANDÃO, A. A. (Org.). *Tecnologias sustentáveis: análise do extrativismo do açaí, da castanha-do-brasil e da pesca artesanal no Estado do Amapá*. Niterói: Eduff, 2022.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Economia Circular**. Brasília: Ministério da Fazenda, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica/transformacao-ecologica-pagina-antiga/economia-circular>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares* [recurso eletrônico] / coordenação de André Luiz Felisberto França... [et al.]. Brasília, DF: MMA, 2022. 209 p. ISBN 978-65-88265-15-4. Disponível em: <https://sinir.gov.br/>.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://sinir.gov.br/>.

BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Nações Unidas Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

BRASIL. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. *Plano Nacional de Fertilizantes 2050: uma estratégia para os fertilizantes no Brasil*. Brasília, DF: SAE, 2022 PNF 2050. 195 p.1v.: il. Anexos.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solo do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2009. 77p. (Boletim técnico, 106).

CARDOSO, MO; PEREIRA, WE; OLIVEIRA, AP. 2009. Micronutrientes e sódio em berinjela com fertilização não-convencional. *Horticultura Brasileira* 27: S2207-S2214.

CARMO, C.A.F.S.; ARAÚJO, W.S.; BERNARDI, A.C.C.; SALDANHA, M.F.C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 41p.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Norma Técnica CETESB P4.230: Aplicação de lodo de sistema de tratamento biológico de efluentes líquidos sanitários em solo – diretrizes e critérios para projeto e operação. 2. ed. São Paulo: CETESB, maio 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2024/09/Norma-Tecnica-Cetesb-P4.230-Aplicacao-de-lodo-de-sistema-de-tratamento-biologico-de-efluentes-liquidaos-sanitarios-em-solo-%E2%80%93-diretrizes-e-criterios-para-projeto-e-operacao-%E2%80%93-2a-Edicao-%E2%80%93-Maio-2021>.

CHACÓN, E. A. V; MENDONÇA, E. S.; SILVA, R. R.; LIMA, P. C.; CANTARUTTI, R. B. Decomposição de fontes orgânicas e mineralização de formas de nitrogênio e fósforo. *Revista Ceres* 2011, 58, 373.

CHAN, K. Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an paleustalf under different pasture leys. *Soil Science*, Baltimore, v. 166, n. 1, p. 61-67, 2001.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. **Sumário Executivo: Perspectivas Agrícolas - edição 2023**. Brasília: CNA, 2023. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/storage/arquivos/SumarioExecutivo-Perspectivas-Agricolas-edicao-2023.pdf>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (**CONAMA**). BRASIL. Resolução nº 498, de 19 de agosto de 2020. Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 166, p. 141-142, 19 ago. 2020.

CORRÊA, T. H. A.; HOLANDA, J. N. F. 2019. Fish bone as a source of raw material for synthesis of calcium phosphate. *Materials Research*, v. 22, n. 1, p. e20190486.

CORREA, J. C.; MIELE, M. A cama de aves e os aspectos agrônômicos, ambientais e econômicos. In: PALHARES, J. C. P.; KUNZ, A. (Ed.). *Manejo ambiental na avicultura*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 125-152. Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 149.

COSTA, F. G.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. da; GONZALES, J. L. S. **Esterco bovino para o desenvolvimento inicial de plantas provenientes de quatro matrizes de *Corymbia citriodora***. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 161-169, jun. 2011.

COSTA, H. J. M. da. Análise de reaproveitamento da torta de filtro como benefício econômico no setor sucroenergético. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Ilha Solteira, 2023.

DUSSADEE, N. & RAMARAJ, R. (2023). Integrated management of organic agricultural waste enhancing soil quality, mitigating climate change and advancing biofuel production.

ECKHARDT, D. P.; MARTÍN, J. D.; SANTOS, M. L. dos; STEFFEN, R. B.; ALMEIDA, H. S. de; MEIRELLES, L. A.; SANTANA, N. A.; JACQUES, R. J. S.; ANTONIOLLI, Z. I. Utilização de fertilizantes orgânicos a base de esterco bovino na produção de alface. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, [S. I.], v. 22, n. 3, p. e3701, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n3-087.

ECKHARDT, D. P.; SANTANA, N. A.; SOUZA, L. S. de; FERREIRA, P. A. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; MARTIN, J. D.; JACQUES, R. J. S. Comparação entre esterco bovino, composto orgânico e vermicomposto na produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 51, n. 9, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200600>.

EMBRAPA HORTALIÇAS. Compostagem. In: *HORTALIÇA NÃO É SÓ SALADA*. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicanao-e-so-salada/secoes/compostagem>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Adubação com resíduos alternativos**. Agência de Informação Tecnológica. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/cana/producao/correcao-e-adubacao/diagnose-dasnecessidades-nutricionais/recomendacao-de-correcao-e-adubacao/adubacaoresiduos-alternativos>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Adubação orgânica**. 2022. Agência de Informação Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/correcao-e-adubacao/diagnose-das-necessidades-nutricionais/recomendacao-de-correcao-e-adubacao/adubacao-organica>.

EUROFINS AGRO. A relação carbono/nitrogênio (C/N). Disponível em: <https://www.eurofins-agro.com/en/c-n-ratio>.

FARIAS, G. B. G. Avaliação de linhagens de tomate do grupo italiano em sistema de cultivo tutorado em campo. 2023. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do SemiÁrido, Mossoró, 2023.

FIORI, M.G.S.; SCHOENHALS, M.; FOLADOR, F.A.C.A. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbica. *Engenharia Ambiental*, v. 5, n. 3, p. 178191, 2008.

FONTAINE S, MARIOTTI A, ABBADIE L. The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? *Soil Biol Biochem*. 2003; 35:837-43.

FORBES AGRO. **100 anos de fósforo para fertilizar lavouras é o que resta de reservas no mundo**. Forbes Brasil, 10 jul. 2025. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2025/07/100-anos-de-fosforo-para-fertilizar-lavouras-e-o-que-resta-de-reservas-no-mundo/>.

FRAVET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 3, p. 618-624, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300013>.

FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS FILHO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – FAPERJ. **Portal da FAPERJ**. 2019. Disponível em: <https://siteantigo.faperj.br/?id=3892.2.0>.

GALVÃO, J. A. Entrevista sobre o aproveitamento de sobras de peixes para suplementação alimentar. [Entrevista concedida a] Brasil Rural. EBC Rádios, 1 out. 2019. 1 arquivo sonoro (8min48s). Disponível em: <https://radios.ebc.com.br/brasil-rural/2019/10/residuo-de-pescado-saoreaproveitados-em-suplemento>.

GUIMARÃES, R. N.; MATOS, A. T. de; CARPANEZ, T. G. Alterações químicas e sanitárias em solos e estéril de mineração receptores de lodo de esgoto sanitário, composto orgânico e fertilizante mineral. *Engenharia Sanitária e*

Ambiental, v. 27, n. 4, p. 538-549, jul.-ago. 2022. DOI: 10.1590/S1413-415220200225.

IBGE. Rebanhos e valor dos principais produtos de origem animal foram recordes em 2022. Agência de Notícias IBGE. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-denoticias/noticias/37937-rebanhos-e-valor-dos-principais-produto-de-origemanimal-foram-recordes-em-2022>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. População estimada do país chega a 212,6 milhões de habitantes em 2024. Agência de Notícias IBGE, 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-denoticias/noticias/41111-populacao-estimada-do-pais-chega-a-212-6-milhoesde-habitantes-em-2024>.

IRINEU, T. H. da S. Adubação orgânica em abacaxi 'Pérola' na produção e nas características físicas e químicas de frutos. 2024. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2024.

KIEHL EJ. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres; 1985.

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. Adubação Orgânica. EMPRAPA Milho e Sorgo, [s.l.], 2021.

KORNDORFER, G. H.; ANDERSON, D. L. Use and impact of sugar-alcohol residues vinasse and filter cake on sugarcane production in Brazil. Sugar Azucar, v.92, p.26-35, 1997.

LIMA FILHO, O. F. de *et al.* (Orgs.). *Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática*. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2023. v. 1. 586 p. ISBN 978-65-86056-63-1. Publicação digital (PDF). Disponível em: <https://www.embrapa.br>.

LIMA, C. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; SILVA, L. H. M.; ROIG, A. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. Engenharia Agrícola e Ambiental 2009, 13, 334.

LIMA, L. K. F. de; KIRSCHNIK, P. G. Composição, alterações pós-morte e métodos de conservação do pescado. In: BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. (Org.). *Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos*. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 401-421.

LOPES, I. G. Tratamento de resíduos da aquicultura: compostagem e uso de mosca soldado negro. 2020. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade

Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2020.

LOPES, I. G, BRAOS, L. B, CRUZ, M. C. P, VIDOTTI, R. M. Valorization of animal waste from aquaculture through composting: Nutrient recovery and nitrogen mineralization. *Aquaculture*. V. 531. 2021. 735859. ISSN 0044-8486. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735859>.

LUCON, I. M. **Uso agrícola do lodo gerado em estação de tratamento de água**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) — Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2012.

MACHADO, E. A. P. C. Compostagem de resíduos orgânicos oriundos da piscicultura e comércio de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em pesqueiros: uma alternativa sustentável. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2023/24 a 2033/34**. Brasília: 2024.

MEDEIROS, C. C.; OLIVEIRA, L. D.; SALGADO, A. F. **Biodigestão Anaeróbia de Dejetos de Animais**. [Circular técnica]. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC. 1981. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/54291/1/Circular_Biogas.pdf.

MIELE, A.; MILAN, P. A. Composição mineral de cama de aviário de frangos de corte e sua utilização na adubação de vinhedos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 18, n. 7, p. 729-733, 1983.

MORETTI, S. M. L.; BERTONCINI, E. I.; ABREU JUNIOR, C. H. Decomposição de lodo de esgoto e composto de lodo de esgoto em nitrossolo háplico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 1796–1805, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbcs20150082. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20150082>.

NEVES, R. A. D.; LIMA, H. E. de; SILVA, E. E. da; QUEIROZ, E. S.; LIMA, Y. P. de. Utilização de composto orgânico produzido a partir de resíduos da poda fitossanitária de cupuaçuzeiros infectados por *Moniliophthora perniciosa* e de diferentes fontes de nitrogênio como substrato para produção de mudas de hortaliças. In: GOMIDE, P. H. O.; FALCÃO, M. T. (Org.). *Sociobiodiversidade Amazônica: saberes, olhares e práticas agroecológicas*. 1. ed. Boa Vista, RR: UERR Edições, 2021.

OLIVEIRA, J. C. de. Qualidade do solo e crescimento inicial de plantas do cerrado após adubação com resíduos de cana-de-açúcar e biochar de torta de filtro. 2023. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade

Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, 2023.

PAIVA, A.V.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J.L.M.; FERRAZ, A. V. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 499-511, dez. 2009. Disponível em:<<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr84/cap18.pdf>>.

PASSOS, E. da C. .; OLIVEIRA, D. M. de; FERREIRA, J. C. C.; AOKI, R. B. .; FALCÃO, N. P. de S. . Influence of charcoal residues and cattle manure on the development of faveira seedlings . *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 16, p. e88111637855, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i16.37855.

PAVINATO, P. S; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 3, p. 911–920, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300001>.

PEREIRA, D. C.; WILSEN NETO, A.; NÓBREGA, L. H. P. **Adubação orgânica e algumas aplicações agrícolas**. *Varia Scientia Agrárias*, v. 3, n. 2, p. 159-174, jul.-dez. 2013.

PEREIRA, G. de A. C. **Adubação de capim-elefante com composto orgânico produzido com resíduos animais**. Dissertação. Sobral, 2016. 85 f.

PILLON, C. N.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. Dinâmica da matéria orgânica no ambiente. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 41 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 105). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/744147/1/documento105.pdf>.

PRATES, A. R. COMPOSTO DE LODO DE ESGOTO E BIOESTIMULANTE NA PRODUÇÃO DE TAPETES DE GRAMA ESMERALDA. 2024. Trabalho de doutorado (Engenharia Agrônômica). Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Botucatu.

PULROLNIK, K. *Transformações do carbono no solo*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 36 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, n. 264). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/664366/1/doc264.pdf>.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds.) *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

REBELATTO, I. S. et al. **Composição química e valor nutricional do pescado**. In: **Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos**. Vol. 4. Editora Científica Digital, 2022. DOI: [10.37885/220408711](https://doi.org/10.37885/220408711).

REIS, R. R. dos. Uso de torta de filtro na adubação de cana-de-açúcar. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônoma) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/532df024-72e7-424f-851709a9b8215acb/download>.

Ribeiro, L. L. O. 2023. Efeito do pó de rocha de basalto, cama de frango e esterco bovino nos atributos químicos do solo, teores de nutrientes foliares e produtividade da soja e milho segunda safra. Tese – doutorado em Agronomia.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon – Paraná.

ROCHA, A. F. M. Qualidade física e fisiológica de sementes de pimenta dedo de moça sob diferentes doses de adubo orgânico e mineral. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, Ceres, 2021.

ROCHA, K. da. Decomposição no solo da torta de filtro derivada do processamento da cana-de-açúcar. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

RODRIGUES, J. D. **Compostagem de lodo de ETE e sua utilização na substituição parcial de fertilizantes minerais no cultivo do milho**. 2023. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal) — Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2023.

RODRIGUES, J. P; COSTA, D. F. A. da; GAVILÁN, G. D. de C; CAVALHEIRO, G. da S; MARTINS, L. P; ALVES, N. P; OSORIO FILHO, B. D. Atividade biológica e decomposição de resíduos orgânicos em área de lavoura sobre Argissolo Vermelho Distrófico. Revista Eletrônica Científica da UERGS, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 13–17, 2019. DOI: 10.21674/2448-0479.51.13-17.

SANES, F. S. M.; STRASSBURGER, A. S.; ARAÚJO, F. B.; MEDEIROS, C. A. B. Compostagem e fermentação de resíduos de pescado para produção de fertilizantes orgânicos. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1241–1252, maio/jun. 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n3p1241.

SANTOS, D. E. F. Atributos físicos do solo em área de arroz e feijão com aplicação de composto de lodo de esgoto. Universidade Estadual Paulista

(UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia).

SANTOS, D. H., SILVA, M. D. A., TIRITAN, C. S., FOLONI, J. S., & ECHER, F. R. (2011). Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15, 443-449.

SANTOS, D. M. da S. Atributos químicos do solo e crescimento de mudas de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) adubadas com composto de resíduos de aquicultura. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, 2021.

SANTOS, D.H., TIRITAN, C.S., FOLONI, J.S.S. 2012. Efeito residual da adubação fosfatada e torta de filtro na brotação de soqueiras de cana-de-açúcar. *Revista Agrarian*. Dourados, v.5, n.15, p.1-6.

SANTOS, J.; SILVA, M. de L.; PEREIRA, A. C. **Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com *Egeria densa***. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 5, p. 995-1002, 2007. DOI: [10.1590/S010006832007000500016](https://doi.org/10.1590/S010006832007000500016).

SANTOS, L. B. dos. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia e milho. 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2011. Disponível em: <http://tede.unioeste.br:8080/tede/handle/tede/1426>.

SANTOS, L. B.; CASTAGNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, P. S. R. de; Gonçalves Júnior, A. C.; NERES, M. A. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 1, p. 272-281, 2014.

SANTOS, M. de F. A. dos. Produtividade do consórcio de rúcula com coentro sob diferentes quantidades da mistura de palha de carnaúba mais esterco bovino. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2021.

SEDIYAMA, M. A.; VIDIGAL, S. M.; PEDROSA, M. W.; PINTO, C. L.; SALGADO L. T. Fermentação de Esterco de Suínos para Uso como Adubo Orgânico. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.12, n.6, p.638–644, 2008.

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. L. S. de; BELTRÃO, N. E. de M.. **Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 5 p. (Comunicado Técnico, 278). ISSN 0102-0099.

SILVA, C. L. DO N. ., MELO, A. F. ., TEIXEIRA, M. B. ., SILVA, E. C. DA ., CUNHA, F. N. ., & BARBOSA, V. K. B. . (2023). TEORES DE EXTRATO ETÉREO DE *Brachiaria brizantha* SOB ADUBAÇÃO DE CAMA DE FRANGO. ENERGIA NA AGRICULTURA, 38(3), 60–67. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2023v38n3p60-67>.

SILVA, J. A. da; SILVA, A. C. da; OLIVEIRA, M. R. de; SANTOS, F. C. dos; LIMA, L. C. de. Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 1–10, jan./mar. 2012.

SILVA, J. P. da. Avaliação do uso de lodo de esgoto como fertilizante orgânico na cultura do milho. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus Santa Teresa, 2022.

SILVA, L. S.; SOUSA, R. M.; SILVA, J. A. A. Aproveitamento de resíduos de pescado para produção de adubos orgânicos na agricultura: revisão de literatura. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 10, n. 1, p. 1–12, 2023.

SILVA, M. B. da. Efeito residual do composto de lodo de esgoto na ciclagem e no metabolismo de nitrogênio na rotação feijão-Urochloa brizantha-soja em sistema plantio direto no Cerrado. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Ilha Solteira, 2022.

SILVEIRA, A. P.; MARENA, F. G.; OLIVEIRA, L. R. F. de; ALMEIDA, V. O. de. **A utilização de torta de filtro na agroindústria sucroalcooleira**. 2019. Fernandópolis, 2019.

SIQUEIRA, W. W. Carbono orgânico dissolvido e carbono da biomassa microbiana de solos adubados com resíduos da indústria sucroenergética. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, 2023.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E.; OLIVEIRA, S. A. de; et al. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 43, n. 1, p. 61-68, jan. 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100013>.

SOUZA, H. A.; OLIVEIRA, E. L.; MODESTO, V. C.; MONTES, R. M.; NATALE, W. Atributos químicos do solo tratado com composto orgânico de carcaça e despojo de abate de caprinos e ovinos. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2012. 8p (Comunicado Técnico, 127).

SOUZA, H. A.; PEREIRA, H. S.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, G. J.; CURI, N. Efeito da adubação orgânica sobre as frações de carbono de solos cultivados com alface americana. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 6, p. 1738–1744, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000600013>.

SPERANDIO, I. F.; BUTTGEN JUNIOR, J. E.; GASPAROTTO, F.; SCHMIDT FILHO, E.; PACCOLA, E. A. S. (2021). Aplicação da cama de curral e cama de frango no cultivo da alface. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. 12. 1-10. 10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0001.

STROSSER, E. Methods for determination of labile soil organic matter : An overview. *Journal of Agrobiology*, v. 27, n. 2, p. 49–60, 2010.

SUSTAKOWSKI, M. C.; SEIDEL, E. P.; LANA, M. do C.; REIS, W. dos; BRAND, F. K.; HEXSEL, L. H. K. Pó de rocha basáltica associado a plantas de cobertura e cama de frango sobre atributos da fertilidade do solo.

REVISTA DELOS, [S. I.], v. 18, n. 63, p. e3480, 2025. DOI: 10.55905/rdelosv18.n63-015.

TEODORO, M. S. Confecção de compostos orgânicos em Parnaíba, PI. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016. 4 p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico, 238). ISSN 0104-7647.

TERA AMBIENTAL. Lodo de esgoto: de resíduo a fertilizante orgânico. Blog da Tera Ambiental, 17 mar. 2022. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/lodo-de-esgotoresiduo-a-fertilizante-organico>.

VALADÃO, F. C. de A. ; MAAS, K. D. B.; WEBER, O. L. dos S.; VALADÃO JÚNIOR, D. D. ; SILVA, T. J. da. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2029-2037, dez. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000600022>.

VALADÃO, F. C. de A.; SILVA, A. J. N. da; ROCHA, G.; XAVIER, SILVA, F. A. da. **Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 6, p. 2073-2082, 2011. DOI: [10.1590/S0100-06832011000600022](https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000600022).

VALENTE, S. B. et al. Composting of marine fish residues and rice husk. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 17, n. 2, p. 237– 248, 2016. DOI: 10.1590/S1519 - 99402016000200011.

VICTORIA RL, PICCOLO MC, VARGAS AAT. O CICLO DO NITROGÊNIO. IN: CARDOSO EJBN, TSAI, SM, NEVES MCP, editores. *Microbiologia do Solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 1992. p.105-20.

VITTO, D. C.; GUIMARÃES, V. F.; OLIVEIRA, P. S. R.; CECATTO JÚNIOR, R.; SILVA, A. S. L.; HOSCHIED, A. R. S. Produção e produtividade de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* fertilizado com cama de frango. *Nativa*, Sinop, v. 10, n. 4, p. 477-485, 2022. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i4.13141>.

WANG, C.; BHATIA, S. K.; MANIGANDAN, S.; YANG, R.; ALHARBI, S. A.; NASIF, O.; BRINDHADEVI, K.; ZHOU, B.. Comparative assessment of waste cooking, chicken waste and waste tire biodiesel blends on performance and emission characteristics. 2022.

ZHANG, S.; LI, Q.; MA, K.; CHEN, L. Temperature dependent gas exchange and stomatal/non-stomatal limitation to CO₂ assimilation of *Quercus liaotungensis* under midday high irradiance. *Photosynthetica*, v. 39, n.3, p.383-388, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1015130326683>.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. **Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais**. In: BORGES, Ana Lúcia; CALGARO, Marcelo (Org.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília: Embrapa, 2023. Cap. 14, p. 263-296.

ZUBA JUNIO, G. R.; SAMPAIO, R. A.; SANTOS, G. B.; NASCIMENTO, A. L.; PRATES, F. B. de S.; FERNANDES, L. A. Metais pesados em milho fertilizado com fosfato natural e composto de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 10, p. 1024-1030, out. 2011. DOI: [10.1590/S1415-43662011001000013](https://doi.org/10.1590/S1415-43662011001000013).