

Produção de biofertilizantes no cultivo hidropônico de milho em Imperatriz – MA

Production of biofertilizers in hydroponic corn cultivation in Imperatriz – MA

Ruan Hector Moura dos Santos ¹, Daniel Carlos Machado ², Leanne Teles Prado ¹, Mayara Rodrigues Uchôa ⁴, Wilson Araújo da Silva ¹, Cristiane Matos da Silva ¹, Laylles Costa Araújo ³, Anatercia Ferreira Alves ¹, Jonathan dos Santos Viana ⁴⁺

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

² Universidade Estadual Paulista

³ Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capitão Poço

⁴ Universidade Federal do Ceará, Campus Pici

Resumo. O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e a composição nutricional do milho hidropônico submetido a diferentes soluções de biofertilizantes, visando sua utilização como uma suplementação a mais na alimentação de galinhas caipiras. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos: solução controle, girassol mexicano, leucena e mamona, com cinco repetições. A produção dos biofertilizantes ocorreu por fermentação anaeróbica, sendo posteriormente diluídos e aplicados diariamente nas unidades experimentais. Aos 12 dias após a semeadura, foram avaliadas variáveis morfológicas, como massa fresca e seca, altura de plantas e comprimento radicular, além de parâmetros relacionados à composição química, obtidos por espectroscopia no infravermelho próximo (NIR). Os resultados indicaram que não houve diferenças significativas para as variáveis de crescimento entre os tratamentos, sugerindo que a solução nutritiva padrão já atendia adequadamente às exigências do cultivo. No entanto, foram observadas alterações relevantes na composição nutricional da forragem. O tratamento com leucena apresentou destaque no teor de proteína e óleo, indicando melhora no valor energético e nutricional do milho hidropônico. O girassol mexicano demonstrou maior potencial em elevar compostos nitrogenados associados à síntese proteica. Em relação à fibra, os valores observados sugerem que a leucena pode favorecer melhor equilíbrio entre consumo e digestibilidade. Conclui-se que, a utilização dessas fontes orgânicas pode representar uma estratégia promissora para enriquecer a dieta de aves em sistemas alternativos, contribuindo para maior autonomia produtiva e sustentabilidade.

Palavras-chave: Fontes orgânicas, Biofertilizantes, Nutrição de aves, Sustentabilidade.

Abstract. The objective of this study was to evaluate the growth and nutritional composition of hydroponic corn submitted to different biofertilizer solutions, aiming at its use as an additional supplementation in the diet of free-range chickens. The experiment was carried out in a greenhouse, in a completely randomized design, with four treatments: control solution, Mexican sunflower, leucaena and castor bean, with five replications. The production of biofertilizers occurred by anaerobic fermentation, which were later diluted and applied daily in the experimental units. At 12 days after sowing, morphological variables such as fresh and dry mass, plant height and root length, as well as parameters related to chemical composition, obtained by near-infrared (NIR) spectroscopy, were evaluated. The results indicated that there were no significant differences for the growth variables between the treatments, suggesting that the standard nutrient solution already adequately met the requirements of the crop. However, relevant changes in the nutritional composition of the forage were observed. The treatment with leucaena stood out in the protein and oil content, indicating an improvement in the energy and nutritional value of hydroponic corn. Mexican sunflower has shown greater potential in elevating nitrogenous compounds associated with protein synthesis. Regarding fiber, the values observed suggest that leucaena can favor a better balance between intake and digestibility. It is concluded that the use of these organic sources may represent a promising strategy to enrich the diet of birds in alternative systems, contributing to greater productive autonomy and sustainability.

Keywords: Organic sources, Biofertilizers, Poultry nutrition, Sustainability.

Introdução

A nutrição representa a maior parcela dos custos operacionais da avicultura, podendo ultrapassar 60% do total de despesas, conforme destacado pela Embrapa (2022). O milho, fonte principal de energia nas formulações de ração, sofre influência direta das oscilações de mercado, da disponibilidade sazonal e das condições climáticas que afetam sua produção convencional em campo. Para produtores de menor escala, essa dependência pode comprometer a estabilidade econômica da atividade, tornando necessária a busca por estratégias alternativas de suplementação alimentar.

Nesse contexto, o cultivo de milho em sistema hidropônico configura-se como uma tecnologia promissora. Sistemas hidropônicos para produção de forragem apresentam uso eficiente da água, menor demanda por área e maior previsibilidade produtiva, especialmente em regiões com limitações edafoclimáticas (FAO, 2019). A técnica baseia-se na germinação controlada de sementes em ambiente protegido e sem uso de solo, permitindo a produção de forragem verde em curto período, geralmente entre sete e dez dias.

Do ponto de vista nutricional, o milho hidropônico é composto por plântulas, sistema radicular e remanescentes da semente, formando um alimento fresco e de alta palatabilidade. Sua composição inclui carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais, podendo complementar a dieta de diferentes espécies animais (Silva et al., 2020).

Na alimentação de galinhas caipiras, seu uso como suplemento pode diversificar a dieta, melhorar o aproveitamento de nutrientes e favorecer a saúde intestinal e a resposta imunológica. Além disso, a inclusão de alimento verde em sistemas alternativos está associada à melhoria do comportamento e ao bem-estar das aves, podendo refletir positivamente no desempenho produtivo e na qualidade da carne e dos ovos (Costa; Souza, 2018).

A utilização de biofertilizantes produzidos a partir de espécies vegetais como Leucena, mamona e girassol mexicano tem sido considerada uma alternativa promissora para melhorar o suprimento nutricional das plantas, as espécies citadas apresentam elevada produção de biomassa e capacidade de acumular nutrientes essenciais, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, além de diversos micronutrientes.

Quando essa biomassa é utilizada na elaboração de biofertilizantes líquidos ou fermentados, ocorre a liberação gradual desses nutrientes, que podem estimular a atividade microbiana do meio de cultivo e favorecer a absorção nutricional pelas plantas. Nesse sentido, a aplicação de biofertilizantes derivados dessas espécies pode contribuir para o melhor desenvolvimento do milho, promovendo maior vigor vegetativo e eficiência na nutrição das plantas, além de representar uma estratégia sustentável capaz de

reduzir parcialmente a dependência de fertilizantes minerais em sistemas produtivos agrícolas.

Sob a perspectiva ambiental, o sistema hidropônico de produção de milho destaca-se pelo uso eficiente da água, menor demanda por área e possibilidade de implantação em espaços reduzidos, sendo especialmente adequado para propriedades com limitações de solo ou sujeitas à variabilidade climática. No âmbito socioeconômico, a produção própria de suplementos alimentares pode reduzir a dependência de insumos externos e ampliar a autonomia produtiva do agricultor.

Dentro dessa conjuntura, o objetivo deste estudo foi de investigar o desenvolvimento e incremento nutricional do milho hidropônico exposto a soluções de biofertilizantes como alternativa na alimentação de galinhas caipiras.

Material e métodos

Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, casa de vegetação, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, no município de Imperatriz, região Sudoeste do estado do Maranhão, a (5°33'45,37" de Latitude Sul, (47°27'18,06") de Longitude Oeste, com altitude média de 92 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com precipitação média anual de 1.221 mm e temperatura média anual de 27,1 °C.

Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi delineado em blocos inteiramente casualizados (DIC), com 4 tratamentos, que consistiram em diferentes soluções hidropônicas à base de biofertilizantes, sendo estes: T1: Tratamento controle composto apenas por água e biofertilizantes incrementados com T2: girassol mexicano, T3: leucena e T4 mamona em cinco repetições.

Instalação e condução do experimento

O experimento foi implantado em jan/2026. Inicialmente foram preparados biofertilizantes à base de folhas e flores de girassol mexicano, leucena e mamona. Para tanto, foram pesados 100 g de esterco de aves seco e 50 g de folhas de cada planta para cada 1 L de água. Posteriormente foram preparados 2 litros de cada biofertilizante em recipientes hermeticamente fechados.

Para produção de biofertilizante, utilizou-se um recipiente com o esterco + folhas da planta + água, e no outro recipiente utilizou-se apenas água. Realizou-se uma perfuração em cada recipiente para conectar uma mangueira, afim de promover a diluição dos gases provenientes da fermentação anaeróbica da mistura.

Após 30 dias no processo de fermentação, o biofertilizante estava pronto para uso. A dose utilizada para diluição do produto consistiu em 1 L do biofertilizante pronto para 10 L de água.

Foram adicionadas 150 g de sementes de milho (*Zea mays* L.) por recipiente, sendo subsequentemente cobertas com capim seco para evitar evaporação acelerada. A solução hidropônica para cada tratamento era aplicada diariamente, em um volume de 150 mL.

Variáveis analisadas

Aos 12 dias após semeadura, momento em que as plantas apresentavam aumento no ganho de massa foliar e raiz, encerrou-se o experimento. Foram avaliadas características morfológicas como: massa fresca e seca aérea e de raiz, comprimento de raiz e altura de plantas. As massas frescas foram determinadas por meio da pesagem em balança semi-analítica com precisão de 0,001 g, valores expressos em gramas. A massa seca da parte aérea e da raiz, se deu por meio da lavagem do material, e secagem em estufa de circulação de ar forçada por 72 horas, a 65° C, e posterior pesagem, valores expressos em gramas.

O comprimento da raiz e altura de plantas foram determinados com uso de régua graduada, da base do colo da planta à ponta da raiz, para comprimento de raiz, e do colo da planta a inserção do meristema apical para altura de planta, sendo ambos os valores expressos em cm.

A massa seca total da planta foi utilizada para determinação de umidade, H⁺, nH, OilA, proteína, fibra, matéria mineral e fibra em detergente ácido com uso da metodologia de espectroscopia no infravermelho próximo (NIR -

Near-Infrared Spectroscopy). A amostra seca foi moída (em moinho tipo Willey) para obter um tamanho de partícula uniforme, garantindo a homogeneidade da leitura da luz infravermelha. Esta se baseia na interação da radiação eletromagnética com as vibrações moleculares de uma amostra, sendo especialmente sensível a ligações covalentes como C-H, O-H e N-H.

Análise estatística

Os dados obtidos foram testados quanto à normalidade dos erros (Royston, 1995) e homogeneidade de variância (Gastwirth et al., 2009), sendo submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software Agroestat, versão 1.0

Resultados e discussão

Os resultados obtidos demonstram efeito significativo ($p\text{-valor} < 0,01$) para massa fresca de milho hidropônico, Figura 1. Nota-se que os tratamentos, controle e leucena foram os mais expressivos nesse parâmetro, obtendo valores de 444,40 g e 445 g, respectivamente.

As análises estatísticas não revelaram diferenças significativas ($p > 0,01$) para os parâmetros de crescimento (massa fresca e seca de raiz, massa seca aérea, comprimento de raiz, altura) e composição química (H⁺, matéria mineral).

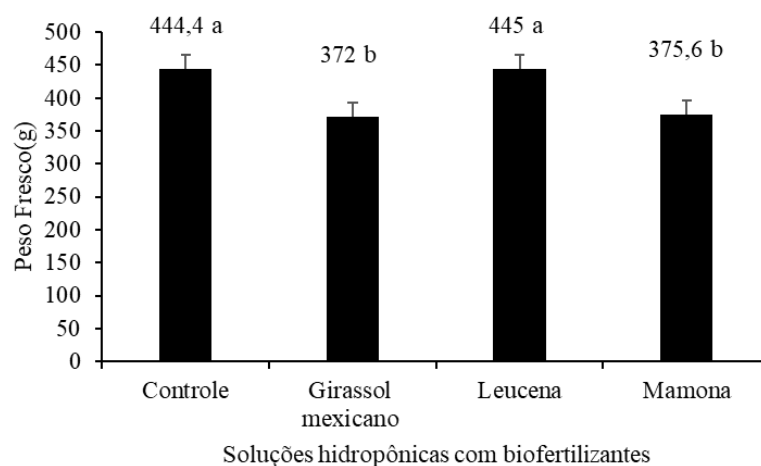


Figura 1. Massa fresca do milho sob efeito da aplicação hidropônica de bioestimulante à base de girassol mexicano, leucena e mamona. Imperatriz, Maranhão, Brasil. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos. Fonte: Santos (2026)

A similaridade de desempenho observada entre o tratamento com *Leucaena leucocephala* e o controle indica que o biofertilizante à base dessa leguminosa não induziu efeitos deletérios ao desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.), podendo, inclusive, sustentar o crescimento. *L. leucocephala* é reconhecida por seu elevado teor de nitrogênio e rápida taxa de decomposição, atributos que promovem a liberação de nutrientes e podem

estimular o crescimento vegetal (Mendonça et al., 2015). Contudo, a ausência de uma resposta significativa em relação ao controle sugere que, nas condições experimentais, o suprimento nutricional da solução padrão era satisfatório, restringindo uma resposta aditiva ao bioestimulante. Adicionalmente, em sistemas hidropônicos, a composição da solução nutritiva desempenha um papel crítico no crescimento das plantas, e a introdução de

biofertilizantes deve ser rigorosamente controlada para prevenir desequilíbrios químicos ou efeitos fitotóxicos (Resh, 2013). Consequentemente, os resultados obtidos sublinham a necessidade de uma avaliação criteriosa de fontes orgânicas em sistemas hidropônicos, dado que seus efeitos podem divergir significativamente em função da espécie vegetal, da concentração aplicada e da interação com a solução nutritiva.

A Figura 2 mostra o teor de umidade na biomassa seca de milho hidropônico sob efeito de solução rica em bioestimulantes vegetais. Houve efeito significativo para variável estudada (p -valor $<0,01$), onde os tratamentos, controle e leucena apresentaram maiores teores, com valores de 3,64% e 3,35%, respectivamente.

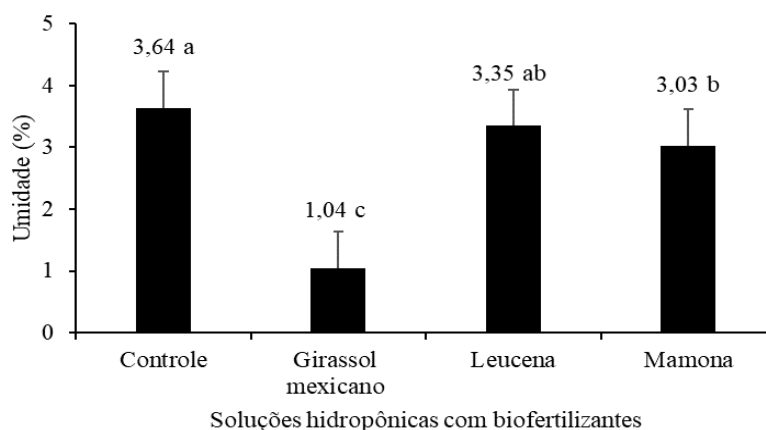


Figura 2. Umidade do milho sob efeito da aplicação hidropônica de bioestimulante à base de girassol mexicano, leucena e mamona. Imperatriz, Maranhão, Brasil. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos. Fonte: Santos (2026)

Os dados indicam que tanto a solução nutritiva padrão quanto a suplementação com leucena favoreceram a manutenção do equilíbrio hídrico nos tecidos vegetais, sendo a umidade é um dos principais parâmetros que influenciam a palatabilidade e o consumo de forragens em sistemas de produção animal. Além disso, a leucena, por apresentar rápida mineralização e liberação gradual de nutrientes, pode ter contribuído para um ambiente nutricional mais equilibrado, favorecendo processos fisiológicos como absorção de água e manutenção do Turgor celular (Mendonça et al., 2015). Por outro lado, os menores valores observados no tratamento com girassol mexicano podem estar associados a possíveis efeitos alelopáticos ou a um desequilíbrio na solução nutritiva, o que pode comprometer a eficiência na absorção hídrica (Santos et al., 2017).

A Figura 3 mostra os resultados referentes às ligações Nitrogênio-Hidrogênio, que estão diretamente associadas aos teores de proteínas. Houve efeito significativo para variável estudada (p -valor $<0,01$) onde o tratamento com girassol mexicano apresentou o maior teor com valor de 3,26% diferindo significativamente dos demais, enquanto a leucena apresentou teor intermediário com valor 2,62%.

Os resultados evidenciam a capacidade do girassol mexicano em promover maior disponibilidade de nitrogênio no sistema, refletindo diretamente na síntese de aminoácidos e proteínas. Essa espécie é reconhecida por sua elevada

eficiência na ciclagem de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, o que contribui para o enriquecimento nutricional das plantas cultivadas (Silva et al., 2020).

Do ponto de vista fisiológico, o nitrogênio é um dos elementos mais importantes para o crescimento vegetal, participando da formação de proteínas, enzimas e clorofila. Assim, maiores valores de NH indicam potencial aumento no valor nutricional da forragem produzida (Malavolta, 2006). A resposta intermediária observada em leucena pode estar relacionada à sua liberação gradual de nutrientes, enquanto o controle apresentou menor teor devido à ausência de fontes orgânicas adicionais.

A Figura 4 apresenta os teores de óleo na biomassa do milho hidropônico, com diferença significativa entre os tratamentos (p -valor $< 0,01$). O tratamento com leucena apresentou o maior teor com valor 4,46% seguido pelo tratamento controle que apresentou teor com valor 3,81%. O aumento no teor de lipídios pode ser explicado pelo melhor estado nutricional das plantas submetidas à aplicação do biofertilizante à base de leucena. O nitrogênio, apesar de estar mais diretamente relacionado à síntese proteica, também influencia o metabolismo global da planta, favorecendo a produção de compostos orgânicos, incluindo lipídios (Taiz et al., 2017).

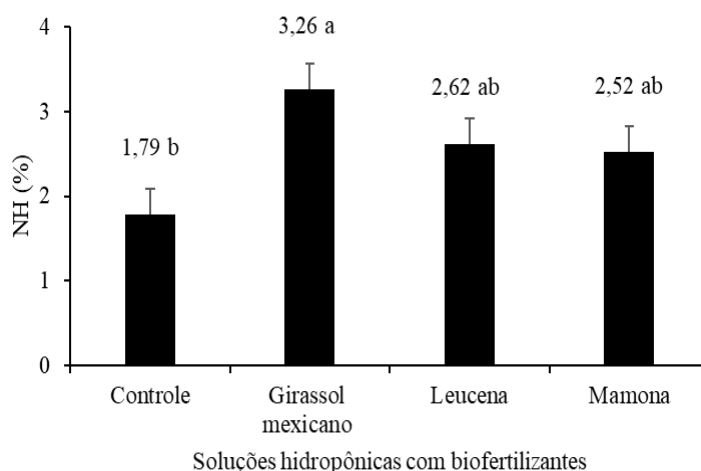


Figura 3. NH do milho sob efeito da aplicação hidropônica de bioestimulante à base de girassol mexicano, leucena e mamona. Imperatriz, Maranhão, Brasil. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos. Fonte: Santos (2026)

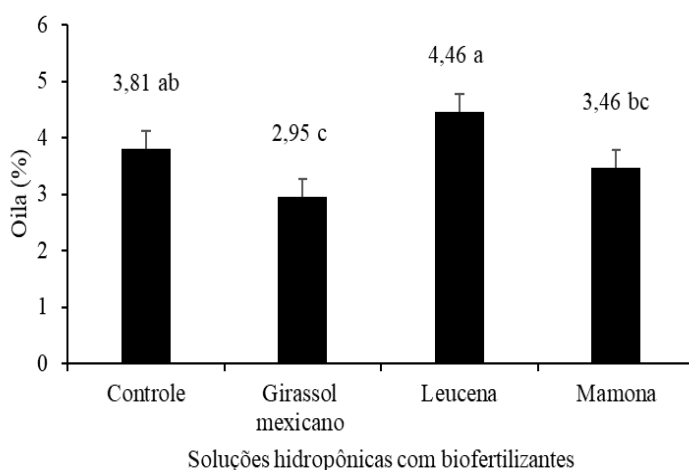


Figura 4. Teor de óleo em plantas de milho sob efeito da aplicação hidropônica de bioestimulante à base de girassol mexicano, leucena e mamona. Imperatriz, Maranhão, Brasil. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos. Fonte: Santos (2026)

Além disso, maiores teores de óleo estão associados ao aumento do valor energético da forragem, o que é altamente desejável em sistemas de produção animal, especialmente para aves e ruminantes em crescimento (SILVA et al., 2020). Dessa forma, a solução hidropônica à base de leucena pode contribuir não apenas para o crescimento vegetal, mas também para o enriquecimento energético do milho hidropônico.

Na Figura 5 observa-se o teor de proteína do milho hidropônico, com efeito significativo entre os tratamentos (p -valor < 0,01). O tratamento leucena apresentou o maior teor desse elemento com valor médio de 14,6 %, já o tratamento controle apresentou elevado incremento de proteína, diferentemente ao observado para solução à base de mamona que obteve valor de 9,18%.

Esse resultado reforça a relação direta entre a disponibilidade de nitrogênio e a síntese de

proteínas nas plantas. O nitrogênio é componente essencial dos aminoácidos, sendo determinante para a formação de proteínas estruturais e enzimáticas (Malavolta, 2006). A superioridade da leucena pode ser atribuída ao seu elevado teor de nitrogênio e à sua capacidade de rápida decomposição, promovendo maior disponibilidade desse nutriente no sistema (Mendonça et al., 2015). Esse incremento proteico é especialmente relevante na produção de forragem hidropônica, uma vez que aumenta o valor nutricional do alimento fornecido aos animais.

A Figura 6 apresenta os teores de fibra em detergente neutro (FDN), os quais demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (p -valor<0,01). O tratamento controle registrou o maior teor (30,2%), seguido pelo tratamento com leucena (29,7%).

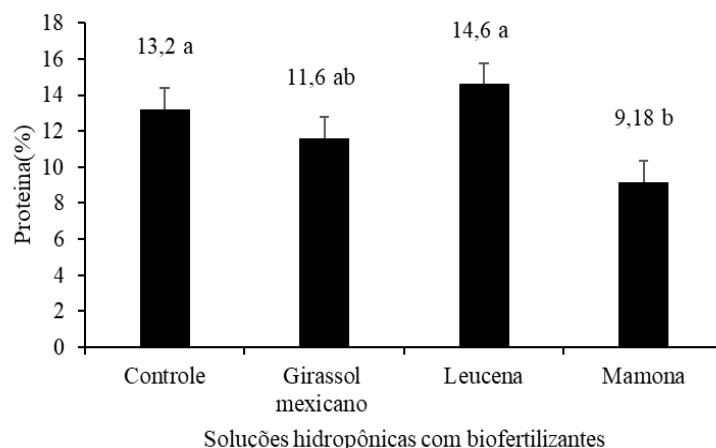


Figura 5. Proteína do milho sob efeito da aplicação hidropônica de bioestimulante à base de girassol mexicano, leucena e mamona. Imperatriz, Maranhão, Brasil. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos. Fonte: Santos (2026)

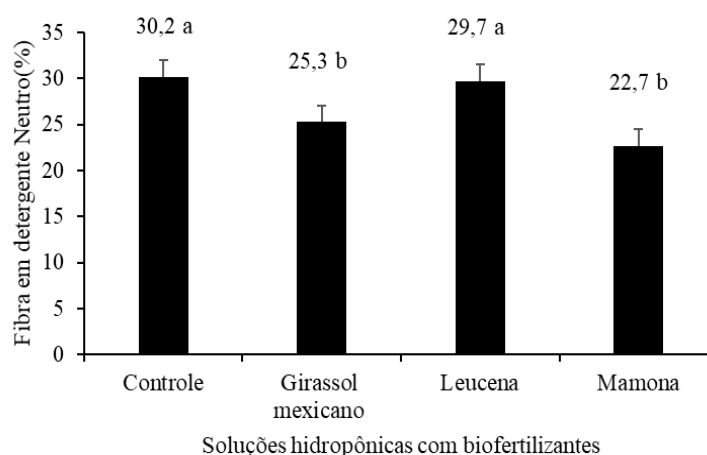


Figura 6. Fibra em detergente neutro do milho sob efeito da aplicação hidropônica de bioestimulante à base de girassol mexicano, leucena e mamona. Imperatriz, Maranhão, Brasil. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos. Fonte: Santos (2026)

A Fibra em Detergente Neutro (FDN), que representa a fração fibrosa total da planta, é um fator crítico no consumo voluntário de forragem por animais. Valores elevados de FDN podem limitar a ingestão devido ao aumento do tempo de permanência do alimento no trato digestivo, impactando diretamente a capacidade de consumo e a produtividade animal (Van Soest, 1994).

Embora a diferença de FDN entre o controle e a leucena seja numericamente pequena, a maior concentração no tratamento controle implica uma maior restrição potencial ao consumo voluntário e à taxa de passagem ruminal, conforme os princípios da nutrição de ruminantes. Por outro lado, o teor ligeiramente inferior de FDN na leucena sugere um potencial para otimizar a ingestão de matéria seca e, consequentemente, a disponibilidade de nutrientes, sem comprometer excessivamente a estrutura necessária para a ruminação. Essa distinção, mesmo que sutil, pode ser relevante para a eficiência alimentar, indicando que a leucena

oferece um balanço mais favorável entre a provisão de fibra para a saúde ruminal e a maximização do consumo de energia e proteína.

Conclusão

Os bioestimulantes avaliados não promoveram incrementos significativos no crescimento vegetativo do milho hidropônico, mas induziram efeitos modulatórios distintos e significativos na composição nutricional. A leucena destacou-se como biofertilizante promissor, aprimorando a qualidade da forragem ao elevar proteína e óleo, e otimizar a FDN para melhor aproveitamento animal. O girassol mexicano evidenciou potencial para enriquecimento proteico específico.

A ausência de efeitos aditivos no crescimento sugere que a solução nutritiva padrão já otimizava o ambiente nutricional, configurando um desafio para ganhos adicionais com biofertilizantes

em hidroponia e exigindo calibração precisa para evitar desequilíbrios.

Recomenda-se que futuras investigações foquem na otimização da concentração, frequência de aplicação e elucidação dos mecanismos fisiológicos/bioquímicos, visando maximizar o potencial produtivo e a sustentabilidade da forragem hidropônica.

Referências

- AMORIM NETO, M. S.; ARAÚJO, A. E.; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 63-76.
- BERNINI, C. S. et al. Parâmetros genéticos de progênies interpopulacionais de milho para caracteres relacionados com tolerância à seca. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 9, 2021.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural*, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.
- COSTA, J. P.; SOUZA, M. A. Bem-estar animal na avicultura alternativa. *Revista Brasileira de Avicultura*, v. 20, n. 3, p. 455-462, 2018.
- DA SILVA, J. H. B. et al. Uso de bioestimulantes na cultura do milho (*Zea mays* L.): Uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, v. 16, n. 5, 2023.
- DA SILVA, J. H. B. et al. Soybean response (*Glycine max* L.) under the use of biostimulants: a literature review. *Scientific Electronic Archives*, v. 16, n. 10, 2023.
- DA SILVA, L. M.; DA SILVA BERTI, M. P. Manganês no solo e nas plantas: uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, v. 15, n. 3, 2022.
- DE BRITO, R. S.; BATISTA FERREIRA, J.; DO VALE MOREIRA, J. G. Desenvolvimento inicial do milho em resposta a adubação complementar de rochagem. *Scientific Electronic Archives*, v. 16, n. 5, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36560/16520231720>.
- DIAS, F. H. C. et al. Efeito dos óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica de sementes de milho crioulo. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 9, 2021.
- DOMICIANO, L. F. et al. Recent advances in maize production in integrated systems: A review. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 5, p. 1-11, 2021.
- DUARTE, J. P.; RUFF, O. J.; SANTOS, C. L. R. dos. Inoculação de milho com inoculante à base de *Azospirillum brasilense* sob doses de nitrogênio em solo arenoso. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 8, 2021.
- DULICIA, B. J.; CODOGNOTO, V. M.; RODRIGUES, J. G. L. Avaliação de diferentes enraizadores no tratamento de semente na cultura do milho (*Zea mays* L.). *Scientific Electronic Archives*, v. 17, n. 6, 2024. DOI: <https://doi.org/10.36560/17620241998>.
- EMBRAPA. Custos de produção na avicultura e importância da alimentação. Brasília: EMBRAPA, 2022.
- EMBRAPA. Leucena (*Leucaena leucocephala*): leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. Petrolina: EMBRAPA, 2010.
- EUCLIDES, V. P. B. et al. Steer performance on *Panicum maximum* (cv. Mombaça) pastures under two grazing intensities. *Animal Production Science*, 2015.
- EUCLIDES, V. P. B. et al. Maintaining post-grazing sward height of *Panicum maximum* (cv. Mombaça) at 50 cm led to higher animal performance compared with post-grazing height of 30 cm. *Grass and Forage Science*, 2017.
- FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. Forage production in hydroponic systems: technical overview. Rome: FAO, 2019.
- FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. P. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 12, p. 175–204, 2000.
- GASTWIRTH, J. L. et al. The impact of Levene's test of equality of variances on statistical theory and practice. *Statistical Science*, v. 24, p. 343-360, 2009.
- GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005.
- GOMES, H. F. B. et al. Caracterização do queijo fresco e do soro de leite de cabras alimentadas com raspa de mandioca em substituição ao milho e farelo de soja. *Scientific Electronic Archives*, v. 16, n. 11, 2023.
- GONÇALVES, P. A. de S. Manejo de solos e a nutrição de plantas e sua relação com a ocorrência de pragas. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36560/14620211301>.
- JANK, L.; MARTUSCELLO, J. A.; EUCLIDES, V. B. P.; VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. S. *Panicum maximum*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). Plantas forrageiras. Viçosa: UFV, 2010. p. 166-196.

- JANK, L.; VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. S. Breeding tropical forages. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 11, p. 27-34, 2011.
- LEE, M. Y. et al. Identification and anti-human glioblastoma activity of tagitinin C from *Tithonia diversifolia* methanolic extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, n. 6, p. 2347-2355, 2011.
- LIN, H. R. Sesquiterpene lactones from *Tithonia diversifolia* act as peroxisome proliferator-activated receptor agonists. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, v. 22, n. 8, p. 2954-2958, 2012.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3. ed. London: Academic Press, 2012.
- MENDONÇA, E. de S. et al. Decomposição de resíduos de leguminosas e ciclagem de nutrientes. *Revista Ceres*, v. 62, n. 1, p. 1–9, 2015.
- MIRANDA, M. A. F. M. et al. Phytotoxins from *Tithonia diversifolia*. *Journal of Natural Products*, v. 78, n. 5, p. 1083-1092, 2015.
- MOHR, A. et al. Efeito do uso do herbicida bentazon na produtividade de milho e massa seca de crotalaria consorciados. *Scientific Electronic Archives*, v. 15, n. 9, 2022.
- NADEEM, H.; HEINDEL, T. J. Review of noninvasive methods to characterize granular mixing. *Powder Technology*, v. 332, p. 331-350, 1 jun. 2018.
- PEREIRA DA SILVA, E.; COSTA BARROS, Y.; FEITOZA DE JESUS SANTOS, A. Mitigação do déficit hídrico em plantas de milho por *Bacillus* sp. isolados de plantas endêmicas da caatinga. *Scientific Electronic Archives*, v. 16, n. 6, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36560/16620231508>.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002.
- RESH, H. M. *Hydroponic Food Production*. 7. ed. Boca Raton: CRC Press, 2013.
- RIOS, A. D. F.; SANTOS, M. P.; BUSO, W. H. D. Indutores de resistência incrementam a produtividade e reduzem severidade da ferrugem na cultura do milho. *Scientific Electronic Archives*, v. 15, n. 7, 2022.
- RODRIGUES DA SILVA, R. G. S. et al. Rotação de cultura com o uso de adubação verde no plantio de milho: uma possível alternativa para aumento de produção e diminuição dos custos com adubação mineral. *Scientific Electronic Archives*, v. 17, n. 6, 2024. DOI: <https://doi.org/10.36560/17620242012>.
- ROYSTON, J. A remark on algorithm AS-181-The W test for normality (Algorithm R94). *Journal of Applied Statistics*, v. 44, p. 547-551, 1995.
- SANTOS, J. B. dos et al. Potencial alelopático de espécies utilizadas como adubos verdes. *Planta Daninha*, v. 35, e017162707, 2017.
- SANTOS, O. S. et al. *Hidroponia da alface*. Santa Maria: UFSM, 2004.
- SEVERINO, L. S. et al. Composição química da semente e da torta de mamona de diferentes variedades. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, n. 3, p. 335-340, 2006.
- SILVA, D. J.; COSTA, F. G. P. Tabela para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 2009.
- SILVA, R. M. et al. Avaliação nutricional do milho hidropônico na alimentação animal. *Revista de Zootecnia*, v. 49, n. 2, p. 112–120, 2020.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TEODÓSIO, R. M. C.; COSTA, J. P. V.; SOUZA, I. V. Hidroponia como alternativa de produção de alimentos de forma sustentável. *Revista Ciência em Extensão*, v. 6, n. 1, 2010.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.