

DOSE DE RESÍDUO SÓLIDO DE TANQUE DE PISCICULTURA NA ADUBAÇÃO DE MILHO VERÃO

ROECKER, Khauany Paula¹
LIMA, Thaísa Capato²

RESUMO

O aumento da produção de resíduos provenientes da piscicultura representa um desafio ambiental, mas também uma oportunidade para seu aproveitamento agrícola. Neste contexto, o objetivo deste experimento é avaliar o crescimento e desenvolvimento do milho verão submetido a diferentes doses de resíduos sólidos de piscicultura. O experimento foi conduzido de setembro de 2024 a fevereiro de 2025, em uma propriedade rural em Nova Aurora, PR. Foi adotado um delineamento em blocos ao acaso (DBC) com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram nas doses: T1 (testemunha), T2 (3 t ha⁻¹), T3 (6 t ha⁻¹), T4 (9 t ha⁻¹) e T5 (12 t ha⁻¹). Para avaliar a eficiência do resíduo, foram observados os parâmetros crescimento vegetativo, produtividade e peso de mil grãos. Foram medidas a altura da planta, altura de inserção da espiga, comprimento da espiga e diâmetro do caule. Ao final do experimento, as duas fileiras centrais de cada parcela foram colhidas manualmente, e as espigas debulhadas. Os grãos tiveram a umidade ajustada a 13 %, e a massa de mil grãos foi calculada de acordo com as Regras para Análises de Sementes (R.A.S.). Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, foi feita a análise de variância (ANOVA) com as médias ajustadas por regressão polinomial, usando o software SISVAR. O aumento das doses de resíduo de piscicultura no cultivo de milho verão influencia significativamente o crescimento e a produtividade das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Produtividade, Fertilizante orgânico, *Zea mays* L.

DOSES OF SOLID WASTE FROM FISH FARMING TANKS IN SUMMER CORN FERTILIZATION.

ABSTRACT

The increase in waste production from fish farming represents an environmental challenge, but also an opportunity for its agricultural use. In this context, the objective of this experiment is to evaluate the growth and development of summer corn subjected to different doses of solid fish farming waste. The experiment was conducted from September 2024 to February 2025 on a rural property in Nova Aurora, Paraná, Brazil. A randomized block design (RBD) was used, with five treatments and four replications, totaling 20 experimental units. The treatments consisted of the following doses: T1 (control), T2 (3 t ha⁻¹), T3 (6 t ha⁻¹), T4 (9.75 t ha⁻¹), and T5 (12 t ha⁻¹). To assess the efficiency of waste, parameters such as vegetative growth, productivity, and thousand grain weight were evaluated. Plant height, ear insertion height, ear length, and stem diameter were measured. At the end of the experiment, the two central rows of each plot were harvested manually, and the ears were shelled. The grains were adjusted to 13% moisture content, and the thousand grain weight was calculated according to the Rules for Seed Testing (R.A.S.). Data were tested for normality using the Shapiro-Wilk test, and variance analysis (ANOVA) was performed with means adjusted by polynomial regression using SISVAR software. Increasing the application rates of fish farming residue in summer maize cultivation has a significant impact on plant growth and productivity.

KEYWORDS: Productivity; organic Fertilizer; *Zea mays*.

¹ Acadêmico de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná. E-mail: khauany paula.roecker@icloud.com

² Engenheira Agrônoma, Docente do Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná. E-mail: thaisalima@fag.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos, impulsionada pelo aumento populacional e pela intensificação das cadeias produtivas, coloca a agricultura diante do desafio de ampliar sua eficiência sem comprometer os recursos naturais. Esse cenário exige a adoção de estratégias que conciliem sustentabilidade, manejo adequado do solo e utilização de insumos alternativos capazes de reduzir a dependência de fertilizantes sintéticos (Silva *et al.*, 2024). Nesse contexto, o aproveitamento de resíduos orgânicos tem recebido destaque, pois possibilita a reciclagem de nutrientes, melhora as condições do solo e contribui para a preservação ambiental.

O Brasil se consolidou como um dos maiores produtores de grãos do mundo, desempenhando papel fundamental na segurança alimentar global. A produção de milho e soja é central nesse processo, uma vez que essas culturas abastecem tanto o mercado interno quanto cadeias produtivas estratégicas, como a avicultura e a suinocultura (Azevedo, 2021). Entre elas, o milho assume papel de grande relevância socioeconômica, sendo amplamente cultivado em diferentes regiões do país. Essa cultura se destaca pela sua elevada eficiência fotossintética, característica do metabolismo C4, que permite converter a radiação solar em biomassa de forma mais eficaz que plantas C3 (Cruz *et al.*, 2006). Contudo, para que esse potencial se concretize em altas produtividades, é imprescindível o fornecimento adequado de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, elementos fundamentais para o crescimento vegetativo e para o enchimento dos grãos (Alves *et al.*, 2022).

Enquanto a produção agrícola avança, observa-se também a expansão de sistemas integrados que incluem a piscicultura. Nos últimos anos essa atividade tem se consolidado como um dos setores mais dinâmicos do agronegócio brasileiro, especialmente no oeste do Paraná. A região responde por 96% da produção estadual de tilápia, e o município de Nova Aurora ganhou destaque nacional ao ser reconhecido como a “Capital Nacional da Tilápia” (Brenzam, 2023).

A piscicultura, ao mesmo tempo que gera renda, diversifica a matriz produtiva e fortalece a economia regional, mas produz também grandes volumes de resíduos sólidos resultantes da deposição de restos de ração, excreções e partículas em suspensão nos tanques de criação.

Apesar de sua relevância econômica, o manejo inadequado desses resíduos representa um risco ambiental considerável. O descarte direto em rios pode acarretar processos de eutrofização, redução da qualidade da água e desequilíbrios ecológicos (Coldebella, 2018). A condução ineficiente desse passivo é apontada como um dos principais fatores de impacto ambiental associados à piscicultura (Marchi e Gonçalves, 2020). Além disso, a ausência de soluções tecnológicas acessíveis e a dificuldade de viabilização financeira para pequenos produtores agravam o problema e reforçam a

necessidade de alternativas sustentáveis (Neves e Imperador, 2022). A limpeza periódica dos tanques, por sua vez gera acúmulo de lodo cujo destino final continua sendo um desafio (Silva e Silva, 2019).

Por outro lado, quando corretamente manejado, esse resíduo pode ser reaproveitado como insumo agrícola de valor agrônômico. A composição do lodo de piscicultura, rica em matéria orgânica e em nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes, permite sua utilização como fertilizante orgânico, promovendo melhorias químicas, físicas e biológicas no solo (Leite, 2004; Fernandes, 2021).

Estudos têm demonstrado que a aplicação desse material ao solo estimula a microbiota, aumenta a capacidade de retenção de água e favorece a nutrição das plantas, o que se traduz em incrementos de crescimento e produtividade (Muendo *et al.*, 2014). Nesse sentido, o aproveitamento agrícola do lodo contribui não apenas para a redução dos impactos ambientais da piscicultura, mas também para o fortalecimento da economia circular, ao transformar um passivo ambiental em recurso produtivo.

Considerando a importância econômica do milho e a disponibilidade de resíduos de piscicultura no Oeste do Paraná, a integração entre essas cadeias produtivas se mostra como alternativa estratégica para promover sistemas mais sustentáveis. Além de atender à demanda nutricional da cultura, o uso desse resíduo contribui para a redução de custos com adubação e para a mitigação de impactos ambientais. Ademais, essa prática está em consonância com diretrizes de políticas públicas voltadas para a sustentabilidade, como o Plano ABC, que incentiva práticas de baixo carbono na agricultura (Telles *et al.*, 2021).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e desenvolvimento do milho submetido a doses crescentes de resíduo sólido de piscicultura, verificando seu potencial como fertilizante alternativo e sustentável para a agricultura no oeste do Paraná.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RESÍDUOS ORGÂNICOS NA AGRICULTURA

O aproveitamento de resíduos orgânicos na agricultura tem ganhado cada vez mais destaque como alternativa sustentável de manejo, ainda mais em um cenário onde a pressão pela produção de alimentos cresce de forma contínua. Esses resíduos, quando incorporados ao solo, promovem melhorias em diferentes atributos, tanto químicos quanto físicos e biológicos, criando um ambiente mais equilibrado e fértil para o desenvolvimento das culturas (Coldebella, 2018).

A matéria orgânica é um dos principais componentes responsáveis por esses efeitos, pois aumenta a capacidade de retenção de água, contribui para a agregação das partículas, melhora a aeração e fornece energia para a microbiota do solo (Leite, 2004).

Além de melhorar as condições físicas e biológicas do ambiente, a matéria orgânica exerce papel fundamental como fonte de nutrientes. Durante a decomposição, os resíduos passam por processos de mineralização que liberam elementos essenciais de forma gradual, o que garante maior aproveitamento pelas plantas e reduz perdas por lixiviação (Fernandes, 2021).

De forma contrária aos fertilizantes minerais altamente solúveis, que disponibilizam nutrientes de forma imediata, mas também suscetível a perdas, os resíduos orgânicos contribuem para um fornecimento mais equilibrado ao longo do ciclo da cultura. Assim, os resíduos assumem dupla função: atuar como condicionadores do solo e como fornecedores complementares de nutrientes, favorecendo tanto a produtividade agrícola quanto a sustentabilidade dos sistemas de cultivo (Leite, 2004).

2.2 RESÍDUOS DE PISCICULTURA COMO FERTILIZANTE

Os resíduos sólidos da piscicultura representam um material de grande interesse. Nos sistemas de criação, especialmente nos de maior intensidade ocorre acúmulo de restos de ração, excreções dos peixes e sedimentos no fundo dos tanques. Esse material, conhecido como lodo de piscicultura, quando descartado de forma inadequada pode causar impactos ambientais significativos, como a eutrofização de rios (Coldebella, 2018). Porém, estudos mostram que esse mesmo resíduo possui composição rica em nutrientes, o que abre possibilidades para seu uso agrícola.

Em sistemas semi-intensivos e intensivos, a eficiência de aproveitamento dos nutrientes fornecidos via ração é relativamente baixa e uma grande quantidade permanece no tanque. Estima-se que entre 30% e 95% do nitrogênio e 70 a 90% do fósforo ofertados não sejam assimilados pelos peixes, ficando retidos nos sedimentos. A liberação posterior desses nutrientes depende de fatores ambientais, como o pH da água e a movimentação do tanque, o que explica o potencial poluidor quando não há manejo adequado (Rahman *et al.*, 2004).

Ao mesmo tempo, essa concentração de nutrientes torna o resíduo uma fonte promissora de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes, todos essenciais para o crescimento das plantas. Schmaltz *et al.* (2025), por exemplo, ao avaliarem sedimentos de viveiros de carpa na e registraram acúmulo de 330,9 t ha⁻¹ de carbono, 16,3 t ha⁻¹ de nitrogênio e 0,8 t ha⁻¹ de fósforo, números que evidenciam a magnitude do potencial desse material como insumo agrícola.

Muendo *et al.* (2014) verificaram que a aplicação de resíduos aquícolas ao solo resultou em melhorias em atributos químicos e físicos, refletindo em maior crescimento das plantas. Batista *et al.* (2024) demonstraram que a utilização de efluentes promoveu ganhos expressivos no desenvolvimento das culturas, enquanto Marchi e Gonçalves (2020) ressaltaram que o reaproveitamento desses resíduos reduz impactos ambientais, transformando um passivo em insumo de valor agronômico.

O aproveitamento agrícola do lodo de piscicultura também dialoga com os princípios da economia circular, pois reintegra nutrientes ao sistema produtivo em vez de descartá-los como rejeito. Nicoloso (2019) destaca que essa prática contribui não apenas para a fertilidade do solo, mas também para a redução da pressão sobre recursos não renováveis. Saraiva e Preto (2023) apontam que a reciclagem de resíduos orgânicos fortalece sistemas agrícolas sustentáveis e por sua vez, Telles *et al.* (2021) ressaltam sua importância dentro das estratégias do Plano ABC+, voltado para a agricultura de baixo carbono.

2.3 MILHO E RESPOSTA À ADUBAÇÃO ORGÂNICA

O milho é uma das culturas mais importantes do agronegócio brasileiro, tanto pela área cultivada quanto por sua versatilidade como alimento, ração e matéria-prima industrial. A cultura se destaca por seu metabolismo fotossintético C4, que confere elevada eficiência no uso da radiação solar, resultando em altas taxas de conversão em biomassa (Cruz *et al.*, 2006). Contudo, para expressar esse potencial produtivo, o milho é altamente exigente em nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, o que torna a adubação um fator decisivo para o sucesso da lavoura (Alves *et al.*, 2022).

Pesquisas têm demonstrado que a adubação orgânica pode atender parte dessas exigências, reduzindo a dependência de fertilizantes minerais. Oliveira (2016) relatou incrementos expressivos na produtividade do milho com o uso de biofertilizantes à base de resíduos de pescado, reforçando o potencial desses insumos.

Especificamente quanto ao uso de resíduos da piscicultura, Samuel *et al.* (2021) constataram que o milho adubado com efluentes aquícolas apresentou aumentos de 17,4% na altura, 14,8% no número de folhas e 22% no peso médio das espigas, sem risco de acúmulo de metais pesados nos grãos. Em outro estudo, Oriakpono *et al.* (2025) verificaram que a irrigação com efluentes elevou o pH do solo de 5,1 para 6,3 e aumentou os teores de N, P, K, Ca, Mg e matéria orgânica. Esses efeitos refletiram em maior germinação, altura, área foliar e número de folhas, confirmando o potencial do resíduo para promover ganhos de produtividade e melhorar a saúde do solo.

A análise conjunta desses estudos evidencia que o lodo de piscicultura é capaz de atender à alta demanda nutricional do milho, ao mesmo tempo em que contribui para a sustentabilidade ambiental. Sua utilização integra cadeias produtivas estratégicas (agricultura e aquicultura), fortalece práticas de economia circular e representa uma alternativa de baixo custo e fácil acesso para agricultores, especialmente em regiões de forte presença da piscicultura, como o oeste do Paraná.

3. METODOLOGIA

O experimento iniciou-se no dia 18 de setembro de 2024 em uma propriedade rural localizada no município de Nova Aurora, região oeste do Paraná, com latitude: 24°32'56.5"S e longitude 53°20'59.8"W situada a 441 m de altitude, em relação ao nível do mar. A região oeste do Paraná apresenta um clima subtropical do tipo Cfa, caracterizado pela ausência de uma estação seca definida (Nitsche *et al.*, 2019). O solo da área experimental de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (Embrapa, 2018).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por cinco linhas de semeadura com 5m de comprimento e espaçamento de 0,45m entre linhas, totalizando 12,5 m². Os tratamentos foram constituídos por doses crescentes de resíduo de piscicultura sendo T1 - a testemunha sem aplicação, T2 - 3 t ha⁻¹ de resíduo, T3 - 6 t ha⁻¹ de resíduo, T4 - 9 t ha⁻¹ de resíduo e T5 - 12 t ha⁻¹ de resíduo por hectare.

O resíduo sólido de piscicultura utilizado no presente estudo foi obtido a partir da remoção de sedimentos acumulados no fundo dos tanques de piscicultura. O material é composto majoritariamente por resíduos orgânicos oriundos da alimentação e excreção dos peixes, bem como restos de vegetação aquática e outras partículas em suspensão que se depositam ao longo do ciclo de produção.

Após a coleta, o material foi submetido ao processo de secagem. Inicialmente, o resíduo foi disposto em uma área coberta, ao abrigo de intempéries, em camadas finas (aproximadamente 5 cm de espessura) sobre lonas plásticas, permitindo uma maior superfície de contato com o ar. O material foi revolvido diariamente para garantir uma secagem uniforme e acelerar a perda de umidade. Esse processo durou aproximadamente 15 dias, até que o resíduo atingisse uma consistência seca, sendo verificado visualmente e por meio de aferições de peso constante em balança de precisão. Após a secagem completa, o material foi peneirado utilizando uma malha de 2 mm, garantindo a homogeneidade do tamanho das partículas e removendo impurezas maiores. O resíduo seco e

peneirado foi então armazenado em sacos de plásticos, em local seco e ventilado, até o momento de sua aplicação na cultura do milho.

Para avaliar as características químicas do resíduo proveniente da piscicultura utilizado no experimento, foram coletadas amostras representativas do material dos tanques escavados. As amostras foram analisadas quanto aos teores de umidade a 65°C (U), matéria orgânica (MO) e nutrientes totais: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Além disso, foi calculada a relação carbono/nitrogênio total (C/N).

A Tabela 1 apresenta os valores médios obtidos para esses parâmetros, demonstrando a composição nutricional do resíduo utilizado como fertilizante nas parcelas experimentais. Esses dados são essenciais para entender o potencial agrônomo do resíduo e sua influência no desenvolvimento das plantas no decorrer do experimento.

Tabela 1 – Caracterização de valor agrônomo de três amostras de resíduo dos tanques escavados, em umidade a 65° (U), matéria orgânica (MO), nutrientes totais: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), e relação carbono total/nitrogênio total (C/N).

Amostras de resíduos	U	M.O	N	P	K	Ca	Mg	C/N
	-----%-----	-----g.kg ⁻¹ -----						
1	5,3	8,3	3,3	1,8	8,1	3,2	1,6	3,0
2	8,8	5,1	3,5	2,4	7,7	3,4	1,5	3,0
3	12,4	2,1	4,0	2,9	7,5	3,6	1,5	3,0
Média	8,8	5,2	3,6	2,3	7,7	3,4	1,5	3,0

Fonte: Os autores, 2024.

As quantidades de resíduos a serem aplicadas por tratamento foram obtidas por meio de cálculos levando em consideração o teor de nitrogênio das análises dos resíduos e a demanda desse nutriente pelo milho. A aplicação foi realizada manualmente na linha de plantio, com a deposição do adubo diretamente sobre o solo.

A cultivar utilizada foi a Pioneer P3322 PWU, conhecida por seu alto potencial produtivo, genético e tecnológico. Caracteriza-se por ser uma cultivar super-precoce, com ciclo de 133 dias, e exige solos de média a alta fertilidade. As sementes possuem tratamento LumiGEN®, que inclui dois fungicidas: Rancona® 450 FS (Ipconazole), aplicado na dose de 5,6 mL por 60.000 sementes, eficaz no controle de doenças como podridão-dos-grãos armazenados ou fungo-de-pós-colheita (*Aspergillus flavus*), podridão-do-colmo e podridão rosada-do-milho (*Fusarium moniliforme*), olho-azul e bolor-azul (*Penicillium oxalicum*); e Maxim® XL, composto por Metalaxil-M e Fludioxonil, na dose de 150 mL por 60.000 sementes, que combate a podridão-do-colmo (*Pythium aphanidermatum*) e a podridão rosada-do-milho (*Fusarium moniliforme*).

Além dos fungicidas, o tratamento conta com dois inseticidas: Dermacor®, composto por Clorantraniliprole, na dose de 48 mL por 60.000 sementes, que combate a lagarta-elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*), lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), coró (*Phyllophaga cuyabana*) e coró (*Liogenys fuscus*); e Poncho®, cujo princípio ativo é Clotianidina, aplicado na dose de 70 mL por 60.000 sementes, que controla a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), tripses (*Frankliniella williamsi*), coró (*Phyllophaga cuyabana*), percevejos (*Dichelops spp*), e pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*).

O tratamento também inclui o bioestimulador e enraizador Lumidapt™ Valta, composto por aminoácidos e peptídeos bioativos, na dose de 80 mL por 60.000 sementes, que promove maior enraizamento, espessura do colmo e arranque inicial. Além disso, as sementes são tratadas com o bionematicida Lumialza™, que contém o (*Bacillus amyloliquefaciens* cepa PTA-4838) e oferece proteção contra todos os tipos de nematoides, garantindo a saúde das raízes.

A semeadura foi realizada manualmente com o auxílio de uma matraca, depositando duas sementes por cova sobre as linhas previamente marcadas com uma semeadora e com adubação no sulco de plantio, tendo em média 2,5 plantas por metros lineares com uma população de aproximadamente 55.555 mil plantas por hectare, o adubo utilizado foi 12-31-17 Topmix Evolucion Yara, aplicado de forma uniforme em todas as parcelas, com uma dose equivalente a aproximadamente 372 kg ha⁻¹. Após 20 dias, foi realizado o raleio das plântulas para evitar competição. Os tratos culturais seguiram as recomendações técnicas para a cultura do milho.

O manejo das plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais, conforme a necessidade, com o objetivo de garantir que a interferência das invasoras não comprometesse o desenvolvimento e a produtividade da cultura. Foram realizadas duas capinas manuais ao longo do ciclo da cultura: a primeira aos 15 dias após a emergência (DAE) e a segunda aos 35 DAE, momentos em que a densidade de plantas daninhas atingiu níveis que poderiam prejudicar o crescimento saudável do milho.

Esse controle manual, apesar de demandar maior esforço físico, foi fundamental para evitar o uso excessivo de herbicidas, reduzindo o risco de fitotoxicidade, que pode causar danos diretos às plantas, como alterações no seu desenvolvimento, queima de folhas e redução da capacidade de absorção de nutrientes. Assim, essa abordagem contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis, preservando a qualidade do solo e o equilíbrio ambiental, promovendo uma produção mais limpa e segura.

Para avaliar a eficiência do resíduo, foram observados os seguintes parâmetros agrônômicos: crescimento vegetativo, produtividade e peso de mil grãos.

O crescimento vegetativo das plantas foi avaliado, no dia 19 de janeiro de 2025, por meio da medição da altura, que considera a distância entre o colo e a ponta da inflorescência. Também foi mensurada a altura de inserção da espiga, determinada pela distância entre o colo da planta e o ponto de inserção da primeira espiga, estas avaliações foram efetuadas com auxílio de trena. Foram avaliados também o diâmetro do colmo e o comprimento da espiga, sendo considerada como a distância entre sua base e o último grão no ápice, ambos obtidos com auxílio de régua.

Ao final do ensaio, as duas linhas centrais de cada parcela foram colhidas manualmente para análise de produtividade. Após a colheita, as espigas foram trilhadas, e as amostras de grãos pesadas, com determinação da umidade em laboratório para ajuste a 13%. A massa de mil grãos foi calculada conforme as orientações das Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Os dados com normalidade confirmada foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguida da comparação das médias pelo teste de regressão, a um nível de 5% de probabilidade de erro, com auxílio do programa SISVAR 5.8 (Ferreira, 2019).

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados obtidos para as variáveis analisadas aos 140 dias da cultura do milho verão, cultivado com diferentes doses de resíduos sólidos oriundos da piscicultura.

Tabela 2 – Valores das variáveis analisadas no experimento com o uso de resíduos sólidos de piscicultura na cultura do milho verão, com dados coletados aos 140 dias. Nova Aurora, PR.

	Variáveis						
	Altura (m)	Diâmetro do colmo (cm)	Inserção da espiga (cm)	Comprimento da espiga (cm)	Massa do sabugo (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Massa de mil grãos (g)
Média	2,39	8,06	94,85	16,98	699,9	8184,9	377,36
C.V. (%)	2,57	6,12	5,35	3,79	5,24	3,43	1,90
Shapiro- Wilk	0,2391	0,0168	0,0579	0,0513	0,9453	0,6881	0,9434
p-valor	0,001*	-	0,0042*	0,0065*	0,0049*	0,0002*	0,0003*

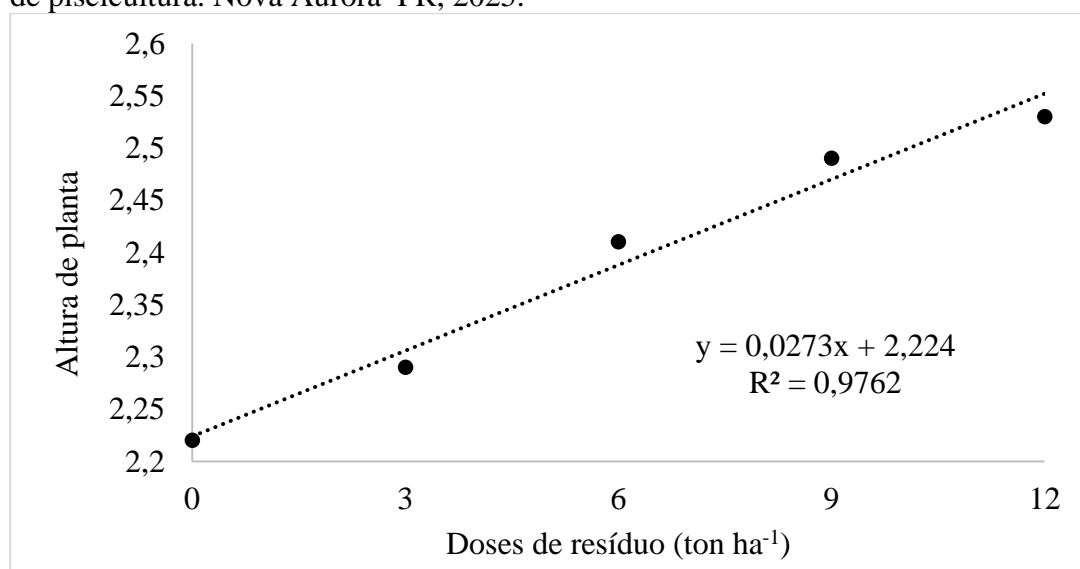
Nota: Legenda: ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pela ANOVA. *: significativo ao nível de 5% de probabilidade pela ANOVA. Fonte: Os autores, 2024.

A variável altura de planta apresentou diferença estatística significativa ($p = 0,001$) (Tabela 2), com destaque para o tratamento T5, que obteve a maior média (2,53 m), significativamente superior ao tratamento T1 (testemunha), que apresentou a menor altura média (2,22 m).

Os resultados indicaram um aumento significativo e linear na altura das plantas à medida que as doses de resíduo de piscicultura foram incrementadas (Figura 1). Esse comportamento sugere que

o resíduo de piscicultura pode ter atuado de maneira positiva no crescimento das plantas, provavelmente devido à presença de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio, que são liberados gradualmente no solo. Com o aumento das doses aplicadas, as plantas demonstraram uma resposta direta em termos de crescimento, refletindo uma correlação clara entre a quantidade de resíduo e a melhoria no desenvolvimento vegetativo. Esses dados indicam que o uso do resíduo de piscicultura, quando manejado corretamente, pode ser uma prática eficiente para promover o crescimento vegetal (Hungria, 2011).

Figura 1 – Análise de regressão para altura de plantas de milho em função das doses de resíduo de piscicultura. Nova Aurora-PR, 2025.



Fonte: Os autores, 2024.

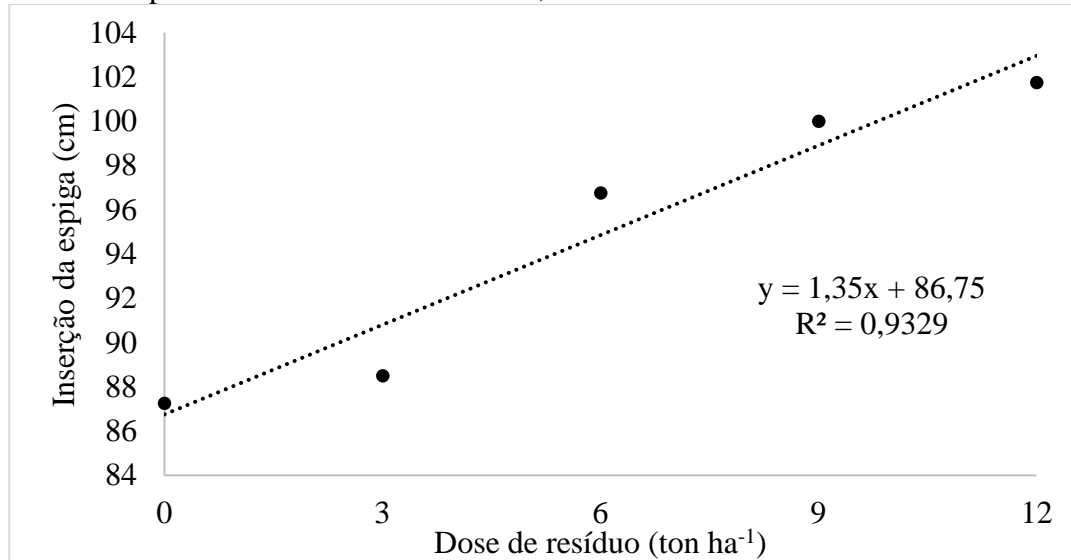
Resultados semelhantes foram descritos por Samuel *et al.* (2021), que observaram incremento médio de 17,4% na altura das plantas e de 14,8% no número de folhas de milho adubado com efluente de piscicultura em comparação à testemunha. Além disso, o peso médio das espigas aumentou em 22%, refletindo diretamente no rendimento final. Esses valores aproximam-se dos resultados encontrados neste trabalho, confirmando o potencial do resíduo aquícola como fonte alternativa de nutrientes.

Na mesma direção, autores como Oriakpono *et al.* (2025), observaram ganhos em altura, área foliar e taxa de germinação, atribuídos à melhoria das condições químicas e biológicas do solo. Esse conjunto de evidências reforça que os nutrientes presentes no lodo de piscicultura não apenas suprem parte da demanda da cultura, mas também criam condições favoráveis para o desenvolvimento inicial do milho.

A altura de inserção da espiga também foi estatisticamente significativa ($p = 0,0042$) (Tabela 2). Observou-se que essa variável apresentou um aumento significativo e linear com o incremento

das doses de resíduo de piscicultura (Figura 2), sugerindo que o uso deste material pode ter influenciado positivamente a arquitetura da planta.

Figura 2 – Análise de regressão para altura de inserção da espiga do milho em função das doses de resíduo de piscicultura. Nova Aurora–PR, 2024.

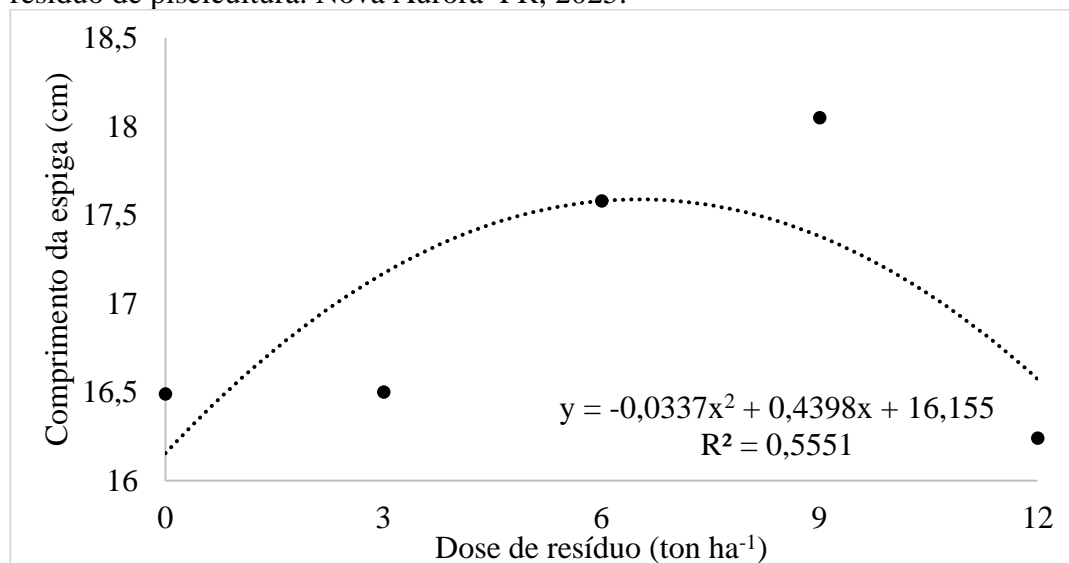


Fonte: Os autores, 2024.

A correlação entre as doses aplicadas e a altura de inserção pode ser explicada pela melhoria nas condições do solo, resultante da aplicação do resíduo, o que favoreceu a distribuição de nutrientes essenciais para o crescimento da parte aérea das plantas. Essa variável é importante, pois está relacionada com o aproveitamento da planta e a eficiência na colheita mecanizada, sendo desejável uma inserção média que facilite a colheita e evite acamamentos (Cruz *et al.*, 2006).

Quanto ao comprimento da espiga, houve diferença significativa entre os tratamentos ($p = 0,0065$) (Tabela 2). Os resultados indicaram que o comprimento da espiga seguiu uma curva quadrática, atingindo um ponto máximo com a aplicação de 6,5 toneladas por hectare de resíduo de piscicultura (Figura 3). Esse padrão sugere que, até essa dose estimada, o resíduo de piscicultura promoveu um efeito positivo no desenvolvimento das espigas, potencializando o crescimento da planta. No entanto, após esse ponto, o aumento nas doses de resíduo pode ter causado um efeito de saturação ou até mesmo toxicidade, resultando em uma diminuição do comprimento da espiga.

Figura 3 – Análise de regressão para comprimento de espiga do milho em função das doses de resíduo de piscicultura. Nova Aurora-PR, 2025.

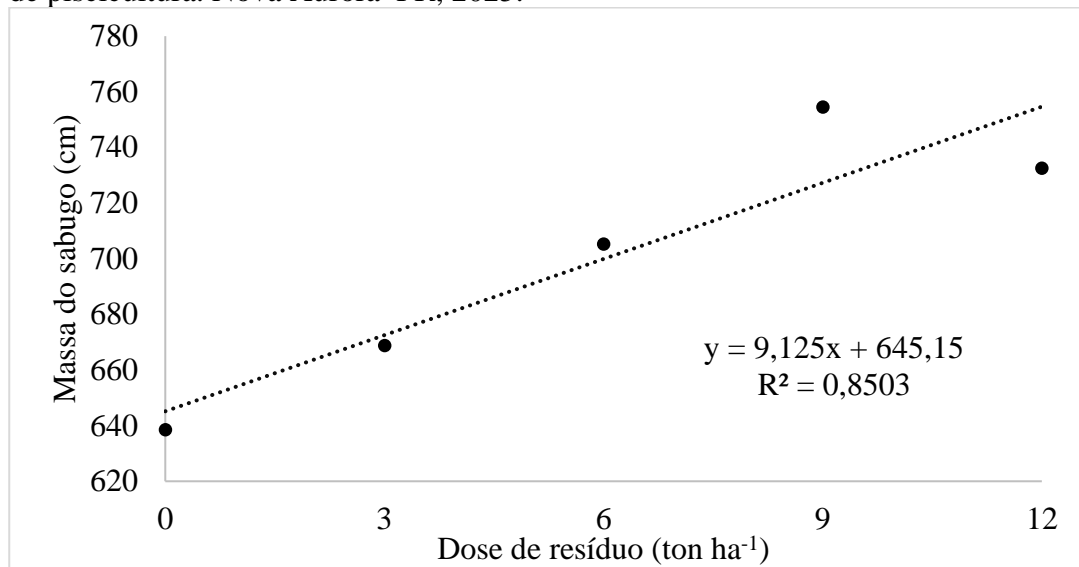


Fonte: Os autores, 2024.

De acordo com Soares (2003), o nitrogênio exerce papel fundamental no desenvolvimento do milho, promovendo aumento médio de até 22% no comprimento das espigas. De forma semelhante, o uso do resíduo de piscicultura, por ser uma fonte alternativa de nutrientes, também demonstrou potencial para favorecer o crescimento das espigas, evidenciando sua eficiência como adubo orgânico no suprimento de nitrogênio à cultura.

A massa do sabugo também variou significativamente entre os tratamentos ($p = 0,0049$) (Tabela 2). O maior valor foi observado no tratamento T4 (755g), enquanto o menor foi T1 testemunha (639 g). O aumento linear observado na massa do sabugo com o incremento das doses de resíduo de piscicultura (Figura 4) sugere que a aplicação desse resíduo teve um impacto positivo contínuo na produtividade das plantas.

Figura 4 – Análise de regressão para massa do sabugo do milho em função das doses de resíduo de piscicultura. Nova Aurora–PR, 2025.

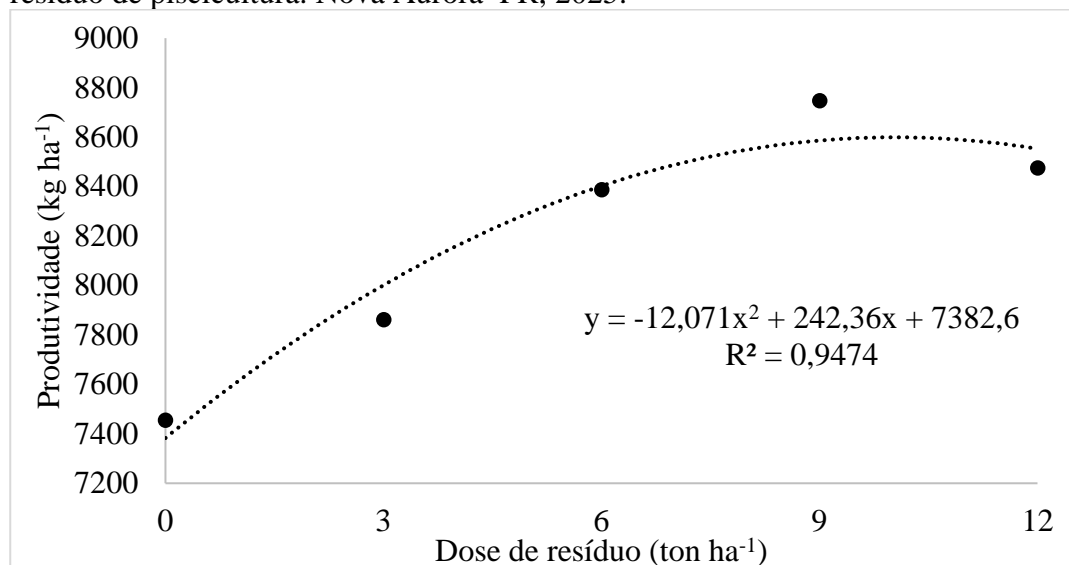


Fonte: Os autores, 2024.

À medida que as doses aumentaram, a planta provavelmente teve acesso a uma maior quantidade de nutrientes essenciais, promovendo o crescimento das espigas e favorecendo a formação de grãos mais pesados. Embora o sabugo não represente diretamente a produtividade, ele pode refletir o desenvolvimento interno da espiga e o aproveitamento dos nutrientes pela planta.

A produtividade, um dos principais parâmetros avaliados, apresentou diferença altamente significativa ($p = 0,0002$) (Tabela 2). Neste parâmetro foi observada uma curva quadrática, com o ponto de máxima em 10 toneladas de resíduo de piscicultura por hectare, o que indica que essa dose representou o equilíbrio ideal entre os nutrientes fornecidos pelo resíduo de piscicultura e as necessidades das plantas (Figura 5).

Figura 5 – Análise de regressão para produtividade de grãos de milho em função das doses de resíduo de piscicultura. Nova Aurora-PR, 2025.



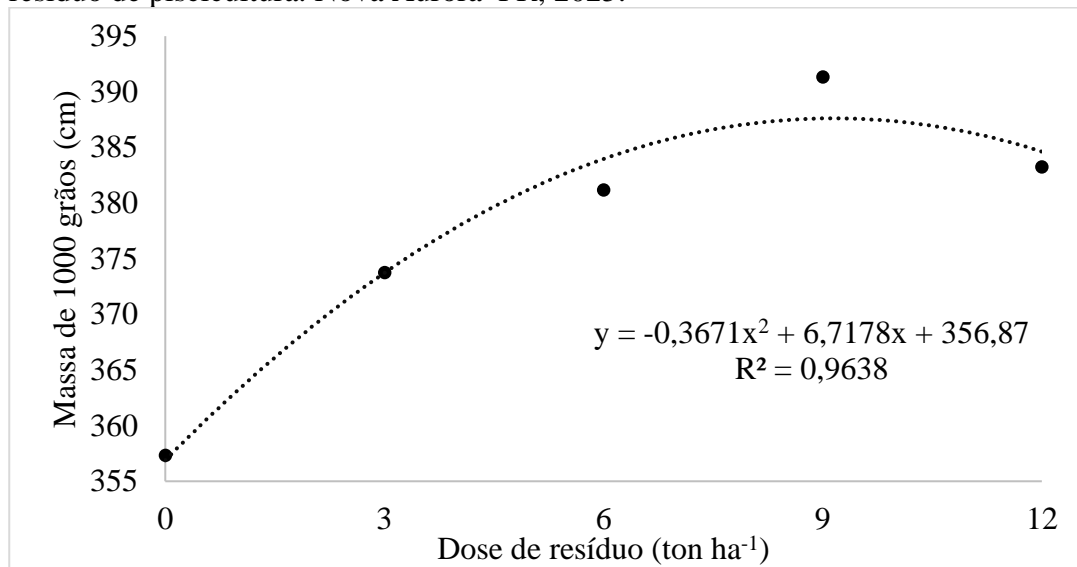
Fonte: Os autores, 2024.

O resíduo foi capaz de promover um aumento progressivo na produtividade, fornecendo nutrientes essenciais de forma eficiente. No entanto, após o ponto de máxima calculado, o aumento nas doses pode ter causado um efeito de saturação, onde os nutrientes em excesso começaram a não ser mais absorvidos de maneira eficiente pelas plantas resultando em redução no rendimento.

Esse comportamento confirma a eficiência do resíduo de piscicultura como fertilizante orgânico alternativo, promovendo ganhos na produtividade. De forma semelhante, Oliveira (2016) relatou aumentos expressivos na produtividade da cultura do milho utilizando biofertilizante à base de resíduos de pescado, destacando seu potencial agrônomo e ambientalmente sustentável.

A variável massa de mil grãos também foi significativamente influenciada pelos tratamentos ($p = 0,0003$) (Tabela 2). Na figura 6 observa-se que a massa de mil grãos apresentou uma curva quadrática, alcançando seu ponto máximo com a aplicação de nove toneladas de resíduo de piscicultura por hectare.

Figura 6 – Análise de regressão para massa de mil grãos de milho em função das doses de resíduo de piscicultura. Nova Aurora-PR, 2025.



Fonte: Os autores, 2024.

O aumento de doses de resíduos aplicados durante o cultivo do milho parece ter melhorado a nutrição das plantas, permitindo o acúmulo de biomassa nas espigas. No entanto, após atingir a dose de nove toneladas, o excesso de nutrientes pode ter gerado uma resposta de saturação, em que a planta não conseguiu mais aproveitar adequadamente os nutrientes adicionais, resultando em uma diminuição no peso dos grãos.

Oliveira (2016) também relatou ganhos de produtividade em função do uso de biofertilizantes à base de resíduos de pescado. Assim, os resultados evidenciam que o lodo de piscicultura, quando utilizado em doses adequadas, atua como fonte de nutrientes e condicionador do solo, promovendo ganhos agrônômicos relevantes e sustentabilidade ambiental.

Os resultados obtidos neste estudo estão em consonância com os achados de Alves *et al.* (2023), que relataram que a fertirrigação com águas residuárias da piscicultura resultou em aumento de 21% na produção de biomassa seca e de 18% no rendimento de grãos de milho, em relação à adubação convencional. Esses números demonstram que os resíduos de piscicultura não apenas suprem nutrientes, mas também atuam como condicionadores do solo, favorecendo o desenvolvimento radicular e a eficiência no aproveitamento da água e da radiação solar.

Em resumo, os resultados mostram que o resíduo de piscicultura teve efeitos importantes e variados no desenvolvimento das plantas, com respostas diferentes dependendo da variável analisada. O aumento linear na altura das plantas e na altura de inserção da espiga indica que o resíduo contribuiu positivamente para o crescimento vegetativo das plantas, ajudando no seu desenvolvimento de maneira geral. Por outro lado, as variáveis que seguiram uma curva quadrática, como o comprimento da espiga, a massa do sabugo, a produtividade e a massa de mil grãos, sugerem que existe uma

quantidade ideal de resíduo que traz os melhores resultados na fase reprodutiva. Depois dessa dose, os efeitos começam a se estabilizar ou até diminuir.

Esses achados estão em linha com outras pesquisas que destacam a importância de usar corretamente resíduos orgânicos, como os de piscicultura, para melhorar a produção agrícola. No entanto, ainda é preciso entender melhor os mecanismos por trás desses efeitos e estudar o impacto de doses maiores, para garantir que o uso desse resíduo seja sustentável e eficaz em diferentes condições agrícolas.

Do ponto de vista ambiental e socioeconômico, o redirecionamento do lodo de piscicultura para uso agrícola é muito importante. Na realidade produtiva do Oeste do Paraná, onde a integração entre piscicultura e lavoura é crescente, esse arranjo também amplia a autonomia de agricultores e melhora o manejo de resíduos

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento das doses de resíduo de piscicultura no cultivo do milho verão tem um efeito positivo no crescimento e no desenvolvimento das plantas. Nas condições deste experimento, observou-se que o aumento das doses, até 10 toneladas por hectare de resíduo, resultou em ganhos significativos de produtividade.

Além do efeito agrônômico imediato, a prática se mostra relevante do ponto de vista ambiental, ao reduzir a carga de resíduos lançados nos corpos hídricos e do ponto de vista econômico, ao oferecer uma alternativa viável de adubação para pequenos e médios produtores. Recomenda-se que novos estudos sejam conduzidos para avaliar os efeitos de longo prazo sobre as propriedades do solo, a dinâmica de liberação de nutrientes em diferentes condições edafoclimáticas e o impacto sobre outras culturas de interesse agrícola.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. R.; SILVA, E. C.; BARBARÁ, M. A.; ORTIN, S. M. A. Uso de estimulante e adubo foliar na cultura do milho. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, vol. 8, n. 10, p. 1358-1378, 2022.

AZEVEDO, M. L. S. **Produção e caminhos da exportação da soja e do milho no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Agronomia - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2021. 55p.

BATISTA, K. D.; GOMIDE, P. H. O.; MELO, V.; PEREIRA, S. L. A.; SILVA, E. E.; SILVA, V.; SANTOS, M. D. Uso de efluentes de piscicultura na fertirrigação de vegetais produzidos com base em práticas agroecológicas. **Observatório Latino-Americano**, vol. 1, n. 1, p. 1-15, 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

BRENZAN, C. K. M. **Piscicultura do oeste do Paraná: o desenvolvimento endógeno e neoendógeno, e a promoção do desenvolvimento rural sustentável**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural Sustentável do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Marechal Candido Rondon / PR. 2023.

COLDEBELLA, A. **Efluentes da piscicultura intensiva em viveiros escavados: caracterização e dinâmica dos nutrientes**. Tese Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – UNIOESTE, Toledo / PR, 2018. 81p.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do milho**. Circular Técnica nº 87, Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, 2018. 353p.

FERNANDES, E. P. **Biofertilizantes na produção de mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*)**. Trabalho de Conclusão de Curso Zootecnia, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha / MA, 2021. 25p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

HIMES, F. L. Nitrogen, sulfur, and phosphorus and the sequestering of carbon. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; STEWART, B. A. (org.). **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 2018. p. 315-319.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. **Documento 325**, Embrapa Soja, 2011. 36p.

LEITE, L. F. C. **Matéria orgânica do solo**. Documento 97, Embrapa Meio-Norte, 2004. 31p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Circular Técnica nº 22, Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 23p.

MARCHI, C. M. D. F.; GONÇALVES, I. de O. Compostagem: a importância da reutilização dos resíduos orgânicos para a sustentabilidade de uma instituição de ensino superior. **Revista Monografias Ambientais**, v. 19, n. e1, p. 1-25, 2020.

MUENDO, P.N.; VERDEGEM, M.C.J; STOORVOGEL, J.J. MILSTEIN, A.; GAMAL, E.N.; DUC, P.M.; VERRETH, A.J. Sediment accumulation in fish ponds, its potential for agricultural use. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v.1, n. 5, p. 228-241, 2014.

NEVES, J. A.; IMPERADOR, A. M. A transição agroecológica: desafios para a agricultura sustentável. **Revista Geama**, v. 8, n. 3, p. 5-14, 2022.

NICOLOSSO, R.S.; LOURENZI, C.R.; BRUNETTO, G. (eds) **Gestão dos resíduos da produção animal: reciclagem como fertilizante e qualidade do solo**. EMBRAPA. Brasília. 2024. 283p.

NITSCHKE, P.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019. 216p.

OLIVEIRA, A. S. DA. **Eficiência de uso de nitrogênio e produtividade de milho em função da aplicação de biofertilizante com resíduo de pescado e *Azospirillum brasilense***. 2016. Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Agroecologia – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís / PR, 2016. 56p.

ORIAKPONO, I.O.; POKUBO, T.B.; ORIAKPONO, O.E. Effect of fish pond effluent on soil microbial population and maize *Zea mays* L. growth. **International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies**, v. 5, n. 1, p. 111-115, 2025.

RAHMAN, M. YAKUPITIYAGE, A.; RANAMUKHAARACHCHI S.L. Agricultural use of fishpond sediment for environmental amelioration. **Thammasat International Journal of Science and Technology**, v.9, n. 4, p. 1-10, 2004.

SAMUEL, O. IFEOMA, I.G.; PATRICE, O. Impact of fish pond effluent on the physicochemical characterization of soil, growth and yield of maize crop. **International Journal of Advanced Technology and Science Research**, v. 2, n.1, p. 221-233, 2021.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura de milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n. 1, p. 13-24, 1994.

SARAIVA, V.S.; PRETO, B.R. Uso de efluentes da piscicultura na agricultura irrigada. **Revista observatório de la economia latino-americana**, v.21, n.12, p.26505-26518, 2023.

SHMALTZ, E.M.; PEHAM, E.; FORSTUBER, H.; KONZETT, M.; BRUNNER, T.; RAMLER, D.; STRAUSS, P.; BAUER, C. Investigating the storage of organic carbon, nitrogen and phosphorus in pond sediment. **Journal of Soils and Sediments**, v.25, p. 1422-1436, 2025.

SILVA E SILVA, V. DA. **Uso do efluente da piscicultura na fertirrigação de olerícolas produzidas com base agroecológica**. 2019. Tese (Doutorado) – Instituto Federal de Roraima, 2019. 96p.

SILVA, E. E.; SILVA, J. L. A.; ARAÚJO, M. D. S. B.; LUDKE, J. V.; PRIMO, D. C.; SOBRAL, M. D. C. M. Manejo do lodo de tanque escavado em produção de alevinos de tilápia. **Cadernos de Agroecologia**. Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF. v. 13, nº 1, 2018.

SILVA, J. L. A. da. **Reuso de resíduo orgânico da piscicultura como condicionante de solo no semiárido**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife / PE, 2017. 105p.

SILVA, V. Uso de efluentes de piscicultura na fertirrigação de vegetais produzidos com base em práticas agroecológicas. **Observatório Latino-Americano**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2024.

SOARES, M. A. **Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.)**. 2003. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

TELLES, T.S.; VIEIRA FILHO, J.E.R.; RIGHETTO, A.J.; RIBEIR, M.R. **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil**. Texto para discussão n.2638. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, 2021. 49p.