



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS-CCA
ENGENHARIA AGRONÔMICA

FERNANDO ARAÚJO SERRA SILVA

POTENCIAL DE BIOFERTILIZANTES DE ADUBOS VERDES NO CULTIVO
HIDROPÔNICO DE CAPIM-MOMBAÇA

Imperatriz - MA

2026

FERNANDO ARAÚJO SERRA SILVA

**POTENCIAL DE BIOFERTILIZANTES DE ADUBOS VERDES NO CULTIVO
HIDROPÔNICO DE CAPIM-MOMBAÇA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Região Tocantina do
Maranhão como requisito básico para a conclusão do
Curso de Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Jonathan dos Santos Viana

Imperatriz - MA

2026

S586p

Silva, Fernando Araújo Serra

Potencial de Biofertilizantes de adubos verdes no Cultivo Hidropônico de Capim-Mombaça. Fernando Araújo Serra Silva. – Estreito, MA, 2026.

38 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Estreito, MA, 2025.

1. *Panicum maximum* Jacq. cv.2. Mombaça.3. Cultivo hidropônico. 4. Valor nutricional. 5. Estreito - MA. I. Título.

CDU 631.8+582.542.2(812.1)

POTENCIAL DE BIOFERTILIZANTES DE ADUBOS VERDES NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE CAPIM-MOMBAÇA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Região Tocantina do
Maranhão como requisito básico para a conclusão do
Curso de Engenharia Agrônoma.

Data de aprovação: 29/05/2026.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **JONATHAN DOS SANTOS VIANA**
Data: 10/09/2026 20:08:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jonathan dos Santos Viana (Orientador)

Instituição: UEMASUL/CCA

Documento assinado digitalmente
 **ISABELLE BATISTA SANTOS**
Data: 10/09/2026 20:02:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Isabelle Batista Santos

Instituição: UEMASUL/CCA

Documento assinado digitalmente
 **RUTH DE ABREU ARAÚJO**
Data: 11/09/2026 11:55:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Ruth de Abreu Araújo

Instituição: UEMASUL/CCA

DEDICATÓRIA

A Deus, aos meus pais Juranilson e Helena, a minha avó Fernandina, minha irmã Sarah e ao meu tio Rogério (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por cuidar de mim durante toda a minha vida, e me abençoar durante essa trajetória.

Aos meus pais, Juranilson Oliveira Serra da Silva e Helena de Araújo, por estarem comigo em todos os momentos, me apoiando sem medir esforços, obrigado pelo amor incondicional e apoio de sempre, vocês são minha base e meus verdadeiros anjos da guarda, amo vocês!

A todos os meus familiares, avós, tios, tias pela força e incentivo.

Ao meu orientador Dr. Jonathan dos Santos Viana, pessoa extraordinária e de coração gigantesco, obrigado pelas orientações e paciência desde o início.

A minha querida amiga Kawanny Nátili Lima Nascimento, pelo apoio, amizade e risos soltos durante esses anos.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram com minha formação, este trabalho também é de vocês.

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não
tivesse tentado o impossível”. Max Weber

Artigo desenvolvido de acordo com as normas da Revista **SEMIÁRIDO DE VISU** ISSN
2237-1966, Qualis B1, Revista indexada

Título: Potencial de biofertilizantes de adubos verdes no cultivo hidropônico de capim-mombaça.

Área temática: Ciências Ambientais.

Fernando Araújo Serra Silva¹; Jonathan dos Santos Viana²

¹Discente de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – CCANL, Estreito, Maranhão, Brasil.

² Professor Doutor, Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – Centro de Ciências Agrárias – Avenida Agrária, 100 – Colina Park – 65900-001 – Imperatriz, Maranhão, Brasil.

Autor correspondente:

<fernando.silva@uemasul.edu.br>

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	2
2 METODOLOGIA	3
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	5
4 CONCLUSÕES.....	12
REFERÊNCIAS.....	12

RESUMO

Este estudo investigou a influência de biofertilizantes de adubos verdes no desenvolvimento e valor nutricional do capim-mombaça em sistema hidropônico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na UEMASUL/CCA, em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram em grupo controle e três com biofertilizantes à base de girassol mexicano, leucena e mamona, produzidos via fermentação anaeróbica com cama de aviário. Foram avaliados: massa fresca aérea e de raiz, massa seca aérea e de raiz, comprimento de raiz, altura de plantas, proteínas, potássio, fósforo, magnésio, lignina e proteína insolúvel. Os resultados indicaram que, embora algumas variáveis de crescimento não tenham divergido significativamente, os tratamentos com girassol mexicano e mamona promoveram maior desenvolvimento vertical. No aspecto qualitativo, os biofertilizantes de leucena e mamona elevaram significativamente a qualidade nutricional da forragem, com maiores teores de proteína, fósforo e magnésio. Esse desempenho evidencia a eficácia dessas fontes orgânicas na disponibilização de nutrientes essenciais, especialmente o nitrogênio, cuja absorção foi otimizada pela eficiência do sistema hidropônico. Em conclusão, o uso de biofertilizantes de adubos verdes é uma alternativa sustentável e eficaz para a produção de forragem hidropônica de alto valor nutritivo. Essa prática reduz a dependência de insumos minerais e mostra-se promissora para a alimentação de aves em sistemas agroecológicos.

Palavras-chave: *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça. Cultivo hidropônico. Valor nutricional.

ABSTRACT

This study investigated the influence of green manure biofertilizers on the development and nutritional value of Mombasa grass in a hydroponic system. The experiment was carried out in a greenhouse located at UEMASUL/CCA, in a completely randomized design. The treatments consisted of a control group and three with biofertilizers based on Mexican sunflower, leucaena and castor bean, produced via anaerobic fermentation with poultry litter. The following parameters were evaluated: fresh area and root mass, aerial and root dry mass, root length, plant height, proteins, potassium, phosphorus, magnesium, lignin and insoluble protein. The results indicated that, although some growth variables did not differ significantly, the treatments with Mexican sunflower and castor bean promoted greater vertical development. In the qualitative aspect, leucaena and castor bean biofertilizers significantly increased the nutritional quality of forage, with higher levels of protein, phosphorus and magnesium. This performance highlights the effectiveness of these organic sources in making essential nutrients available, especially nitrogen, whose absorption was optimized by the efficiency of the hydroponic system. In conclusion, the use of green manure biofertilizers is a sustainable and effective alternative for the production of hydroponic forage of high nutritional value. This practice reduces dependence on mineral inputs and shows promise for poultry feeding in agroecological systems.

Keywords: *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombasa. Hydroponic cultivation. Nutritional value.



POTENCIAL DE BIOFERTILIZANTES DE ADUBOS VERDES NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE CAPIM-MOMBAÇA

POTENTIAL OF GREEN MANURE BIOFERTILIZERS IN THE HYDROPONIC CULTIVATION OF MOMBASA GRASS

  **Autor 1 (t. 12)**

Instituição (Sigla), cidade, país

  **Autor 2**

Instituição (Sigla), cidade, país

  **Autor 3**

Instituição (Sigla), cidade, país

  **Autor 4**

Instituição (Sigla), cidade, país

Resumo

Este estudo avaliou o efeito de biofertilizantes de adubos verdes no crescimento e valor nutricional do capim-mombaça em sistema hidropônico na UEMASUL/CCA. Foram testados um controle e três biofertilizantes à base de girassol mexicano, leucena e mamona, produzidos por fermentação anaeróbica com cama de aviário. Avaliaram-se biomassa, altura, nutrientes e lignina. Os tratamentos com girassol mexicano e mamona favoreceram maior crescimento vertical, enquanto leucena e mamona melhoraram significativamente a qualidade nutricional, aumentando proteína, fósforo e magnésio. Os resultados indicam que essas fontes orgânicas otimizam a disponibilidade de nutrientes, especialmente nitrogênio, beneficiando o sistema hidropônico. Conclui-se que os biofertilizantes de adubos verdes são alternativas sustentáveis e eficazes para produzir forragem hidropônica nutritiva, reduzindo a necessidade de fertilizantes minerais e apresentando potencial para alimentação de aves em sistemas agroecológicos.

Palavras-chave: *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça; cultivo hidropônico; valor nutricional.

Abstract

This study evaluated the effect of green manure biofertilizers on the growth and nutritional value of Mombasa grass in a hydroponic system at UEMASUL/CCA. A control and three biofertilizers based on Mexican sunflower, leucaena and castor bean, produced by anaerobic fermentation with poultry litter, were tested. Biomass, height, nutrients and lignin were evaluated. The treatments with Mexican sunflower and castor bean favored greater vertical growth, while leucaena and castor bean significantly improved nutritional quality, increasing protein, phosphorus and magnesium. The results indicate that these organic sources optimize the availability of nutrients, especially nitrogen, benefiting the hydroponic system. It is concluded that green manure biofertilizers are sustainable and effective alternatives to produce nutritious hydroponic forage, reducing the need for mineral fertilizers and presenting potential for poultry feed in agroecological systems.

Keywords: *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombasa; hydroponic cultivation; nutritional value.



Introdução / Considerações iniciais

Na produção avícola, a alimentação representa um dos principais componentes de custo, podendo corresponder a mais de 60% das despesas do sistema produtivo. Nesse contexto, a busca por alternativas alimentares que reduzam custos sem comprometer a qualidade nutricional das dietas torna-se fundamental para produtores e pesquisadores (Silva; Costa, 2009). Entre essas alternativas, o uso de matéria verde destaca-se como estratégia promissora para aumentar a sustentabilidade da atividade avícola.

Dentre as gramíneas forrageiras tropicais mais utilizadas em sistemas intensivos de pastejo, destaca-se o capim-mombaça (*Panicum maximum*). Esta cultivar apresenta elevada qualidade, produtividade e adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e, principalmente, abundante produção de folhas, aceitabilidade e alto desempenho animal (Jank et al., 2010). Entretanto, são gramíneas consideradas exigentes em fertilidade do solo, portanto, quando se deseja intensificar a produção animal neste sistema, deve-se considerar o investimento em fertilizantes.

A produção de forragens por meio da hidroponia tem se tornado uma alternativa relevante para a alimentação animal, principalmente em áreas com restrições de espaço ou disponibilidade de água. A hidroponia consiste em um sistema de produção vegetal no qual as plantas são cultivadas sem a utilização de solo, recebendo os nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento por meio de soluções nutritivas dissolvidas em água. Esse método possibilita maior controle das condições de cultivo, como disponibilidade de nutrientes, água e ambiente, favorecendo o crescimento vegetal e a produção de biomassa em menor espaço e tempo (Teodósio; Costa; Souza, 2010).

O uso de biofertilizantes de origem vegetal tem sido estudado como alternativa sustentável para sistemas de produção agrícola, incluindo a hidroponia. Biofertilizantes elaborados a partir de espécies como mamona (*Ricinus communis*), leucena (*Leucaena leucocephala*) e girassol mexicano (*Tithonia diversifolia*) apresentam elevado teor de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, podendo ser utilizados como fonte nutritiva para o desenvolvimento das plantas. Esses materiais orgânicos, após processos de fermentação ou decomposição, liberam nutrientes essenciais que podem ser aproveitados em soluções nutritivas, contribuindo para sistemas de cultivo mais sustentáveis e com menor dependência de fertilizantes minerais (Primavesi, 2002; Gliessman, 2005).



A produção de forragem hidropônica oferece várias vantagens, incluindo a agilidade no ciclo de produção, a capacidade de cultivar ao longo do ano e a geração de um alimento de alta qualidade nutricional. A forragem hidropônica apresenta rápido crescimento e pode ser produzida em ciclos curtos, geralmente variando entre 7 e 15 dias, constituindo uma alternativa eficiente para suplementar a alimentação animal, especialmente em sistemas de produção intensiva (Santos et al., 2004).

Na avicultura, a adição de forragens verdes à alimentação das aves pode promover o bem-estar dos animais, incentivar comportamentos naturais de pastagem e fornecer nutrientes essenciais, como vitaminas, minerais e compostos bioativos. Ademais, a inclusão de vegetais verdes pode melhorar a digestão da dieta e contribuir para a qualidade dos produtos provenientes da avicultura.

Dentro desse contexto, o objetivo no presente estudo foi avaliar o incremento da biomassa e valor nutricional de plantas de capim mombaça submetidas a solução enriquecida com biofertilizante em sistema hidropônico, como alternativa para alimentação de galinhas criadas no sistema caipira.

Metodologia

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, biofertilizante incrementado 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 da água. 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 100 g de sementes de capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. *Mombaça*) 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 16 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 área e de raiz, massa 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 65º 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 avaliação de proteínas, potássio, fósforo, magnésio, lignina e proteína insolúvel 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. Ela 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

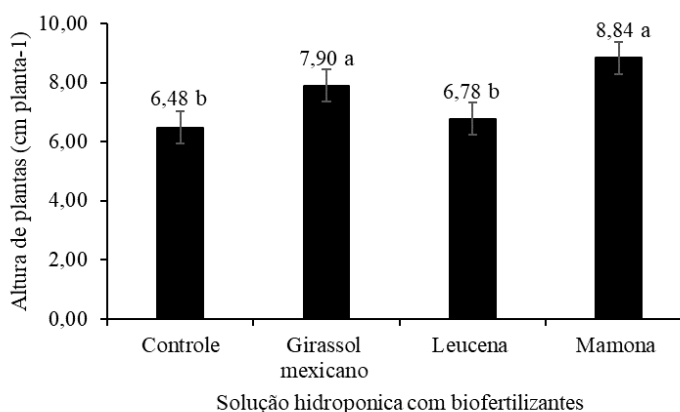
Os dados obtidos foram testados quanto à normalidade dos erros (Royston, 1995) e homogeneidade de variância (Gastwirth et al., 2009), sendo submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software Agroestat, versão 1.0.

Resultados e discussão

De acordo com os resultados estatísticos, foi possível observar que para as variáveis massa fresca aérea e de raiz, massa seca aérea e de raiz, comprimento de raiz, altura de planta e potássio, não se obteve diferença significativa ($p\text{-valor} > 0,01$).

Na Figura 1 observa-se os resultados obtidos para a altura de plantas de capim Mombaça sob efeito de solução hidropônica bioestimulada com adubos verdes. A altura de plantas foi bioestimulada pela aplicação diária das soluções hidropônicas biofertilizadas, onde os tratamentos com girassol mexicano e mamona apresentaram melhores efeitos nesse incremento, com 7,90 cm e 8,84 cm respectivamente.

Figura 1. Altura de plantas de capim Mombaça sob efeito da aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



******Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos.

O efeito notado para altura de planta com aplicação de biofertilizante à base de girassol, pode ser explicado pela composição química que o mesmo possui como lactonas

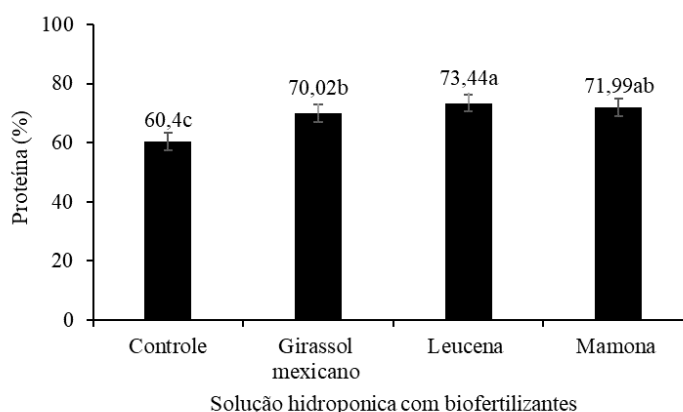
sesquiterpênicas, tirotudina, tagitinina A, tagitinina C, flavonoides, taninos e fenóis (Lee et al., 2011; Lin, 2012; Miranda et al., 2015) que estimularam o processo de divisão celular, fazendo com que as plantas crescessem mais.

Já a resposta observada nas plantas submetidas à aplicação de mamona pode ser elucidada pela sua rica composição nutricional. A literatura aponta para uma alta concentração de macronutrientes, como Nitrogênio (7,54%), Fósforo (3,11%) e Potássio (0,66%) (Severino et al., 2006).

Em particular, o nitrogênio, sendo o macronutriente mais abundante na mamona, é um elemento fundamental e frequentemente limitante para o metabolismo e desenvolvimento vegetal. Ele desempenha um papel crucial como componente chave na síntese de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, além de ser essencial na produção de ATP, fornecendo a energia indispensável para processos vitais como a divisão celular, expansão celular e crescimento geral da planta (Taiz, Zeiger, 2010; Bredemeier, Mundstock, 2000). Essa elevada disponibilidade de nitrogênio, em conjunto com os demais macronutrientes, oferece uma explicação robusta para os efeitos benéficos observados no desenvolvimento das plantas tratadas com mamona, corroborando os resultados obtidos neste estudo.

A Figura 2 evidencia os resultados obtidos para o teor de proteínas em plantas de capim Mombaça sob efeito de solução hidropônica bioestimulada com adubos verdes, onde nota-se maior incremento para o tratamento leucena, com 73,44% de proteína.

Figura 2. Teor de proteína de capim Mombaça sob aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



*Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de tukey.

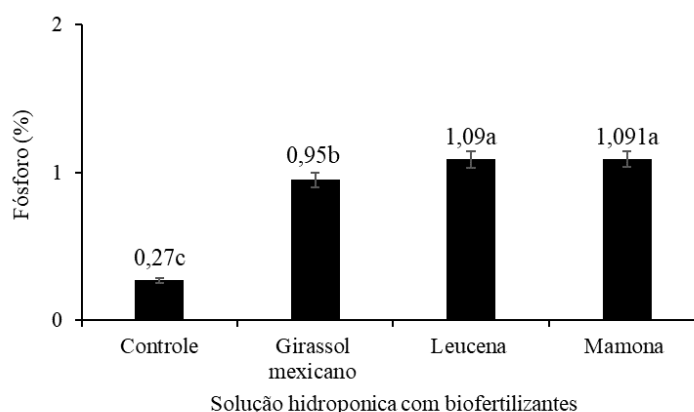
O aumento do teor de proteína pode ser explicado pela maior disponibilidade de nitrogênio proporcionada por esses biofertilizantes, especialmente a mamona. De acordo com Severino et al. (2006), a leucena apresenta elevada concentração de nitrogênio, elemento essencial na síntese de aminoácidos e proteínas. Esse nutriente é diretamente responsável pela formação de compostos nitrogenados nas plantas, refletindo no aumento do teor proteico.

Além disso, segundo Taiz e Zeiger (2010), o nitrogênio exerce papel fundamental no metabolismo vegetal no metabolismo vegetal, sendo componente estrutural de enzimas, proteínas e ácidos nucleicos. Dessa forma, sua maior disponibilidade favorece o acúmulo de proteína nos tecidos vegetais.

Outro fator importante é a eficiência do sistema hidropônico, que proporciona maior disponibilidade e absorção de nutrientes pelas plantas. Conforme relatado por Teodósio, Costa e Souza (2010), a hidroponia permite melhor aproveitamento dos nutrientes, potencializando o desenvolvimento e a qualidade das plantas cultivadas.

Já a Figura 3 demonstra os resultados obtidos para o teor de fósforo em plantas de capim Mombaça sob efeito de solução hidropônica bioestimulada com adubos verdes, onde pode-se notar incremento para os tratamentos leucena e mamona, com 1,09 e 1,091% de fósforo, respectivamente.

Figura 3. Teor de fósforo em capim Mombaça sob aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



*Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey.

O teor de fósforo (P) no tratamento controle foi o mais baixo (0,27%), o que inferiu a

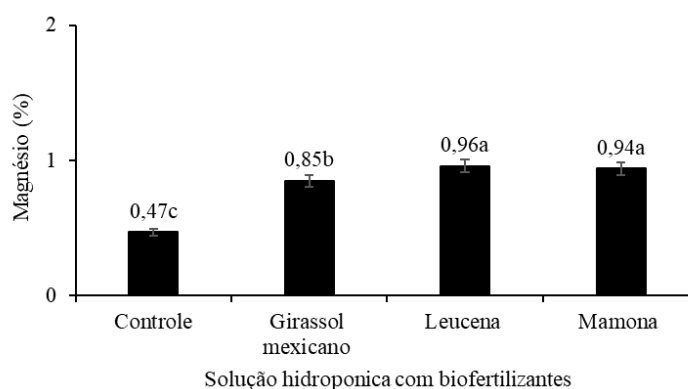
eficácia dos biofertilizantes no aporte deste nutriente. Este resultado pode ser atribuído à maior disponibilidade de fósforo liberado pela decomposição dos materiais orgânicos presentes nos biofertilizantes. Corroborando essa perspectiva, Primavesi (2002) destaca que resíduos vegetais ricos em nutrientes promovem uma liberação gradual de P, otimizando sua absorção pelas plantas.

Adicionalmente, a leucena é reconhecida por sua contribuição para a melhoria da fertilidade do solo, particularmente pela ciclagem de nutrientes, o que resulta em maior disponibilidade de P no sistema. Gliessman (2005) reforça que leguminosas, como a leucena, desempenham um papel crucial na dinâmica de nutrientes, favorecendo a sustentabilidade e produtividade dos sistemas agrícolas.

Similarmente, a mamona, com sua composição intrinsecamente rica em nutrientes, também contribuiu para o aumento do teor de P nas plantas. Severino et al. (2006) salientam que os resíduos de mamona contêm quantidades significativas de macronutrientes, incluindo o P, que são liberados durante o processo de mineralização.

Na Figura 4, observa-se diferença significativa (p -valor $<0,01$) para o teor de magnésio no capim Mombaça sob efeito de solução hidropônica bioestimulada com adubos verdes, onde percebe-se maior incremento para tratamentos leucena (0,96%) e mamona (0,94%).

Figura 4. Teor de Magnésio em capim Mombaça sob aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



*Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey.

As concentrações mais elevadas de magnésio foliar foram registradas nos tratamentos que receberam biofertilizantes à base de leucena (0,96%) e mamona (0,94%), os quais não apresentaram diferença estatística significativa entre si ($p > 0,05$). O tratamento com girassol

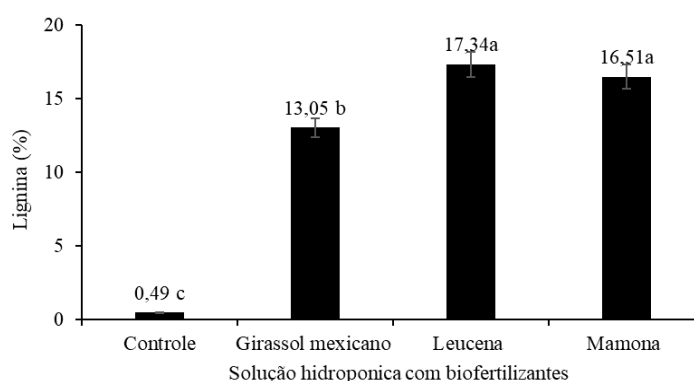
mexicano exibiu o terceiro maior teor (0,85%), enquanto o controle demonstrou o valor mais reduzido (0,47%), sugerindo a eficácia dos biofertilizantes no incremento da disponibilidade e absorção desse macronutriente.

Esta resposta pode ser atribuída à maior oferta de magnésio proporcionada pelos biofertilizantes aplicados. Consoante Malavolta (2006), o magnésio é um nutriente essencial, atuando como átomo central da molécula de clorofila, o que o torna indispensável para o processo fotossintético e, conseqüentemente, para o desenvolvimento vegetal.

Adicionalmente, a condição de maior disponibilidade de nutrientes inerente aos sistemas hidropônicos potencializa a absorção eficiente de magnésio pelas plantas. Segundo Taiz e Zeiger (2010), a captação otimizada de nutrientes em solução contribui diretamente para o equilíbrio nutricional e para um melhor desempenho fisiológico e morfológico da planta.

Em particular, a leucena contribui para essa dinâmica pela sua reconhecida capacidade de ciclagem de nutrientes, promovendo uma maior disponibilidade de minerais no sistema (Gliessman, 2005). Similarmente, a mamona, caracterizada por sua composição intrínseca rica em macronutrientes, favorece o suprimento de magnésio às plantas (Severino et al., 2006). A Figura 5 ilustra os resultados obtidos para milho hidropônico, no quesito teor de lignina. Nota-se efeito estatístico significativo para os tratamentos (p -valor $<0,01$), com melhores resultados obtidos para os tratamentos leucena (17,34%) e mamoma (16,51%).

Figura 5. Teor de Lignina em capim Mombaça sob aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



*Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey.

O incremento no teor de lignina observado pode ser atribuído ao maior desenvolvimento estrutural das plantas nos tratamentos submetidos a biofertilizantes. Conforme Taiz e Zeiger (2010), a lignina é um polímero complexo da parede celular vegetal, fundamental para o fortalecimento estrutural e o suporte mecânico, e sua abundância correlaciona-se diretamente com o grau de desenvolvimento tecidual.

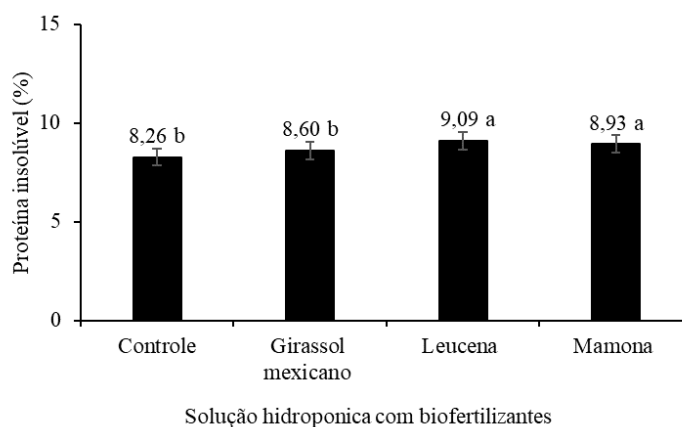
Adicionalmente, o crescimento vegetativo acentuado, impulsionado pela maior disponibilidade nutricional nos tratamentos, promoveu o espessamento da parede celular e, consequentemente, a maior deposição de lignina (Marschner, 2012).

No contexto dos biofertilizantes específicos, a leucena, ao aprimorar a fertilidade edáfica, provavelmente favoreceu um desenvolvimento estrutural mais robusto e, por conseguinte, uma maior lignificação (Gliessman, 2005). Similarmente, a mamona, através de sua contribuição para a disponibilidade de nutrientes, induziu um crescimento vegetal mais expressivo e a subsequente deposição de lignina (Severino et al., 2006).

Contudo, apesar da associação entre lignificação e desenvolvimento vegetal, é crucial ponderar que níveis elevados de lignina podem comprometer a digestibilidade da forragem, particularmente na nutrição animal, devido à sua recalcitrância à degradação.

Na Figura 6 se observa os efeitos de diferentes fontes de adubos verdes na produção de milho hidropônico na variável proteína insolúvel, onde percebeu-se efeito significativo entre os tratamentos (p -valor $<0,01$).

Figura 6. Teor de proteína insolúvel em capim Mombaça sob aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



*Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey.



O incremento no teor de proteína insolúvel observado nos tratamentos que incorporaram Leucena e Mamona é diretamente atribuível à elevada disponibilidade de nitrogênio (N) proveniente dessas fontes orgânicas. A literatura corrobora que *Ricinus communis* (mamona) apresenta uma concentração substancial desse macronutriente (entre 1 a 5% de ricina) elemento essencial para a biossíntese de aminoácidos e a formação de proteínas estruturais (Amorim Neto et al., 2001).

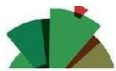
Dado que o nitrogênio é um componente-chave na constituição de compostos nitrogenados, sua abundância favorece o acúmulo proteico nos tecidos vegetais. Conforme Taiz e Zeiger (2010), o N atua como um componente estrutural fundamental de enzimas e proteínas, e sua maior concentração no sistema de cultivo potencializa a qualidade nutricional da forragem produzida.

Para além disso, a elevação da proteína insolúvel pode ser explicada pelo vigoroso crescimento das plantas cultivadas com a adição de Mamona e Leucena. O nitrogênio é indispensável para processos celulares como a divisão e expansão. Este desenvolvimento acelerado demanda um reforço na matriz estrutural da planta, onde proteínas insolúveis se integram a outros componentes da parede celular, conferindo a sustentação mecânica necessária ao vegetal.

Conclusão

O estudo demonstra que biofertilizantes de adubos verdes são alternativas sustentáveis e eficazes para o cultivo hidropônico de capim-mombaça, melhorando o crescimento e a qualidade nutricional das plantas. Mamona e girassol mexicano atuaram como bioestimulantes, enquanto leucena e mamona aumentaram proteínas, fósforo e magnésio. O maior desenvolvimento estrutural elevou a lignificação, o que pode afetar a digestibilidade animal. Essas fontes orgânicas otimizam o valor nutritivo e reduzem o uso de fertilizantes minerais, mostrando-se uma estratégia viável. Recomenda-se aprofundar estudos sobre dosagem, época e métodos de aplicação para uso otimizado na produção orgânica voltada à alimentação de aves caipiras.

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.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

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.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

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.



MIRANDA, M. A. F. M. et al. Phytotoxins from *Tithonia diversifolia*. **Journal of Natural Products**, v. 78, n. 5, p. 1083-1092, 2015.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002.

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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

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.

Como citar este artigo

SOBRENOME DO(A) PRIMEIRO(A) AUTOR(A), Iniciais do nome; SOBRENOME DO(A) SEGUNDO(A) AUTOR(A), Iniciais do nome. SOBRENOME DO(A) TERCEIRO(A) AUTOR(A), Iniciais do nome. SOBRENOME DO(A) QUARTO(A) AUTOR(A), Iniciais do nome. Título do artigo: subtítulo se houver. **Revista Semiárido De Visu**, v. 14, n. 1, p. xx - xx, jan. 2026. DOI: <https://doi.org/1031416/rsdv.vXXiX.XXXX>.

1 INTRODUÇÃO

Na produção avícola, a alimentação representa um dos principais componentes de custo, podendo corresponder a mais de 60% das despesas do sistema produtivo. Nesse contexto, a busca por alternativas alimentares que reduzam custos sem comprometer a qualidade nutricional das dietas torna-se fundamental para produtores e pesquisadores (Silva; Costa, 2009). Entre essas alternativas, o uso de matéria verde destaca-se como estratégia promissora para aumentar a sustentabilidade da atividade avícola.

Dentre as gramíneas forrageiras tropicais mais utilizadas em sistemas intensivos de pastejo, destaca-se o capim-mombaça (*Panicum maximum*). Esta cultivar apresenta elevada qualidade, produtividade e adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e, principalmente, abundante produção de folhas, aceitabilidade e alto desempenho animal (Jank et al., 2010). Entretanto, são gramíneas consideradas exigentes em fertilidade do solo, portanto, quando se deseja intensificar a produção animal neste sistema, deve-se considerar o investimento em fertilizantes.

A produção de forragens por meio da hidroponia tem se tornado uma alternativa relevante para a alimentação animal, principalmente em áreas com restrições de espaço ou disponibilidade de água. A hidroponia consiste em um sistema de produção vegetal no qual as plantas são cultivadas sem a utilização de solo, recebendo os nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento por meio de soluções nutritivas dissolvidas em água. Esse método possibilita maior controle das condições de cultivo, como disponibilidade de nutrientes, água e ambiente, favorecendo o crescimento vegetal e a produção de biomassa em menor espaço e tempo (Teodósio; Costa; Souza, 2010).

O uso de biofertilizantes de origem vegetal tem sido estudado como alternativa sustentável para sistemas de produção agrícola, incluindo a hidroponia. Biofertilizantes elaborados a partir de espécies como mamona (*Ricinus communis*), leucena (*Leucaena leucocephala*) e girassol mexicano (*Tithonia diversifolia*) apresentam elevado teor de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, podendo ser utilizados como fonte nutritiva para o desenvolvimento das plantas. Esses materiais orgânicos, após processos de fermentação ou decomposição, liberam nutrientes essenciais que podem ser aproveitados em soluções nutritivas, contribuindo para sistemas de cultivo mais sustentáveis e com menor dependência de fertilizantes minerais (Primavesi, 2002; Gliessman, 2005).

A produção de forragem hidropônica oferece várias vantagens, incluindo a agilidade no ciclo de produção, a capacidade de cultivar ao longo do ano e a geração de um alimento de alta

qualidade nutricional. A forragem hidropônica apresenta rápido crescimento e pode ser produzida em ciclos curtos, geralmente variando entre 7 e 15 dias, constituindo uma alternativa eficiente para suplementar a alimentação animal, especialmente em sistemas de produção intensiva (Santos et al., 2004).

Na avicultura, a adição de forragens verdes à alimentação das aves pode promover o bem-estar dos animais, incentivar comportamentos naturais de pastagem e fornecer nutrientes essenciais, como vitaminas, minerais e compostos bioativos. Ademais, a inclusão de vegetais verdes pode melhorar a digestão da dieta e contribuir para a qualidade dos produtos provenientes da avicultura.

Dentro desse contexto, o objetivo no presente estudo foi avaliar o incremento da biomassa e valor nutricional de plantas de capim mombaça submetidas a solução enriquecida com biofertilizante em sistema hidropônico, como alternativa para alimentação de galinhas criadas no sistema caipira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 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.

2.2 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, biofertilizante incrementado com T2: girassol mexicano, T3: leucena e T4 mamona em cinco repetições.

2.3 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 da

água. 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 100 g de sementes de capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. *Mombaça*) 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.

2. 4 Variáveis analisadas

Aos 16 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 área e de raiz, massa 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 avaliação de proteínas, potássio, fósforo, magnésio, lignina e proteína insolúvel 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. Ela 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.

2.5 Análise estatística

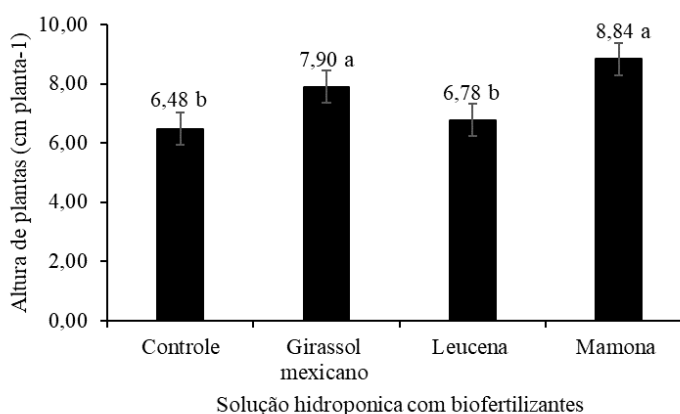
Os dados obtidos foram testados quanto à normalidade dos erros (Royston, 1995) e homogeneidade de variância (Gastwirth et al., 2009), sendo submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software Agroestat, versão 1.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados estatísticos, foi possível observar que para as variáveis massa fresca aérea e de raiz, massa seca aérea e de raiz, comprimento de raiz, altura de planta e potássio, não se obteve diferença significativa ($p\text{-valor} > 0,01$).

Na Figura 1 observa-se os resultados obtidos para a altura de plantas de capim Mombaça sob efeito de solução hidropônica bioestimulada com adubos verdes. A altura de plantas foi bioestimulada pela aplicação diária das soluções hidropônicas biofertilizadas, onde os tratamentos com girassol mexicano e mamona apresentaram melhores efeitos nesse incremento, com 7,90 cm e 8,84 cm respectivamente.

Figura 1. Altura de plantas de capim Mombaça sob efeito da aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos.

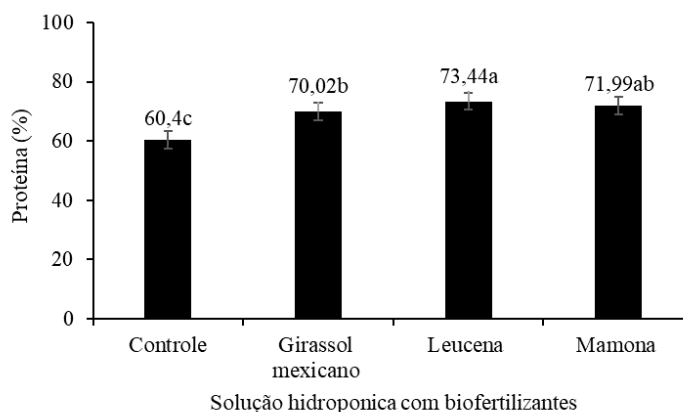
O efeito notado para altura de planta com aplicação de biofertilizante à base de girassol, pode ser explicado pela composição química que o mesmo possui como lactonas sesquiterpênicas, tirotudina, tagitinina A, tagitinina C, flavonoides, taninos e fenóis (Lee et al., 2011; Lin, 2012; Miranda et al., 2015) que estimularam o processo de divisão celular, fazendo com que as plantas crescessem mais.

Já a resposta observada nas plantas submetidas à aplicação de mamona pode ser elucidada pela sua rica composição nutricional. A literatura aponta para uma alta concentração de macronutrientes, como Nitrogênio (7,54%), Fósforo (3,11%) e Potássio (0,66%) (Severino et al., 2006).

Em particular, o nitrogênio, sendo o macronutriente mais abundante na mamona, é um elemento fundamental e frequentemente limitante para o metabolismo e desenvolvimento vegetal. Ele desempenha um papel crucial como componente chave na síntese de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, além de ser essencial na produção de ATP, fornecendo a energia indispensável para processos vitais como a divisão celular, expansão celular e crescimento geral da planta (Taiz, Zeiger, 2010; Bredemeier, Mundstock, 2000). Essa elevada disponibilidade de nitrogênio, em conjunto com os demais macronutrientes, oferece uma explicação robusta para os efeitos benéficos observados no desenvolvimento das plantas tratadas com mamona, corroborando os resultados obtidos neste estudo.

A Figura 2 evidencia os resultados obtidos para o teor de proteínas em plantas de capim Mombaça sob efeito de solução hidropônica bioestimulada com adubos verdes, onde nota-se maior incremento para o tratamento leucena, com 73,44% de proteína.

Figura 2. Teor de proteína de capim Mombaça sob aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



*Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de tukey.

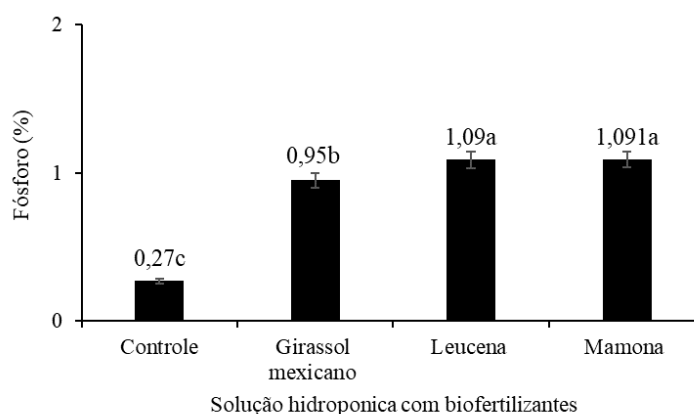
O aumento do teor de proteína pode ser explicado pela maior disponibilidade de nitrogênio proporcionada por esses biofertilizantes, especialmente a mamona. De acordo com Severino et al. (2006), a leucena apresenta elevada concentração de nitrogênio, elemento essencial na síntese de aminoácidos e proteínas. Esse nutriente é diretamente responsável pela formação de compostos nitrogenados nas plantas, refletindo no aumento do teor proteico.

Além disso, segundo Taiz e Zeiger (2010), o nitrogênio exerce papel fundamental no metabolismo vegetal no metabolismo vegetal, sendo componente estrutural de enzimas, proteínas e ácidos nucleicos. Dessa forma, sua maior disponibilidade favorece o acúmulo de proteína nos tecidos vegetais.

Outro fator importante é a eficiência do sistema hidropônico, que proporciona maior disponibilidade e absorção de nutrientes pelas plantas. Conforme relatado por Teodósio, Costa e Souza (2010), a hidroponia permite melhor aproveitamento dos nutrientes, potencializando o desenvolvimento e a qualidade das plantas cultivadas.

Já a Figura 3 demonstra os resultados obtidos para o teor de fósforo em plantas de capim Mombaça sob efeito de solução hidropônica bioestimulada com adubos verdes, onde pode-se notar incremento para os tratamentos leucena e mamona, com 1,09 e 1,091% de fósforo, respectivamente.

Figura 3. Teor de fósforo em capim Mombaça sob aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de tukey.

O teor de fósforo (P) no tratamento controle foi o mais baixo (0,27%), o que inferiu a eficácia dos biofertilizantes no aporte deste nutriente. Este resultado pode ser atribuído à maior disponibilidade de fósforo liberado pela decomposição dos materiais orgânicos presentes nos biofertilizantes. Corroborando essa perspectiva, Primavesi (2002) destaca que resíduos vegetais ricos em nutrientes promovem uma liberação gradual de P, otimizando sua absorção pelas plantas.

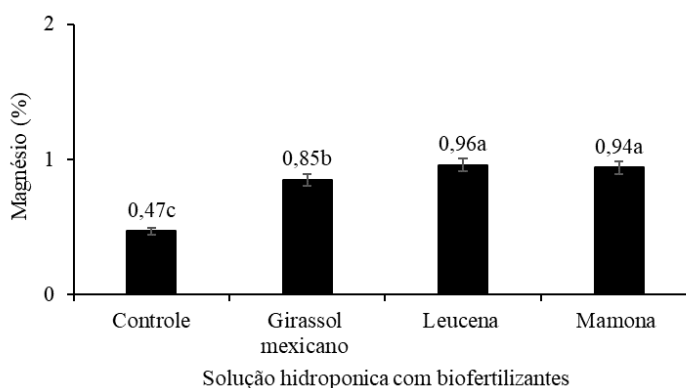
Adicionalmente, a leucena é reconhecida por sua contribuição para a melhoria da fertilidade do solo, particularmente pela ciclagem de nutrientes, o que resulta em maior disponibilidade de P no sistema. Gliessman (2005) reforça que leguminosas, como a

leucena, desempenham um papel crucial na dinâmica de nutrientes, favorecendo a sustentabilidade e produtividade dos sistemas agrícolas.

Similarmente, a mamona, com sua composição intrinsecamente rica em nutrientes, também contribuiu para o aumento do teor de P nas plantas. Severino et al. (2006) salientam que os resíduos de mamona contêm quantidades significativas de macronutrientes, incluindo o P, que são liberados durante o processo de mineralização.

Na Figura 4, observa-se diferença significativa (p -valor $<0,01$) para o teor de magnésio no capim Mombaça sob efeito de solução hidropônica bioestimulada com adubos verdes, onde percebe-se maior incremento para tratamentos leucena (0,96%) e mamona (0,94%).

Figura 4. Teor de Magnésio em capim Mombaça sob aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



*Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de tukey.

As concentrações mais elevadas de magnésio foliar foram registradas nos tratamentos que receberam biofertilizantes à base de leucena (0,96%) e mamona (0,94%), os quais não apresentaram diferença estatística significativa entre si ($p > 0,05$). O tratamento com girassol mexicano exibiu o terceiro maior teor (0,85%), enquanto o controle demonstrou o valor mais reduzido (0,47%), sugerindo a eficácia dos biofertilizantes no incremento da disponibilidade e absorção desse macronutriente.

Esta resposta pode ser atribuída à maior oferta de magnésio proporcionada pelos biofertilizantes aplicados. Consoante Malavolta (2006), o magnésio é um nutriente essencial, atuando como átomo central da molécula de clorofila, o que o torna indispensável para o processo fotossintético e, conseqüentemente, para o desenvolvimento vegetal.

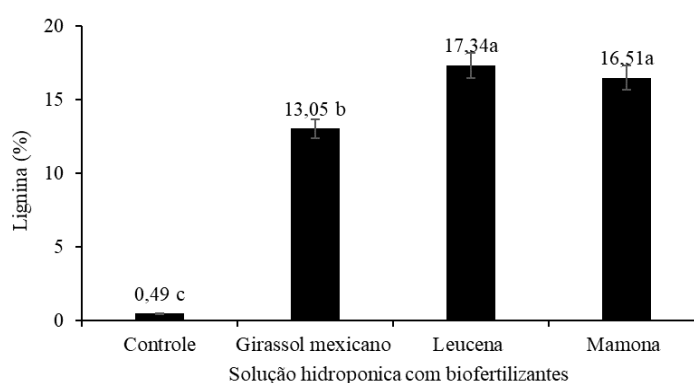
Adicionalmente, a condição de maior disponibilidade de nutrientes inerente aos sistemas hidropônicos potencializa a absorção eficiente de magnésio pelas plantas. Segundo

Taiz e Zeiger (2010), a captação otimizada de nutrientes em solução contribui diretamente para o equilíbrio nutricional e para um melhor desempenho fisiológico e morfológico da planta.

Em particular, a leucena contribui para essa dinâmica pela sua reconhecida capacidade de ciclagem de nutrientes, promovendo uma maior disponibilidade de minerais no sistema (Gliessman, 2005). Similarmente, a mamona, caracterizada por sua composição intrínseca rica em macronutrientes, favorece o suprimento de magnésio às plantas (Severino et al., 2006).

A Figura 5 ilustra os resultados obtidos para milho hidropônico, no quesito teor de lignina. Nota-se efeito estatístico significativo para os tratamentos (p -valor $<0,01$), com melhores resultados obtidos para os tratamentos leucena (17,34%) e mamoma (16,51%).

Figura 5. Teor de Lignina em capim Mombaça sob aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



*Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey.

O incremento no teor de lignina observado pode ser atribuído ao maior desenvolvimento estrutural das plantas nos tratamentos submetidos a biofertilizantes. Conforme Taiz e Zeiger (2010), a lignina é um polímero complexo da parede celular vegetal, fundamental para o fortalecimento estrutural e o suporte mecânico, e sua abundância correlaciona-se diretamente com o grau de desenvolvimento tecidual.

Adicionalmente, o crescimento vegetativo acentuado, impulsionado pela maior disponibilidade nutricional nos tratamentos, promoveu o espessamento da parede celular e, consequentemente, a maior deposição de lignina (Marschner, 2012).

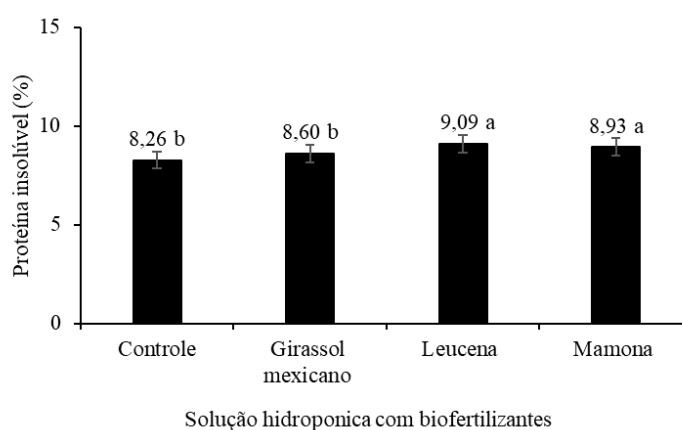
No contexto dos biofertilizantes específicos, a leucena, ao aprimorar a fertilidade edáfica, provavelmente favoreceu um desenvolvimento estrutural mais robusto e, por conseguinte, uma maior lignificação (Gliessman, 2005). Similarmente, a mamona, através de

sua contribuição para a disponibilidade de nutrientes, induziu um crescimento vegetal mais expressivo e a subsequente deposição de lignina (Severino et al., 2006).

Contudo, apesar da associação entre lignificação e desenvolvimento vegetal, é crucial ponderar que níveis elevados de lignina podem comprometer a digestibilidade da forragem, particularmente na nutrição animal, devido à sua recalcitrância à degradação.

Na Figura 6 se observa os efeitos de diferentes fontes de adubos verdes na produção de milho hidropônico na variável proteína insolúvel, onde percebeu-se efeito significativo entre os tratamentos (p -valor $<0,01$).

Figura 6. Teor de proteína insolúvel em capim Mombaça sob aplicação hidropônica de bioestimulante à base de adubos verdes.



*Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey.

O incremento no teor de proteína insolúvel observado nos tratamentos que incorporaram Leucena e Mamona é diretamente atribuível à elevada disponibilidade de nitrogênio (N) proveniente dessas fontes orgânicas. A literatura corrobora que *Ricinus communis* (mamona) apresenta uma concentração substancial desse macronutriente (entre 1 a 5% de ricina) elemento essencial para a biossíntese de aminoácidos e a formação de proteínas estruturais (Amorim Neto et al., 2001).

Dado que o nitrogênio é um componente-chave na constituição de compostos nitrogenados, sua abundância favorece o acúmulo proteico nos tecidos vegetais. Conforme Taiz e Zeiger (2010), o N atua como um componente estrutural fundamental de enzimas e proteínas, e sua maior concentração no sistema de cultivo potencializa a qualidade nutricional da forragem produzida.

Para além disso, a elevação da proteína insolúvel pode ser explicada pelo vigoroso crescimento das plantas cultivadas com a adição de Mamona e Leucena. O nitrogênio é

indispensável para processos celulares como a divisão e expansão. Este desenvolvimento acelerado demanda um reforço na matriz estrutural da planta, onde proteínas insolúveis se integram a outros componentes da parede celular, conferindo a sustentação mecânica necessária ao vegetal.

4 CONCLUSÕES

O estudo conclui que biofertilizantes de adubos verdes no cultivo hidropônico de capim-mombaça são alternativas sustentáveis e eficazes. Mamona e girassol mexicano atuaram como bioestimulantes, aumentando a altura das plantas. Qualitativamente, leucena e mamona elevaram significativamente os teores de proteínas, fósforo e magnésio, devido à alta disponibilidade de nitrogênio e eficiência do sistema hidropônico.

O maior desenvolvimento estrutural também ampliou a lignificação, fator que exige atenção quanto à digestibilidade animal. Essas fontes orgânicas otimizam o valor nutritivo da forragem e reduzem a dependência de fertilizantes minerais, consolidando-se como uma estratégia produtiva viável.

Diante disso, são necessários novos estudos com diferentes dosagens, épocas e métodos de aplicação, a fim de estabelecer critérios científicos para o uso de biofertilizantes de adubos verdes na produção orgânica de capim-mombaça destinado à alimentação de aves caipiras.

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.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural*, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

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.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

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.

MIRANDA, M. A. F. M. et al. Phytotoxins from *Tithonia diversifolia*. *Journal of Natural Products*, v. 78, n. 5, p. 1083-1092, 2015.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002.

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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

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.