

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS  
CÂMPUS OESTE  
SEDE: SÃO LUÍS DE MONTES BELOS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL E FORRAGICULTURA  
MESTRADO PROFISSIONAL

KATHRINA DE OLIVEIRA PRADO

**MICROORGANISMOS PROMOTORES DE  
CRESCIMENTO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM MEGATHYRSUS MAXIMUM  
CV. BRS QUÊNIA**

São Luís de Montes Belos

2025

KATHRINA DE OLIVEIRA PRADO

**MICROORGANISMOS PROMOTORES DE  
CRESCIMENTO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM MEGATHYRSUS MAXIMUM  
CV. BRS QUÊNIA**

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Animal e Forragicultura, pela Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Oeste - Sede São Luís de Montes Belos, sob orientação do professor Dr. Alessandro Jose Marques Santos.

Linha de pesquisa: Produção e Avaliação de Forrageiras

Orientador: Prof. Dr. Dr. Alessandro Jose Marques Santos

São Luís de Montes Belos  
2025

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

dP896      de Oliveira Prado, Kathrina  
m            Microrganismos promotores de Crescimento e adubação  
              nitrogenada em Megathyrsus maximum cv. Brs quênia /  
              Kathrina de Oliveira Prado; orientador Alessandro Jose  
              Marques Santos. -- São Luís de Montes Belos, 2025.  
              63 p.

              Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação Mestrado  
              Profissional em Produção Animal e Forragicultura) --  
              Câmpus Oeste - Sede: São Luís de Montes Belos,  
              Universidade Estadual de Goiás, 2025.

              1. Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas .  
              2. Capim BRS Quênia . 3. Azospirillum brasilense. 4.  
              Pseudomonas fluorescens. I. Jose Marques Santos,  
              Alessandro, orient. II. Título.


KATHRINA DE OLIVEIRA PRADO

**MICROORGANISMOS PROMOTORES DE  
CRESCIMENTO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM MEGATHYRSUS  
MAXIMUM CV. BRS QUÊNIA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás, Campus Oeste para obtenção do título de Mestre em Produção Animal e Forragicultura.


Aprovado em 20 de Novembro de 2025

Banca Examinadora




---

Prof. Dr. Alessandro José Marques Santos – UEG

Documento assinado digitalmente  
 LUIZ FERNANDES CARDOSO CAMPOS  
Data: 20/11/2025 11:38:20-0300  
verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. Luiz Fernandes Cardoso Campos – UNIR



---

Prof. Dr. Arthur Gabriel Teodoro – UEG

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me concebido principalmente a saúde e força para sair da depressão, por estar sempre comigo nos momentos difíceis, por ter colocado em meu caminho ao longo desta caminhada pessoas que me ajudaram, incentivaram, apoiaram e confortaram.

Aos meus pais Gilberto do Prado e Lucilei Pereira de Oliveira Prado, a quem devo tudo o que sou e cada conquista, obrigada pelo amor, cuidado, sacrifícios, incentivo e por terem me ajudado a reerguer quando fiquei doente, sem vocês isso não seria possível, esse sonho vitorioso é nosso.

A minha irmã Kristanna Pereira do Prado que sempre esteve comigo desde o início da caminhada, obrigada pelo apoio, por sonhar os meus sonhos, e por ser a minha cúmplice na vida, sou muito grata a tudo que fez e faz por mim.

A toda minha família que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação, por me proporcionar e compartilhar comigo momentos de alegria, e também momentos difíceis.

Ao meu orientador e professor Alessandro José Marques Santos, que aceitou o convite de me orientar, obrigada pelo acolhimento, paciência, dedicação, disponibilidade e conselhos.

A Universidade Estadual de Goiás, seu corpo docente, direção e administração por me acolher como acadêmica em seu Câmpus de São Luís de Montes Belos durante esse período do Mestrado.

A todos que de alguma forma me incentivaram, acreditaram, torceram, rezaram e contribuíram para tornar possível a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Dados da análise de solo realizada na área no ano de 2022.....	40
--	----

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Desempenho e características do capim BRS Quênia.....	18
Quadro 2 – Croqui com a disposição das unidades experimentais.....	40

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Média de temperatura anual da cidade de São Luís de Montes Belos.....	39
Gráfico 2. Altura média do dossel forrageiro (cm) sob diferentes doses de N e inoculação, nas avaliações de abril, janeiro e fevereiro.....	44
Gráfico 3. Número de perfilhos por m <sup>2</sup> sob diferentes doses de N e inoculação, nas três avaliações.....	45
Gráfico 4. Relação folha:colmo sob diferentes doses de N e inoculação.....	46
Gráfico 5. Índice relativo de clorofila sob diferentes doses de N e inoculação..	47
Gráfico 6. Massa seca de forragem (kg ha <sup>-1</sup> ) sob diferentes doses de N e inoculação.....	48



## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

BPC	Bactérias promotoras de crescimento
BPCP	Bactérias promotoras de crescimento de plantas
FDN	Fibra detergente neutro
PB	Proteína bruta

## RESUMO

O Brasil possui extensas áreas de pastagens destinadas à pecuária, onde práticas sustentáveis vêm sendo adotadas para aumentar a produtividade e reduzir impactos ambientais. Entre essas alternativas, destaca-se o uso de microrganismos promotores de crescimento em forrageiras. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*, associada a diferentes doses de nitrogênio, no desenvolvimento do capim Quênia (*Megathyrsus maximum* cv. Quênia). O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus São Luís de Montes Belos, em delineamento em blocos casualizados, esquema fatorial 2 x 4, com oito tratamentos e quatro repetições. Foram avaliadas variáveis incluindo altura de plantas, número de perfilhos, relação folha/colmo, produtividade e teor de clorofila. Os resultados não apresentaram diferenças estatísticas significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos; entretanto, observaram-se tendências consistentes de benefícios da inoculação e da adubação nitrogenada. As correlações significativas entre variáveis fisiológicas e produtivas reforçam a importância de uma abordagem integrada na avaliação do desempenho forrageiro. Conclui-se que, embora os efeitos não tenham sido estatisticamente comprovados, o uso combinado de bioinoculantes e adubação nitrogenada apresenta potencial para contribuir com a sustentabilidade e eficiência da produção de pastagens.

**Palavras-chave:** Adubação Nitrogenada; *Panicum maximum*; *Azospirillum brasilense*; *Pseudomonas fluorescens*.

## SUMMARY

Brazil has extensive grassland areas for livestock, where sustainable practices have been adopted to increase productivity and reduce environmental impacts. Among these alternatives, the use of growth-promoting microorganisms in forage crops stands out. This work aimed to evaluate the efficiency of inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*, associated with different doses of nitrogen, in the development of Kenya grass (*Panicum maximum* cv. Kenya). The experiment was conducted at Universidade Estadual de Goiás, Câmpus São Luís de Montes Belos, in a randomized block design, factorial scheme 2 x 4, with eight treatments and four repetitions. Morphological and physiological variables were evaluated, including plant height, number of tillers, leaf/stem ratio, productivity and chlorophyll content. The results showed no statistically significant differences ( $P > 0.05$ ) between treatments; however, consistent trends of benefits of inoculation and nitrogen fertilization were observed. The significant correlations between physiological and productive variables reinforce the importance of an integrated approach in the evaluation of forage performance. It is concluded that, although the effects have not been statistically proven, the combined use of bioinoculants and nitrogen fertilization has potential to contribute to the sustainability and efficiency of pasture production.

**Key-words:** Nitrogen fertilization; Kenya grass; *Azospirillum brasilense*; *Pseudomonas fluorescens*.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Situação das áreas de pastagem no Brasil.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Capim Quênia: características e importância atual .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Bactérias Promotoras De Crescimento de Plantas (BPCP).....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.1 Gênero <i>Pseudomonas</i> .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.3 Benefício do uso das Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPC) .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.4 Métodos de aplicação das Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas .....</b>	<b>29</b>
<b>2.4- Adubação Nitrogenada em Pastagens .....</b>	<b>30</b>
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>31</b>
<b>4.REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1 .....</b>	<b>40</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
<b>2.1 Caracterização da área experimental .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2 Delineamento experimental.....</b>	<b>44</b>
<b>2.3 Manejos do experimento .....</b>	<b>45</b>
<b>2.4 Avaliações.....</b>	<b>45</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>

## CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas agropecuários enfrentam problemas com a degradação do solo e das pastagens, um problema preocupante que afeta a produtividade e a sustentabilidade das atividades de produção. Essa degradação interfere na qualidade do solo resultando no baixo desempenho das plantas, na disponibilidade de pastagens para alimentação dos animais, consequentemente aumentando o custo de produção (DIAS FILHO, 2017).

As principais razões das degradações são resultados de manejos inadequados, como o uso de máquinas pesadas e pisoteio excessivo de animais, que podem resultar na compactação do solo, reduzindo sua capacidade de retenção de água e nutrientes. Além disso, o mau uso do solo contribui para a perda da cobertura vegetal afetando sua biodiversidade que deixa o solo exposto provocando a incidência de processos erosivos (FAVARATO et al., 2016).

O solo é o elemento fundamental para a produção agrícola, sendo responsável pelo fornecimento de água, nutrientes e suporte às plantas. No entanto, o manejo inadequado pode levar à degradação do solo e comprometer a sua qualidade. A utilização do uso das Bactérias Promotoras de Crescimento (BPC) tem sido cada vez mais estudado na agricultura como alternativa sustentável para otimizar a produtividade das plantas. Essas interações microbiológicas desempenham papel fundamental na saúde do solo e no desenvolvimento vegetal, tornando-se uma ferramenta estratégica na produção de forrageiras de alto rendimento (DIAS e SANTOS 2022).

A restauração de pastagens degradadas no Brasil enfrenta desafios significativos, mas o uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) tem se destacado como uma alternativa sustentável e eficaz. Essas bactérias, como *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorescens*, promovem a fixação biológica de nitrogênio, a produção de hormônios vegetais e a melhoria da absorção de nutrientes, resultando em maior crescimento radicular, acúmulo de biomassa e melhor status nutricional

das plantas forrageiras, como *Megathyrsus maximus* e *Urochloa* spp. Estudos mostram que a inoculação com BPCP pode aumentar a produtividade das pastagens em até 17%, além de elevar os teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas plantas, melhorando a absorção dos fertilizantes químicos e diminuindo os impactos ambientais (NOGUEIRA et al, 2021).

Diante da necessidade de aprimorar sistemas forrageiros com maior eficiência e sustentabilidade, torna-se essencial explorar abordagens complementares que potencializam o crescimento e a qualidade das pastagens. As bactérias promotoras de crescimento atuam principalmente na estimulação do desenvolvimento radicular e na absorção de nutrientes, enquanto a adubação nitrogenada contribui diretamente para o aumento da biomassa e do teor proteico da planta. Portanto, neste trabalho objetivou-se analisar, por meio de pesquisa bibliográfica, a produtividade e qualidade de forrageiras BRS Quênia, os efeitos de bactérias promotoras de crescimento no desenvolvimento de forrageiras e os impactos da adubação nitrogenada em sistemas forrageiros, sistematizando conceitos, evidências e lacunas da literatura.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Situação das áreas de pastagem no Brasil**

O Brasil possui uma vasta área de pastagens utilizadas principalmente para a pecuária, possuindo cerca de 164.925.390 Ha (ATLAS, 2021). O elevado crescimento extrativista das pastagens acarreta drasticamente as condições das áreas aluviais, sem uma gestão adequada aumentando a incidência da degradação das pastagens. Isto se deve em decorrência do mau manejo, à falta de rotação de culturas e à compactação do solo (DIAS FILHO, 2014).

O estado das pastagens no Brasil varia de região para região e é heterogêneo, sendo que algumas apresentam solos férteis e bem manejados e outros apresentam solos gravemente degradados. O grau de degradação à escala nacional pode ser dividido em três níveis, nomeadamente, degradação severa, que representa 22% da área total das pastagens, 41,41% da área de

degradação intermediária e 36,59% da área ausente de degradação (ATLAS, 2021).

A degradação das pastagens pode ser definida como uma perda de produtividade das pastagens, ocasionada pela privação de nutrientes do solo, competição entre as plantas daninhas. Esta competição pode causar problemas de crescimento e inibir a regeneração (rebrotar) da forrageira. O constante pisoteio dos animais, a remoção da vegetação natural para dar lugar a pastagens e a exposição do solo ao vento e à chuva, leva-o à sua erosão e à perda de camadas férteis, no qual esse processo reduz a biodiversidade edáfica, compromete a saúde e a produtividade das plantas e intensifica a compactação, resultando posteriormente na degradação do solo (MACEDO et al., 2023).

A restauração de pastagens degradadas continua sendo um desafio para o setor agrícola brasileiro. Diversas medidas estão sendo desenvolvidas para melhorar a qualidade dessas pastagens, a busca por alternativas sustentáveis para melhorar a produção agrícola tem sido um desafio constante, especialmente diante da necessidade de reduzir a dependência de fertilizantes químicos sem comprometer a produtividade. O uso de bactérias promotoras de crescimento tem se mostrado uma abordagem promissora ao promover a fixação biológica de nitrogênio, a produção de hormônios vegetais e a melhora na absorção de nutrientes (HUNGRIA et al., 2022).

## **2.2 Capim Quênia: características e importância atual**

O capim BRS Quênia é uma cultivar forrageira de destaque no Brasil, utilizada principalmente em sistemas de produção animal devido à sua alta produtividade e qualidade. O capim BRS Quênia é um híbrido da espécie *Megathyrsus maximus*. Foi lançado em 2017 pela Embrapa em parceria com a Associação para o Fomento à Pesquisa de Melhoramento de Forrageiras (Unipasto). O lançamento atendeu à demanda do mercado por uma cultivar de porte intermediário, com alta produtividade e qualidade de forragem, caracterizada por folhas macias, colmos tenros, alto perfilhamento e de fácil

manejo, visando a diversificação e intensificação da produção animal (JANK et al., 2017).

O capim-Quênia apresenta alta produção de biomassa, atingindo alturas de 0,64 a 1,20 m, largura da lâmina foliar média 23 a 31 mm e diâmetro do colmo delgado a médio 3,5 mm. Apresenta pilosidade ausente na lâmina foliar e bainha, intensidade de perfilhamento basal média e arquitetura da folha arqueada. Sua coloração da espiguetas é verde. Sua inflorescência é uma panícula ramificada, caracterizando-se por alta produção de matéria seca e rápida rebrotação após pastejo ou corte. O ciclo de florescimento é precoce, ocorrendo entre fevereiro e março, ou a partir de janeiro em Campo Grande, MS. A quantidade de sementes puras por grama varia entre 750 e 800, dependendo do método de colheita (JANK et al. 2022).

O capim Quênia é valorizado por seu alto valor nutritivo, apresentando altos teores de proteína bruta, além de boa digestibilidade, favorecendo o crescimento e a manutenção de animais em sistemas de produção de carne e leite. Sua rápida rebrotação e densidade de folhas contribuem para elevar a produtividade animal, reduzindo os custos de alimentação e melhorando a eficiência produtiva (VALOTE et al., 2021).

Um grande diferencial do capim BRS Quênia é sua qualidade nutricional. Na média de cinco locais de avaliação regional, as porcentagens de proteína bruta (PB) foram de 10,6% na seca e 11,8% nas águas. Isso representou 15% e 3,5% a mais de PB do que a cultivar Tanzânia, que por sua vez foi superior à cultivar Mombaça. A digestibilidade in vitro da matéria orgânica do BRS Quênia foi de 63,8% na seca e 60,1% nas águas, valores maiores que os de Tanzânia e Mombaça. Os valores de fibra detergente neutro (FDN) do BRS Quênia foram de 72% a 75%, valores menores que os de Tanzânia e Mombaça. Esses altos valores nutritivos associados à uma boa estrutura favorecendo ao consumo e o bom desempenho animal (JANK et al., 2017).

O desenvolvimento do capim Quênia é fortemente influenciado por chuvas bem distribuídas e temperaturas elevadas, típicas do clima tropical indicado para biomas Cerrados e Amazônia, com mais de 800 mm de pluviosidade anual e até seis meses de estação seca. Solos férteis, com bom teor de matéria orgânica e bem drenado, favorecem seu crescimento vigoroso,



enquanto solos compactados ou com deficiência nutricional podem comprometer sua produtividade. Condições climáticas adversas, como períodos de seca mais prolongada, podem reduzir a biomassa produzida (CUNHA, 2021).

Possui tolerância média a alta ao frio, similar à cultivar Milênio e levemente inferior à Mombaça e BRS Zuri em certas condições. Contudo, possui pouca resistência ao solo encharcado. Pesquisas realizadas no Acre a classificaram como intolerante ao encharcamento, sendo necessário interromper o pastejo durante os períodos de maior encharcamento. Em solos com drenagem inadequada, apresentou uma taxa de sobrevivência intermediária de 45%, inferior à BRS Zuri e Mombaça, porém superior à Marandu (JANK et al., 2022).

O BRS Quênia é indicado para solos com fertilidade média a alta, sendo considerado bastante exigente em relação à fertilidade do solo, comparado às cultivares Mombaça e Tanzânia. A necessidade de diversificação de cultivares adaptadas a solos tropicais, respondendo à adubação, faz dessa cultivar uma importante alternativa para diversificar áreas plantadas com *M. maximus*. Para um bom estabelecimento e manutenção do capim, deve-se ter uma atenção especial à correção da acidez e adubação com fósforo, potássio, nitrogênio e micronutrientes. Pesquisas indicaram que ele responde aos níveis de fósforo presentes no solo e diferentes níveis de saturação de bases (JANK et al., 2017).

A correção da acidez do solo (calagem) é necessária para a sua instalação e produção sustentável. Para o estabelecimento da pastagem, recomenda-se que a saturação de bases na camada de 0 a 20 cm esteja entre 50% e 55%. Em um estudo, o BRS Quênia tolerou níveis de saturação por bases entre 35-40% nas fases inicial, sem diferir significativamente de níveis mais altos (51-55%) em termos de produção total de massa seca. Uma pesquisa adicional realizada no Tocantins não identificou diferenças relevantes no acúmulo total de forragem quando o calcário foi incorporado a 20 cm ou 40 cm, sob aporte de nitrogênio considerado baixo (MORENO et al., 2022).

O capim responde de forma significativa aos níveis de fósforo presentes no solo. Com a redução da disponibilidade de P, houve uma diminuição

significativa na produtividade total e das folhas (CUNHA, 2021). Um estudo no Tocantins mostrou resposta positiva à adubação fosfatada de base (entre 50 e 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), mas sem diferença entre as doses de 100 e 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (MORENO et al., 2022).

A aplicação de adubo nitrogenado tem um efeito positivo na produção de forragem e nas características morfogênicas. Embora a forrageira responda de forma positiva, a eficácia da adubação nitrogenada reduz à medida que a dose aplicada aumenta (MARTUSCELLO et al., 2018). Em estudos, o BRS Quênia respondeu positivamente à adubação nitrogenada, aumentando a produção de massa seca total, de lâmina foliar, colmo, material morto e raiz. Além disso, a adubação nitrogenada elevou a quantidade de perfilhos e a taxa de surgimento de folhas, ao mesmo tempo em que reduziu o filocrono (intervalo entre o aparecimento das folhas) (GOMES et al., 2020).

A resistência a pragas e doenças é um atributo importante para forrageiras tropicais. Estudos avaliaram a resistência do BRS Quênia à mancha das folhas, causada pelo fungo *Bipolaris maydis*, no qual apresentou grau de resistência intermediário, superior ao da cultivar Tanzânia, semelhante a Mombaça e Massai e inferior ao da BRS Zuri (CUNHA, 2021). Apesar de sua resistência, recomenda-se o tratamento de sementes para evitar infecção por patógenos transmitidos por sementes (JANK et al., 2022). Danos pelo fungo foram observados em Tocantins, especialmente no início da estação chuvosa, não impactando significativamente a produtividade em condições de pouca intensificação (MORENO et al., 2022).

Em relação às pragas, o BRS Quênia possui alta resistência contra às cigarrinhas-das-pastagens (*Notozulia entreariana*, *Deois flavopicta*, *Mahanarva* sp. e *M. fimbriolata*), por meio do mecanismo de antibiose semelhante ao da cultivar Tanzânia (JANK et al., 2022). Em relação à tolerância, ou seja, a capacidade de resistir ou se recuperar dos danos, mostrou-se moderadamente resistente, comparável à Tanzânia (SILVA et al., 2012). A resistência às cigarrinhas é muito importante, já que o controle químico tem suas limitações. No Acre, foi registrado um ataque da lagarta Curuquerê-dos-capinzais com uma população menor e menos danos do que na cultivar Tanzânia. A

resistência às cigarrinhas-das-pastagens é fundamental, dado que o controle químico apresenta limitações (JANK et al., 2017).

Em relação a nematoides fitoparasitas, o BRS Quênia se comportou com grau de resistência intermediário a *Pratylenchus brachyurus*, devendo ser usado com atenção em áreas onde esse patógeno já foi encontrado. Apesar de multiplicar o nematoide, seu uso em sistemas ILP deve ser cauteloso, embora o ILP em si possa melhorar a qualidade do solo (QUEIRÓZ et al., 2014).

Em comparação com outras forrageiras, como *Urochloa ruziziensis*, BRS Tamani e BRS Zuri, um estudo mostrou que o BRS Quênia apresentou a menor sensibilidade à aplicação dos herbicidas pós-emergência avaliados. Herbicidas como tembotrione (84 g i.a. ha<sup>1</sup>), glifosato (200 g i.a. ha<sup>1</sup>) e nicosulfuron (7,8 g i.a. ha<sup>1</sup>) mostraram capacidade para suprimir o BRS Quênia, diminuindo a massa seca da parte aérea em cerca de 50%. A cultivar demonstrou capacidade de recuperação, graças ao seu elevado perfilhamento e abundante quantidade de folhas (CRUVINEL et al., 2021).

Entre as cultivares de *Megathyrus maximus*, o capim BRS Quênia se sobressai pela sua elevada produtividade, qualidade nutricional e adaptabilidade em sistemas de produção animal, principalmente em pastejo rotacionado e integração lavoura-pecuária (JANK et al., 2017; JANK et al., 2022). Vários estudos analisaram sua resposta ao manejo, à adubação nitrogenada e ao desempenho na produção de carne e leite, apresentando resultados positivos em diversos biomas e condições experimentais (GOMES et al., 2020; GUEDES et al., 2024). O Quadro 1 apresenta um resumo das características e resultados mais relevantes dos estudos, permitindo uma comparação entre o BRS Quênia e outras cultivares de interesse forrageiro.

Quadro 1 – Desempenho e características do capim BRS Quênia

Parâmetro	Resultados	Fonte
Ganho de peso por animal	32% superior ao capim Tanzânia	Jank et al. (2017)
Produtividade por	860 kg PV/ha/ano (28,7 arrobas)	Jank et al.

área		(2017)
Produtividade de matéria seca	13,2 t/ha/ano	Jank et al. (2017)
Produtividade seca	1,41 t/ha	Jank et al. (2017)
Rebrotação na época chuvosa	18 a 20 dias	Jank et al. (2022)
Produtividade de leite	114,3 L/ha/dia	Jank et al. (2022)
Taxa de lotação	Sem diferença significativa com Mombaça, mas tendência de superioridade (+17%) na época das águas	Jank et al. (2017)
Adubação nitrogenada	Resposta positiva até 300 kg N/ha	Gomes et al. (2020)
Produção de massa seca total	2214,53 kg/ha	Guedes et al. (2024)
Altura pré e pós-pastejo	Menor que BRS Zuri, mas com maior densidade populacional de perfilhos	Valote et al. (2021)
Silagem	Alta ensilabilidade e bom valor nutritivo	Calderón (2021); Jank et al. (2022)
Potencial produtivo de carne	30 a 40 arrobas/ha/ano	Jank et al. (2022)
Compatibilidade com	Média (amendoim forrageiro e	Jank et al.

leguminosas	estilosantes)	(2022)
Consortiação em ILP	Recomenda-se pastejo rotacionado para evitar sombreamento excessivo	Jank et al. (2022)
Comparação com outras cultivares	Em sistemas rotacionados, desempenho individual superior ao Mombaça	Jank et al. (2017)

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Jank et al. (2017), Jank et al. (2022) Gomes et al. (2020), Guedes et al. (2024), Valote et al. (2021) e Calderón (2021).

### 2.3 Bactérias Promotoras De Crescimento de Plantas (BPCP)

As bactérias promotoras de crescimento (BPC) constituem um conjunto de microrganismos benéficos presentes no solo, auxiliando no crescimento das plantas e na preservação da saúde ambiental (GLICK, 2012). Desempenham papéis fundamentais na ciclagem de nutrientes, melhoria da estrutura do solo e aumento da resiliência das plantas frente a estresses como seca e degradação (KHATOON et al., 2020).

Encontram-se na rizosfera região ao redor das raízes, no qual desempenham um papel fundamental na disponibilidade de nutrientes e inibição do estresse; na filosfera superfícies das folhas se destacam e desempenham um papel crucial na saúde das plantas; e nos tecidos internos das plantas endofíticas atuam na produção de fitohormônios e o controle de patógenos (DONG et al., 2019). Essas bactérias estabelecem relações com as plantas, que podem variar de associações livres ou associativas a relações simbióticas ou endofíticas, nas quais ambas as partes são beneficiadas (DIAS e SANTOS, 2022).

As BPC estão amplamente distribuídas em diferentes compartimentos das plantas e do solo adjacente às raízes, desempenhando um papel fundamental na interação planta-microrganismo. Os principais nichos incluem rizósfera área do solo que é fortemente afetada pelos exsudatos radiculares, formando um dos microssistemas mais ativos e densamente habitados

relacionados às plantas superiores. Segundo Orozco Mosqueda et al. (2021) essa região pode ser subdividida em:

Endorizosfera: Parte interna das raízes onde microrganismos endofíticos podem colonizar os tecidos vegetais.

Rizopiano: Superfície das raízes, um ambiente favorável à fixação de microrganismos benéficos.

Ectorizosfera: Camada externa de solo aderida à raiz, composta por comunidades microbianas fortemente influenciadas pela atividade radicular.

Além da rizosfera, as BPC podem ser encontradas na endosfera que se refere aos tecidos internos das plantas, onde microrganismos endofíticos estabelecem associações mutualísticas e podem influenciar processos fisiológicos vegetais (OLEŃSKA et al., 2020); e a filosfera, composta pela superfície das folhas e pelo apoplasto dos tecidos foliares, também representa um importante habitat para essas bactérias, pois favorece interações benéficas que contribuem para a fisiologia e defesa contra estresses abióticos (OROZCO MOSQUEDA et al., 2021).

As rizobactérias são divididas em dois grupos principais com base no gradiente de proximidade e na intimidade de associação com a raiz: Rizobactérias Intracelulares (Simbióticas), no qual essas bactérias habitam o interior das células radiculares, geralmente em estruturas nodulares especializadas, alguns exemplo são as bactérias fixadoras de nitrogênio, como os gêneros *Bradyrhizobium* e *Rhizobium*, que estabelecem simbiose com leguminosas; Rizobactérias Extracelulares (Vida Livre e Endofíticas), estas vivem na região da rizosfera ou nos espaços entre as células do córtex da raiz, embora não formem nódulos, beneficiam as plantas através do aumento da disponibilidade de nutrientes, produção de fitohormônios e controle de patógenos, exemplos incluem *Azospirillum spp.*, *Bacillus spp.*, *Burkholderia spp.*, *Pseudomonas spp.* e *Serratia spp.* (ANDRADE et al., 2023).

As bactérias promotoras de crescimento são capazes de estimular o crescimento e desenvolvimento das plantas por meio de uma vasta gama de capacidades e mecanismos, que podem ser classificados em diretos e indiretos (NOVO et al., 2018).

Os mecanismos diretos são aqueles que afetam diretamente o metabolismo e o desenvolvimento da planta, geralmente facilitando a aquisição de nutrientes ou sintetizando compostos importantes (ANDRADE et al., 2023). São divididos em produção de fitohormônios; fixação biológica do nitrogênio; solubilização e mineralização do fósforo; produção de sideróforos; e desenvolvimento da raiz:

Um exemplo é a produção de fitohormônios, que sintetiza ou modulam os níveis de hormônios vegetais, que regulam o crescimento, o metabolismo e a diferenciação celular e tecidual das plantas, como auxinas (promove o alongamento radicular, aumenta a divisão celular e a formação de raízes laterais), giberelinas, citocininas e ácido abscísico. Gêneros como *Azospirillum*, *Pseudomonas* e *Bacillus* são conhecidos por produzir AIA e outras fitohormonas (OLIVEIRA PAIVA et al., 2022). Estudos em forrageiras (*Panicum maximum* e *Urochloa spp.*) demonstraram que cepas como *Pseudomonas fluorescens* e *Pantoea ananatis* AMG521 aumentam significativamente a produção de massa de forragem e raízes, com incrementos de até 25% em ausência de nitrogênio e ganhos médios de 19–58% em níveis moderados (DUARTE et al., 2020)

O processo de fixação biológica do nitrogênio é outro exemplo de mecanismo direto, esse processo ocorre quando microrganismos especializados como as bactérias rizóbios e diazotróficos, transformam o nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) em amônia ( $NH_3$ ) por meio das enzimas nitrogenase presentes nesses organismos, que é convertida em amônio ( $NH_4$ ) tornando-o disponível para as plantas, evitando assim a demanda por fertilizantes nitrogenados (AASFAR et al., 2021). Em *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, a inoculação foliar com *Pseudomonas fluorescens* CNPSo 2799 e *Azospirillum brasilense* (Ab-V5 + Ab-V6), associada a doses de N, resultou em incrementos de até 8,5% na produção de massa seca de forragem e 4% na massa seca acumulada em comparação ao controle (FREITAS, 2022).

Outro mecanismo direto é a solubilização e mineralização do fósforo que são processos essenciais para tornar esse nutriente disponível às plantas, já que grande parte do fósforo do solo está em formas insolúveis ou orgânicas inacessíveis. As bactérias solubilizam o fosfato mineral através da liberação

dos ácidos orgânicos (como ácidos cítricos, acéticos, succínicos e gluconato), os quais acidificam o ambiente ao redor das partículas de fosfato mineral, alteram o pH e promovem a liberação do fósforo na forma solúvel, além disso, elas liberam fósforo orgânico por meio de enzimas como fitases e fosfatases (RAWAT et al., 2020). Em estudo conduzido pela Embrapa Milho e Sorgo, o isolado bacteriano B4 liberou  $12,84 \text{ mg L}^{-1}$  de fósforo solúvel em meio líquido com fitato, apresentando o maior halo de solubilização entre 150 cepas avaliadas, confirmando elevada eficiência na mineralização de fósforo orgânico (RIBEIRO et al., 2013).

A produção de sideróforos por bactérias promotoras de crescimento é um mecanismo direto essencial para aumentar a disponibilidade de ferro para as plantas, especialmente em solos onde esse micronutriente é pouco acessível. Sideróforos são moléculas de baixo peso molecular, sintetizadas e secretadas por bactérias como *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum* e *Gluconacetobacter*, que quelam o ferro ( $\text{Fe}^{3+}$ ) do ambiente, formando complexos solúveis que podem ser absorvidos pelas plantas (DELAPORTE QUINTANA et al., 2020).

Por último, há o mecanismo direto o desenvolvimento da raiz, em que as BPC exercem um papel crucial no crescimento radicular ao regular processos fisiológicos e hormonais das plantas. Essas BPC estimulam a divisão celular na raiz, favorecendo o crescimento da raiz principal, o aparecimento de raízes laterais e o aumento do volume e da área superficial do sistema radicular, aumentando a densidade de pelos radiculares e o número de células corticais, proporcionando maior superfície de absorção de água e nutrientes (WU et al., 2020). Em estudos com plântulas de arroz, a inoculação com isolados de *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.* e *Serratia sp.* resultou em aumentos médios de 25,7% no comprimento radicular da cultivar BRS Catiana e cerca de 31% na cultivar BRS A702 CL, em comparação ao controle sem inoculante, com significância estatística confirmada (SOUSA et al., 2019).

Os mecanismos indiretos beneficiam a planta protegendo-a de condições adversas, como estresses bióticos (doenças) e abióticos (seca, salinidade, metais pesados), além disso, estão relacionados à diminuição ou inibição de efeitos causados por organismos fitopatogênicos e à indução de



resistência na planta (ANDRADE et al., 2023). São divididos em Biocontrole de Patógenos; indução de resistência sistêmica; Mitigação de Estresses Abióticos; Produção de Exopolissacarídeos (EPS) e Formação de Biofilmes.

O biocontrole de fitopatógenos é uma alternativa sustentável ao uso de pesticidas químicos, bactérias como *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* e outras, podem suprimem o crescimento ou a ação de microrganismos patogênicos por múltiplos mecanismos, incluindo competição por nutrientes e espaço, produção de sideróforos que limitam o ferro disponível para patógenos, propriedades de antibióticos e compostos antifúngicos, proliferação de enzimas degradativas (como quitinases e glucanases), e indução de resistência sistêmica nas plantas hospedeiras, além disso, algumas cepas podem degradar sinais de comunicação entre patógenos (quenching de quorum), reduzindo sua virulência (LLAMAS et al., 2020).

Segundo Santos (2025) em seu estudo com *Bacillus velezensis* e *Bacillus megaterium* em soja evidenciaram redução significativa da incidência de doenças radiculares e aumento da biomassa de raízes e parte aérea, confirmando o potencial de isolados com dupla função promoção de crescimento e biocontrole.

A indução de resistência sistêmica (ISR) é um mecanismo por quais as bactérias como *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Streptomyces* ativam as defesas naturais das plantas, tornando-as mais resistentes a uma ampla gama de patógenos e pragas, isso ocorre sem causar danos à planta no qual envolve a ativação de vias de sinalização dependentes de hormônios como ácido jasmônico, etileno e, em alguns casos, ácido salicílico, além de proteínas reguladoras como NPR1 (HUANG et al., 2022).

A mitigação do estresse abiótico por BPC ocorre por múltiplos mecanismos interligados. Entre eles, destaca-se a produção de ACC deaminase, que reduz o etileno associado ao estresse, permitindo que a planta mantenha o crescimento mesmo sob condições adversas. Essas bactérias também modulam fitohormônios, como auxinas e citocininas, ajustando o desenvolvimento vegetal de acordo com o ambiente. A indução de enzimas antioxidantes protege as células contra danos causados por espécies reativas de oxigênio, comuns em situações de seca, salinidade ou toxicidade por metais

pesados (SINGH et al., 2020). No estudo de Macedo (2023), utilizando *Herbaspirillum seropedicae* BR 11417 em sorgo demonstraram aumento da produção de matéria seca de 12% em condições ideais e 10,5% sob déficit hídrico e de nitrogênio.

A produção de exopolissacarídeos (EPS) pelas BPC melhora a estrutura do solo, retém água ao redor das raízes e facilita a formação de biofilmes, criando um microambiente mais favorável para a planta. Ademais, essas bactérias potencializam a absorção de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio, além de favorecerem o acúmulo de osmólitos compatíveis, como prolina e açúcares, que são fundamentais para manter o equilíbrio osmótico e a integridade celular. Esses mecanismos, ao modular a fisiologia vegetal e as condições do solo, permitem que as plantas direcionem recursos para o crescimento e a produtividade, mesmo sob estresses ambientais severos, tornando as BPC ferramentas promissoras para uma agricultura sustentável (KHAN et al., 2018).

### **2.3.1 Gênero *Pseudomonas***

O gênero *Pseudomonas* destaca-se como um dos mais versáteis entre as bactérias promotoras de crescimento de plantas, atuando por múltiplos mecanismos. Essas bactérias produzem fitohormônios, enzimas reguladoras de etileno, osmólitos, exopolissacarídeos (EPS), biofilmes e sideróforos, além de solubilizar nutrientes como fósforo, potássio e zinco, o que favorece a nutrição e o desenvolvimento vegetal mesmo sob condições adversas, como frio, salinidade e seca (SINGH et al., 2021).

No biocontrole, *Pseudomonas* exerce ação direta pela produção de antibióticos e compostos antifúngicos, e indireta por meio da luta por recursos e indução de resistência sistêmica nas plantas, protegendo-as contra patógenos. São bacilos Gram-negativos, não formadores de esporos, geralmente móveis por flagelos, e amplamente distribuídos em diferentes biomas, com grande capacidade de colonizar a rizosfera devido às suas estruturas metabólicas e resposta aos exsudatos radiculares (ANDERSON e CHAKRAVARTY, 2015).

Espécies como *P. fluorescens* e *P. putida* são especialmente relevantes na agricultura, promovendo crescimento e tolerância a estresses abióticos, como demonstrado em culturas de tomate, canola e milho. A habilidade dessas bactérias de sobreviver e atuar em ambientes variados estão relacionados à diversidade genética e metabólica, tornando-as ferramentas valiosas para práticas agrícolas mais sustentáveis e resilientes (ORTIZ CASTRO et al., 2019).

Segundo Baroncello et al., (2024), a inoculação de *Pseudomonas fluorescens* associada a 25% de N apresentou resultados equivalentes ao tratamento com 100% de N, destacando-se em todas as variáveis avaliadas no cultivar Tifton 85. Os autores evidenciam que o uso de inoculantes à base de *Pseudomonas fluorescens* pode reduzir significativamente a necessidade de fertilizantes nitrogenados em pastagens. Em relação ao teor proteico da forragem, o tratamento com 100% de N resultou em 15,10%, enquanto o tratamento com 25% de N associado à estirpe 2799 de *P. fluorescens* apresentou 14,10%. Para o acúmulo de N, o Tifton 85 adubado com 100% de N atingiu 355 kg·ha<sup>-1</sup>, valor aproximado ao obtido com a dose reduzida (25% N) e inoculação com *P. fluorescens*, que acumulou 279 kg·ha<sup>-1</sup>.

Segundo Lopes et al. (2018), em seu estudo com *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, a coinoculação de *Pseudomonas fluorescens* e *Burkholderia pyrrocinia* resultou em maior altura das plantas (46,72 cm) em comparação à inoculação isolada com *P. fluorescens* (43,54 cm) e *B. pyrrocinia* (45,66 cm), além dos controles fertilizados (37,28 cm) e não fertilizado (22,74 cm). Evidenciando o potencial dessas bactérias para incrementar o crescimento da forrageira.

### 2.3.2 Gênero *Azospirillum*

As bactérias do gênero *Azospirillum* são conhecidas por sua capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico em associação com as raízes de diversas plantas, especialmente gramíneas. Elas promovem o crescimento vegetal não apenas pela fixação biológica de nitrogênio, mas também pela produção de fitormônios como auxinas, que estimulam o desenvolvimento radicular, além de

facilitar a absorção de outros nutrientes essenciais, como fósforo e potássio (CASSÁN et al., 2017).

A inoculação com *Azospirillum* resulta em aumento da massa de raízes, maior concentração de nitrogênio nas folhas e nos grãos, e incrementos significativos na produtividade de culturas como milho, trigo e soja, mesmo sob condições de estresse, como salinidade ou baixa disponibilidade de nitrogênio. No milho, por exemplo, a inoculação pode aumentar a produtividade de grãos em até 5,4% e a massa radicular em mais de 12%, além de melhorar a eficiência do uso de nitrogênio, especialmente em doses reduzidas de fertilizante (CORREIA et al., 2022). Em trigo, a inoculação aumenta a absorção de nitrogênio, a altura das plantas e a eficiência de uso do nutriente (SANTINI et al., 2020). O uso em outras culturas, como a cana-de-açúcar, também tem ganhos em biomassa e produção de energia (CRUSCIOL et al., 2023).

Segundo Sanches (2022), em seus estudos com capins tropicais, a inoculação de *Azospirillum brasilense* Ab-V6 resultou em até 17% mais plântulas vivas em comparação ao controle, enquanto a estirpe Ab-V5 reduziu em até 39% a incidência de plantas daninhas. No capim-Massai, Ab-V5 promoveu acréscimo de 1,5 t·ha<sup>-1</sup> de forragem nos primeiros 60 dias. Já no capim BRS-Tamani, a inoculação com Ab-V6 elevou a densidade populacional de perfilhos, a interceptação luminosa e o índice de área foliar. Além disso, verificou-se que, em experimentos com diferentes doses de nitrogênio, os tratamentos com Ab-V6 associados a 70 kg·ha<sup>-1</sup> de N apresentaram desempenho equivalente ao controle com 120 kg·ha<sup>-1</sup>, tanto para massa total quanto para acúmulo de forragem.

Segundo Duarte (2024), a inoculação com *Azospirillum brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 associada a doses reduzidas de nitrogênio incrementou a produção de massa seca em até 2 t·ha<sup>-1</sup> nos híbridos Mulato II e Ipyorã. A coinoculação com *Pseudomonas fluorescens* potencializou esses efeitos, resultando em ganhos equivalentes ao uso de doses menores de N, indicando o potencial dessas bactérias para reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados em pastagens tropicais.

Segundo Freitas (2022), a inoculação foliar de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e *Pseudomonas fluorescens* CNPSO 2799 em *Megathyrsus*

*maximus* cv. BRS Zuri apresentou efeito positivo na produtividade de massa seca de forragem. Associada à adubação com 40 kg·ha<sup>-1</sup> de N mineral, a inoculação proporcionou acréscimos de 8,5% e 4,3%, respectivamente, em relação ao tratamento que recebeu apenas N mineral no período de inverno. Além disso, plantas inoculadas com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e adubadas com 40 kg·ha<sup>-1</sup> de N produziram 4% a mais de massa seca acumulada em comparação ao tratamento apenas fertilizado.

### 2.3.3 Benefício do uso das Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPC)

As bactérias promotoras de crescimento podem reduzir significativamente o uso de fertilizantes químicos, promovendo uma agricultura mais sustentável. Alguns mecanismos para essa redução incluem:

**Fixação biológica de nitrogênio:** Algumas BPC, como as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, fixam nitrogênio atmosférico, disponibilizando esse nutriente essencial diretamente para as plantas, o que diminui a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados químicos (MATOS et al., 2021).

Segundo Aguirre et al. (2020), em seu estudo com *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, a inoculação com *Azospirillum brasilense* influenciou o aumento da fixação biológica de N de 23,0 para 53,8 kg·ha<sup>-1</sup>, resultando em ganho adicional de 30,8 kg, equivalente a 133,9% em relação à pastagem não inoculada;

**Aumento da eficiência na absorção de nutrientes:** As bactérias promovem maior solubilização e mobilização de nutrientes no solo, como fósforo e outros minerais, tornando-os mais acessíveis para as raízes das plantas, o que pode reduzir a dose e frequência de fertilizantes aplicados (CHEA et al., 2024). Segundo Pereira et al. (2025), a associação de inoculantes biológicos com adubação nitrogenada favoreceu o desenvolvimento de *Urochloa brizantha*, aumentando a produção de matéria verde e seca e a altura das plantas. O tratamento com *Trichoderma asperellum* combinado ao N apresentou o melhor desempenho, evidenciando maior eficiência na absorção de nutrientes e resposta fisiológica;

Melhoria da saúde e fertilidade do solo: As BPC estimulam a atividade da microbiota do solo e a ciclagem de nutrientes, melhorando a estrutura e capacidade do solo reter nutrientes, o que promove o crescimento vigoroso das plantas com menor dependência de fertilizantes externos (BHARDWAJ et al., 2014).

#### **2.3.4 Métodos de aplicação das Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas**

A aplicação das Bactérias Promotoras de Crescimento pode ser realizada por diferentes métodos, sendo os mais comuns o tratamento de sementes, aplicação via solo, rega, pulverização foliar e encapsulamento em esferas de alginato. O tratamento de sementes envolve revestir ou submergir as sementes em uma suspensão bacteriana antes do plantio, promovendo colonização precoce e crescimento desde a germinação. A aplicação direta no solo ou no sulco de plantio posiciona as bactérias próximas às raízes, aumentando a eficiência devido à mobilidade limitada das bactérias no solo. A inoculação por rega consiste em aplicar a suspensão bacteriana diretamente na base das plantas, sendo eficaz para mudas ou plantas jovens. Pulverizações foliares também são utilizadas, especialmente em culturas como milho e soja, estimulando o crescimento e a produtividade (LOPES et al., 2021).

Métodos inovadores, como o encapsulamento das bactérias em esferas de alginato, apresentam eficiência e liberação contínua dos microrganismos, melhorando a tolerância das plantas ao estresse, como ondas de calor. A escolha do método depende do estágio de desenvolvimento da planta, das condições ambientais e do tipo de bactéria utilizada, pois fatores abióticos como pH do solo, disponibilidade de água e temperatura podem interferir no sucesso da colonização e nos benefícios proporcionados. O sucesso da aplicação está diretamente relacionado à capacidade das bactérias de colonizar o nicho desejado e competir com a microbiota nativa. Por fim, uma combinação de métodos e o uso de consórcios bacterianos podem potencializar os efeitos benéficos, promovendo maior crescimento e resiliência das plantas (DUARTE et al., 2024).

## 2.4- Adubação Nitrogenada em Pastagens

O nitrogênio é fundamental para o crescimento das plantas, pois compõe estruturas essenciais como aminoácidos, proteínas e clorofila, sendo o nutriente mais demandado pela maioria das espécies forrageiras. Em pastagens tropicais, a adubação nitrogenada aumenta significativamente a produção de biomassa, o teor de proteína bruta e a qualidade do forrageamento, além de aumentar a taxa de lotação e o ganho de peso animal por hectare, contribuindo para maior produtividade animal por área (DELEVATTI et al., 2019).

A deficiência de nitrogênio é um dos principais fatores de degradação das pastagens no Brasil, ela compromete o desenvolvimento vegetal ao alterar a arquitetura radicular, reduzir a absorção de água e nutrientes e limitar a fotossíntese. Esse processo intensifica a proteólise em folhas mais velhas para suprir tecidos jovens, aumentando a suscetibilidade a estresses e resultando em menor crescimento vegetativo e produtividade geral (BARRETO et al., 2018). A reposição, seja via fertilização ou integração de leguminosas, melhora o ciclo de nitrogênio no sistema solo-planta-animal, promovendo a sustentabilidade e evitando perdas de nutrientes (HOMEM et al., 2021).

A adubação nitrogenada é o principal fator para o aumento da produção de biomassa e rendimento de culturas, como cereais e forrageiras, ao atuar como componente essencial de proteínas, clorofila e ácidos nucleicos, impulsionando o crescimento vegetativo e a eficiência fotossintética nas plantas. O fornecimento adequado de nitrogênio resulta em maior acúmulo de matéria seca, maior taxa de crescimento e maior estabilidade da produção ao longo dos anos, contribuindo para a segurança alimentar global (CASSIMIRO et al., 2021).

Muitas espécies forrageiras, como *Urochloa* e *Panicum*, são altamente exigentes em nitrogênio. O solo, geralmente, não supre toda a demanda, tornando a adubação essencial para manter a persistência, qualidade e capacidade de suporte das pastagens ao longo do tempo. Em áreas degradadas, a adubação nitrogenada é uma das principais ferramentas para recuperação e manutenção da produtividade (BONO et al., 2019).

Diferentes fontes de nitrogênio, como ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio, apresentam eficiências variadas, mas todas aumentam a retenção de nitrogênio nas plantas e a recuperação do nutriente. Diversos estudos comparativos mostram que a eficiência agronômica e a recuperação do N pelas plantas variam conforme a fonte utilizada, o tipo de solo, a cultura e as condições ambientais. O nitrato de amônio e sulfato de amônio apresentam maior eficiência de uso do N e menores perdas por volatilização em relação à uréia, especialmente em solos salinos, ácidos ou sob condições de alta temperatura (NEELS et al., 2023).

O uso de doses adequadas de nitrogênio permite intensificar sem comprometer a qualidade física do solo, desde que respeitados os limites de capacidade de suporte. Estratégias como a combinação de gramíneas com leguminosas também elevam a disponibilidade de nitrogênio e a qualidade da forragem, diminuindo a necessidade de fertilizantes sintéticos (BORRÉ et al., 2024).

Além dos fertilizantes sintéticos, uma alternativa eficiente para complementar o fornecimento de nitrogênio às plantas é a inoculação de bactérias fixadoras desse nutriente, oferecendo benefícios tanto econômicos quanto ambientais. O método envolve a aplicação de bactérias selecionadas diretamente nas sementes antes do plantio, permitindo que elas convertam o nitrogênio presente na atmosfera em formas que as plantas possam assimilar. Essa técnica reduz a dependência de fertilizantes químicos nitrogenados, proporcionando economia aos agricultores e minimizando os efeitos ambientais associados às práticas agrícolas tradicionais (TEODORO et al., 2024).

No estudo de Martins et al. (2022), ao avaliar o crescimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio em dois cortes, verificou-se que a aplicação de  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N proporcionou o maior crescimento da forrageira, destacando-se como a dose mais eficiente para o desenvolvimento da cultivar.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A restauração de pastagens degradadas é um desafio recorrente na agricultura brasileira, e o uso de bactérias promotoras de crescimento de



plantas (BPC) representa uma alternativa sustentável. Essas bactérias favorecem a fixação biológica de nitrogênio, a síntese de hormônios vegetais e a absorção de nutrientes, resultando em maior crescimento radicular, acúmulo de biomassa e melhor estado nutricional das forrageiras. Além disso, desempenham papel essencial na ciclagem de nutrientes, na melhoria da estrutura do solo e na resiliência das plantas frente a estresses como seca e degradação, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos e seus impactos ambientais.

A adubação nitrogenada é fundamental para o crescimento das plantas, aumenta significativamente a produção de biomassa, o teor de proteína bruta e a qualidade do forrageamento, além de aumentar a taxa de lotação e o ganho de peso animal por hectare, contribuindo para maior produtividade animal por área.

O capim BRS Quênia é uma cultivar forrageira de destaque no Brasil, utilizada principalmente em sistemas de produção animal devido à sua alta produtividade e qualidade. Apresenta alta produção de biomassa, alto valor nutritivo e favorece o crescimento e a manutenção de animais em sistemas de produção de carne e leite.

Portanto, ao adotar práticas em conjunto, é possível otimizar a produção de forragem, reduzir a dependência de fertilizantes químicos e promover a saúde do solo, resultando em sistemas agropecuários mais eficientes e sustentáveis. A pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e práticas de manejo são essenciais para garantir a eficiência e a sustentabilidade da produção de capim Quênia e de outras forrageiras.

#### 4.REFERÊNCIAS

AASFAR, A., BARGAZ, A., YAAKOUBI, K., HILALI, A., BENNIS, I., ZEROUAL, Y., MEFTAH KADMIRI, I. Nitrogen fixing *Azotobacter* species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628379>.

ANDRADE, L. A., SANTOS, C. H. B., FREZARIN, E. T., SALES, L. R., RIGOBELLO, E. C. Plant growth-promoting rhizobacteria for sustainable agricultural production. **Microorganisms**, v. 11, n. 5, p. 1088, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051088>.

ANJOS, A. J. D., COUTINHO, D. N., NETO, P. F., DA SILVEIRA, T. C., RIBEIRO, K. G. Inovações tecnológicas na fertilização de solos sob pastagens. **Technological innovations in soil fertilization under pasture**. 2020.

BARRETO, C. F; NAVROSKI, R; SILVA, P. S; BENATI, J. A; VIGNOLO, G. K; NAVA, G; ANTUNES, L. E. C. Sintomas visuais de deficiência nutricional em morangueiro. **Pelotas: Embrapa Clima Temperado**. p. 21. ISSN 1678-2518. 2018.

BARONCELLO, T. Y., NETTO, A. S., SEEGER, G. V., DE SOUZA, N. A., FARIAS, V. J., BASSO, K. C., DA CRUZ, S. P. (2024). Produção de forragem de Tifton 85 inoculado com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* e associado à redução de adubação nitrogenada. **Agropecuária Catarinense**, 37(3), p. 24-26. 2024.

BHARDWAJ, D., ANSARI, M. W., SAHOO, R. K., TUTEJA, N. Biofertilizantes desempenham um papel fundamental na agricultura sustentável, melhorando a fertilidade do solo, a tolerância das plantas e a produtividade das culturas. **Microbial Cell Factories**, v. 13, p. 66, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66>.

BONO, J. A. M., DOS SANTOS RUFINO, R., GONÇALVES, R. C. Fertilizantes nitrogenados em cobertura para pastagem marandu (*Brachiaria brizantha*) no Mato Grosso do Sul. **Uniciências**, v. 23, n. 2, p. 127-132, 2019.

BORRÉ, J. G., RAMALHO, I. O., MONTEIRO, R. C., DOS S. SOUZA, W., DA C. SOARES, S., DE SOUZA, L. F., URQUIAGA, S. Legume integration or N fertilisation enhances the N cycling in the soil-plant-animal system. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-024-10385-2>.

CALDERÓN, M. A. L. **Potencial de novas cultivares da espécie *Megathyrus maximus* na produção de silagem**. 2021. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2021.

CASSÁN, F. D., PUENTE, M. L., GUALPA, J. L., LOPEZ, G. A., MOLINA, R. M., CARLETTI, S. M. The benefits of foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean are explained by an auxin signaling model. **Symbiosis**, v. 76, p. 41-49, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13199-017-0536-x>.

CASSIMIRO, J. B.; OLIVEIRA, C. L. B.; SILVEIRA, D. S.; BELISARIO, M. P.; ALVES, A. C. Produtividade de pastagem sob doses e fontes de fertilizantes nitrogenados com eficiência aumentada. **Agron Food Academy eBooks**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.53934/9786599539633-12>.

CHAKRAVARTY, S.; ANDERSON, G. G. The genus *Pseudomonas*. In: GOLDMAN, E.; GREEN, L. H. (ed.). **Practical Handbook of Microbiology**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015. Cap. 26.

CHEA, L., ALHUSSEIN, M., KARLOVSKY, P., PAWELZIK, E., NAUMANN, M. Adaptation of potato cultivars to phosphorus variability and enhancement of phosphorus efficiency by *Bacillus subtilis*. **BMC Plant Biology**, v. 24, n. 1, p. 1176, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05868-x>.

CORREIA, T. D., BARBOSA, J. Z., DE ALMEIDA ROBERTO, L., HUNGRIA, M., CORRÊA, R. S., MAGRI, E. Meta-analysis of maize responses to *Azospirillum brasilense* inoculation in Brazil: benefits and lessons to improve inoculation efficiency. **Applied Soil Ecology**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104276>.

CRUSCIOL, C. A. C., SCUDELETTI, D., MOMESSO, L., BOSSOLANI, J. W., MORETTI, L. G., DE OLIVEIRA, E. F., HUNGRIA, M. Inoculation with *Azospirillum brasilense* as a strategy to enhance sugarcane biomass production and bioenergy potential. **European Journal of Agronomy**, 144. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126749>.

CRUVINEL, A. G., GONÇALO, T. P., MORAES, K. L., PEREIRA, B. C. S., DE SOUSA, J. V. A., & DE ANDRADE, D. N. Effects of herbicide underdoses on the vegetative development of *Panicum maximum* cultivars. **Científica**, Jaboticabal, v. 49, n. 3, p. 121-127, 2021.

CUNHA, M. K. **BRS Quênia: uma opção forrageira para a bovinocultura tocaninense**. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2021. 20 p. (Documentos, 41. ISSN 2318-1400).

DE MATOS, G. F., ROUWS, L. F. M., SIMÕES-ARAÚJO, J. L., BALDANI, J. I. Evolution and function of nitrogen fixation gene clusters in sugarcane associated *Bradyrhizobium* strains. **Environmental Microbiology**, v. 23, n. 10, p. 6148-6162, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15533>.

DELAPORTE-QUINTANA, P., LOVAISA, N. C., RAPISARDA, V. A., PEDRAZA, R. O. The plant growth promoting bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* and *Azospirillum brasilense* contribute to the iron nutrition of strawberry plants through siderophores production. **Plant Growth Regulation**, v. 91, p. 185-199, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-020-00598-0>.

DELEVATTI, L. M., CARDOSO, A. S., BARBERO, R. P., LEITE, R. G., ROMANZINI, E. P., RUGGIERI, A. C., REIS, R. A. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. **Scientific Reports**, v. 9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44138-x>.

DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: o que é e como evitar**. 1. ed. Belém, PA: Ageitec, 2017. 24 p. ISBN 978-85-7035-688-8.

DIAS FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. 1. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. ISSN 1983-0513.

DIAS, A. dos S.; SANTOS, C. C. Bactérias promotoras de crescimento de plantas: conceitos e potencial de uso. **Nova Xavantina: Pantanal**, 2022.

DONG, C. J., WANG, L. L., LI, Q., SHANG, Q. M. Bacterial communities in the rhizosphere, phyllosphere and endosphere of tomato plants **PLoS ONE**, v. 14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223847>.

DUARTE, A. N. M. **Inoculação com bactérias promotoras de crescimento e adubação com nitrogênio em híbridos de capim-braquiária (Urochloa spp.)**. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 19 nov. 2024.

DUARTE, B., CARREIRAS, J. A., CRUZ-SILVA, A., MATEOS-NARANJO, E., RODRÍGUEZ-LLORENTE, I. D., PAJUELO, E., FIGUEIREDO, A. Marine Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) inoculation technology: Testing the effectiveness of different application methods to improve tomato plants tolerance against acute heat wave stress. **Plant Stress**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100434>.

DUARTE, C. F. D.; CECATO, U.; HUNGRIA, M.; FERNANDES, H. J.; BISERRA, T. T.; MAMÉDIO, D.; NOGUEIRA, M. A. Inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em Urochloa Ruziziensis. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e630985978-e630985978, 2020.

FAVARATO, L. F., DE SOUZA, J. L., DE SOUZA, C. M., GUARÇONI, R., GALVÃO, J. **Atributos químicos do solo com diferentes plantas de cobertura em sistema de plantio direto orgânico**. 2016.

FREITAS, G. D. S. **Inoculação foliar com bactérias promotoras do crescimento de plantas associadas a doses de nitrogênio em megathyrsus maximus cv. Brs zuri**. 2022.

GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. **Scientifica**, v. 2012, p. 1-15, 2012.

GOMES, E. S., BITTAR, D. Y., SÀ, A. C. O. Produção de forrageiras da espécie Panicum maximum submetidas a doses de nitrogênio. **Ipê Agronomic Journal**, v. 4, n. 2, p. 121-127, 2020.

BORGES GUEDES, K., MONTEIRO FERREIRA, T., MARTINS ALENCAR, N., ROCHA GUIMARÃES, C. R. Características produtivas e estruturais de cultivares de Panicum maximum em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Foco**, v. 17, n. 11, p. 1-12, 2024.

HOMEM, B. G., DE LIMA, I. B. G., SPASIANI, P. P., BORGES, L. P., BODDEY, R. M., DUBEUX JR, J. C., CASAGRANDE, D. R. Palisadegrass pastures with or without nitrogen or mixed with forage peanut grazed to a similar target canopy height. 2. Effects on animal performance, forage intake and digestion, and nitrogen metabolism. **Grass and Forage Science**, V. 76, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/GFS.12533>.

HUANG, J. ZHU, L., LU, X., ZHOU, C. Development of plant systemic resistance by beneficial rhizobacteria: recognition, initiation, elicitation and regulation. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.952397>.

HUNGRIA, M. GUIMARÃES, G. S., RONDINA, A. B. L., SANTOS, M. S., NOGUEIRA, M. A. Pointing out opportunities to increase grassland pastures productivity via microbial inoculants: attending the society's demands for meat production with sustainability. **Agronomy**, v. 12, n. 8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12081748>.

JANK, L., SANTOS, M. F., BRAGA, G. J. **O capim-BRS Quênia (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens.** Comunicado Técnico, 138. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2017.

JANK, L., SANTOS, M. F., BRAGA, G. J. **O capim-BRS Zuri (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens.** Comunicado Técnico, 163. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2022.

KHAN, N. NASEEM, H., AHSAN, M., SHAHID, M. A. Exopolysaccharides producing rhizobacteria and their role in plant growth and drought tolerance. **Journal of Basic Microbiology**, v. 58, p. 1009-1022, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/jobm.201800309>.

KHATOON, Z., HUANG, S., RAFIQUE, M., FAKHAR, A., KAMRAN, M. A., SANTOYO, G. Liberando o potencial das rizobactérias promotoras do crescimento de plantas na saúde do solo e na sustentabilidade dos sistemas agrícolas. **Journal of Environmental Management**, v. 273, p. 111118, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111118>.

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS - ATLAS. Atlas das pastagens. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2021. Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/map>>. Acesso em: 02 maio 2025.

LLAMAS, I. RODRÍGUEZ, M., TORRES, M., BLANCO, L., BÉJAR, V., SAMPEDRO, I. Plant growth-promoting activity and quorum quenching-mediated biocontrol of bacterial phytopathogens by *Pseudomonas segetis* strain P6. **Scientific Reports**, v. 10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61084-1>.

LOPES, M. J. D. S., DIAS-FILHO, M. B., GURGEL, E. S. C. Successful plant growth-promoting microbes: inoculation methods and abiotic factors. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606454>.

LOPES, M. J. DOS S., DIAS FILHO, M. B., DOS REIS CASTRO, T. H., DE FILIPPI, M. C. C., DA SILVA, G. B. Effect of *Pseudomonas fluorescens* and *Burkholderia pyrrocinia* on the growth improvement and physiological responses in *Brachiaria brizantha*. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9 n. 2, p. 250-265. 2018.

MACEDO, A. R. D. **Microrganismos promotores de crescimento e tolerância do sorgo biomassa à restrição hídrica e de nitrogênio em ambiente semiárido**. 2023.

MACEDO, M. C. M., ZIMMER, A. H., KICHEL, A. N., ALMEIDA, R. D., ARAUJO, A. D. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. *Encontro de Adubação de Pastagens da Scot Consultoria*. Ribeirão Preto: **Scot Consultoria**, v. 1, p. 158-181. 2013.

MARTINS, M. V. R., Pereira, C. E., Kikuti, H. Adubação nitrogenada na implantação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Humaitá-AM. **Scientia Plena**, 18(7). 2022.

MARTUSCELLO, J. A. Ribeiro, Y. N., Braz, T. G. S., Ferreira, M. R., Assis, J. A., Jank, L., Reis, G. A. **Produção de forragem, morfogênese e eficiência agrônômica do adubo em capim BRS Quênia sob doses de nitrogênio**. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, v. 75, p. 1-12, 2018.

MORENO, L. D. B., CUNHA, M., DE OLIVEIRA, L. B. Capim BRS Quênia: produtividade de forragem sob diferentes estratégias de calagem e adubação no Tocantins. **Comunicado Técnico**, 07. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2022.

NEELS, W., JHALA, A., MAHARJAN, B., PATEL, S., SLATOR, G., IQBAL, J. Nitrogen source affects in-season nitrogen availability more than nitrification inhibitor and herbicide in a fine-textured soil. **Soil Science Society of America Journal**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/saj2.20617>.

NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M., RONDINA, A. B. L., NUNES, A. L. P., ARAUJO, R. S. Correction to: Seed and leaf-spray inoculation of PGPR in brachiarias (*Urochloa* spp.) as an economic and environmental opportunity to improve plant growth, forage yield and nutrient status. **Plant and Soil**, v. 466, p. 675, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/S11104-021-04908-X>.

NOVO, M. A. F., BARBOSA, J. C., SILVA, A. L., OLIVEIRA, P. G., SANTOS, R. A. Inoculantes biológicos para agricultura: cenário atual e perspectivas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 1-18, 2018.

OLEŃSKA, E., MAŁEK, W., WÓJCIK, M., SWIECICKA, I., THIJS, S., VANGRONSVELD, J. Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: a methodical review. **Science of the Total Environment**, v. 747, p. 140682, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140682>.



OLIVEIRA-PAIVA, C. A., GOMES, E., LANA, U. D. P., ALVES, V., GODINHO, B., de SOUSA, S. M. **Mecanismos das bactérias promotoras do crescimento de plantas na mitigação dos efeitos do déficit hídrico**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022.

OROZCO-MOSQUEDA, M. D. C., FLORES, A., ROJAS-SÁNCHEZ, B., URTIS-FLORES, C. A., MORALES-CEDEÑO, L. R., VALENCIA-MARIN, M. F., SANTOYO, G. Plant growth-promoting rhizobacteria for sustainable agricultural production. **Agronomy**, v. 11, n. 6, p. 1167, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061167>.

ORTIZ-CASTRO, R. CAMPOS-GARCÍA, J., LÓPEZ-BUCIO, J. *Pseudomonas putida* and *Pseudomonas fluorescens* influence *Arabidopsis* root system architecture through an auxin response mediated by bioactive cyclodipeptides. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 39, p. 254-265, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-019-09979-w>.

Pereira, T. S; Gonçalves C. A. M; Carvalho L. R.. EFICIÊNCIA DE INOCULANTES BIOLÓGICOS (AZOSPIRILLUM, BRADYRHIZOBIUM E TRICHODERMA) NO CRESCIMENTO DE UROCHLOA RUZIZIENSIS. Ciências Agrárias, V 29, Ed 152. 2025. DOI: 10.69849/revistaft/ch10202511081649.

QUEIRÓZ, C. D. A., FERNANDES, C. D., VERZIGNASSI, J. R., VALLE, C. B. D., JANK, L., MALLMANN, G., BATISTA, M. V. Reação de acessos e cultivares de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* à *Pratylenchus brachyurus*. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 3, p. 226-230, 2014.

RAWAT, P., DAS, S., SHANKHDHAR, D., SHANKHDHAR, S. C. Phosphate-solubilizing microorganisms: mechanism and their role in phosphate solubilization and uptake. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 21, p. 49-68, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00342-7>.

RIBEIRO, V. P., ABREU, C. S., TAKAHASHI, J. A., TEIXEIRA, J. A., OLIVEIRA, C. A., & MARRIEL, E. Isolamento e seleção de bactérias mineralizadoras de fósforo em região de mineração no município de Vertentes. In **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. 2013

SANCHES, R. **Bactérias promotoras de crescimento de plantas no estabelecimento e desenvolvimento de *Megathyrus maximus***. 2022

SANTINI, J. M. K., GALINDO, F. S., FILHO, M. C. M. T., BUZETTI, S., PAGLIARI, P. H. Can NBPT urease inhibitor in combination with Azospirillum brasilense inoculation improve wheat development? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 117, p. 131-143, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10061-1>.

SILVA, L. C., VALÉRIO, J. R., TORRES, F. Z., RÔDAS, P. L., ARAÚJO NETO, A., OLIVEIRA, M. C., OLIVEIRA, M. C. Níveis de tolerância em acessos e

cultivares da gramínea forrageira *Panicum maximum* à cigarrinha-das-pastagens *Notozulia entreriana* (Hemiptera: Cercopidae). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA**, 24., 2012, Curitiba. SEB – 40 anos de avanços da Ciência Entomológica Brasileira: anais web. Curitiba: Sociedade Entomológica do Brasil, 2012.

SINGH, R. SAH, S., KRISHNANI, S. Pseudomonas mediated nutritional and growth promotional activities for sustainable food security. **Current Research in Microbial Sciences**, v. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100084>.

SINGH, S., Kumar, A., Gaurav, A. K., Srivastava, S., Verma, J. P. Plant growth-promoting bacteria: biological tools for the mitigation of salinity stress in plants. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01216>.

SOUSA, I. M.; NASCENTE, A. S.; DE FILIPPI, M. C. C. Bactérias promotoras do crescimento radicular em plântulas de dois cultivares de arroz irrigado por inundação. In **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. Vol. 15, No. 2, pp. 140-145. 2019.

Teodoro, A. G., de Souza França, A. F., Backes, C., Santos, A. J. M., Firmino, A. E., Ferreira, R. N., de Freitas, P. V. D. X. Inoculação do capim *Megathyrsus maximus* por bactérias do gênero *Azospirillum* associado a adubação nitrogenada. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 4, p. e4244, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n4-141.

VALOTE, P. D., CARVALHO, C. A. B. D., FREITAS, C. A. S., MORENZ, M. J. F., PACIULLO, D. S. C., GOMIDE, C. A. D. M. Forage mass and canopy structure of Zuri and Quênia guineagrasses pasture under rotational stocking. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, e20200225, 2021.

WU, Y., MA, L., LIU, Q., VESTERGÅRD, M., TOPALOVIC, O., WANG, Q., FENG, Y. The plant-growth promoting bacteria promote cadmium uptake by inducing a hormonal crosstalk and lateral root formation in a hyperaccumulator plant *Sedum alfredii*. **Journal of Hazardous Materials**, v. 395, p. 122661, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122661>.



## CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1

### **Efeito do uso de microrganismos promotores de crescimento e dose de Nitrogenio no Capim-BRS Quênia (*megathyrsus maximum* CV.)**

KATHRINA DE OLIVEIRA PRADO;  
ALESSANDRO JOSE MARQUES.

**RESUMO:** O Brasil possui uma extensa área de pastagens utilizadas principalmente para a pecuária, na qual o uso de alternativas sustentáveis é utilizado para melhorar a produtividade e ao mesmo tempo mitigar os danos ao meio ambiente, algumas dessas alternativas incluem o uso de microrganismo promotores de crescimento das forrageiras. Objetiva-se com este trabalho avaliar a eficiência do uso de bactérias promotoras de crescimento e de doses de N no desenvolvimento do capim Quênia. O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus São Luís de Montes Belos, na área experimental do NUPAGRO. A pesquisa foi desenvolvida pelo método de delineamento experimental em blocos casualizados com 8 tratamentos e 4 repetições, em esquema fatorial 2 x 4, com e sem inoculação com *Pseudomonas* e *Azospirillum* e quatro doses de N: 0, 50, 100, 200. Foram avaliados a altura de planta, números de perfilhos, relação folha/colmo, produtividade e clorofila. Os resultados não apresentaram diferenças estatísticas significativas ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos, indicando que os efeitos das estratégias testadas podem ter sido mascarados pela variabilidade ambiental e fenológica da cultura. No entanto observou-se correlações positivas entre as variáveis dentre elas altura do dossel associou-se positivamente à massa seca e à relação folha:colmo, índice de clorofila à massa seca e perfilhamento em abril e negativamente entre à proporção de folhas.

**Palavras-chave:** Adubação Nitrogenada, *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Panicum maximum*.

## Effect of the use of growth-promoting microorganisms and nitrogen dose on BRS Quênia grass (*Megathyrsus maximum* CV.)

**ABSTRACT:** Brazil has an extensive area of pastures used mainly for livestock, in which the use of sustainable alternatives is used to improve productivity and at the same time mitigate environmental damage, some of these alternatives include the use of micro-organisms that promote forage growth. The objective of this work is to evaluate the efficiency of the use of growth promoting bacteria and N doses in the development of Kenya grass. The experiment was developed at Universidade Estadual de Goiás, Câmpus São Luís de Montes Belos, in the experimental area of NUPAGRO. The research was developed by the experimental design method in randomized blocks with 8 treatments and 4 repetitions, in factorial scheme 2 x 4, with and without inoculation with *Pseudomonas* and *Azospirillum* and four doses of N: 0, 50, 100, 200. Samples were collected in plots already installed after the application of microorganisms applied by spraying and after each application of doses of N. Plant height, tiller numbers, leaf/stem ratio, productivity and chlorophyll were evaluated. The results showed no statistically significant differences ( $P>0.05$ ) between treatments, indicating that the effects of tested strategies may have been masked by environmental and phenological variability of the crop. However, positive correlations were observed between the variables, among them canopy height was positively associated with dry mass and leaf:stem ratio, chlorophyll index with dry mass and tillering in April, and negatively associated with the proportion of leaves.

**Key words:** Nitrogen fertilization, *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Panicum maximum*.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores de carne e leite do mundo, impulsionado por sua vasta área de pastagens, que representam uma

parte significativa do território nacional. No entanto, a degradação dessas áreas, resultante de manejos inadequados e exploração intensiva, têm comprometido a produtividade e a sustentabilidade dos sistemas pecuários, gerando impactos econômicos e ambientais negativos (DIAS FILHO et al., 2023). O Brasil atualmente possui aproximadamente 28 milhões de hectares de pastagens em condições intermediárias e severas de degradação, onde Goiás possui cerca de 4,7 milhões de hectares de pastagens degradadas, que representam uma parte significativa desse total nacional (BOLFE et al., 2024).

Diante desse cenário, a busca por alternativas sustentáveis para a recuperação e otimização das pastagens se torna crucial. Uma das estratégias promissoras é a utilização de bactérias promotoras de crescimento (BPC), que atuam no desenvolvimento das plantas e na melhoria da qualidade do solo, reduzindo a dependência de insumos químicos e promovendo a saúde do ecossistema. As bactérias dos gêneros *Pseudomonas* e *Azospirillum* são reconhecidas por seus efeitos benéficos no crescimento vegetal, atuando através de diferentes mecanismos, como a fixação biológica de nitrogênio, a solubilização de nutrientes e a produção de fitohormônios (DE SOUZA BATISTA et al., 2024).

O capim Quênia (*Megathyrsus maximum*) se destaca como uma cultivar forrageira de alto potencial produtivo e nutritivo, amplamente utilizada em sistemas de produção animal no Brasil. No entanto, para expressar todo o seu potencial, essa gramínea exige um manejo adequado, incluindo a adubação nitrogenada, nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas (CUNHA et al., 2021)

A adubação nitrogenada é uma prática fundamental para o manejo eficiente de pastagens, especialmente em sistemas intensivos de produção animal. O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelas gramíneas tropicais, como o capim BRS Quênia, por estar diretamente envolvido na síntese de proteínas, no crescimento vegetativo e na formação de folhas. A aplicação adequada de fertilizantes nitrogenados promove o aumento da taxa de rebrota, da produção de matéria seca e da qualidade nutricional da forragem, refletindo em maior desempenho dos animais. No entanto, o uso excessivo ou mal planejado pode acarretar impactos ambientais, como a

lixiviação de nitratos e a emissão de gases de efeito estufa. Por isso, estratégias que aliem eficiência agrônômica e sustentabilidade, como a integração com microrganismos promotores de crescimento, têm ganhado destaque na busca por sistemas mais equilibrados e produtivos (BOURSCHEIDT et al., 2019).

Apesar do potencial das bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPC) para aumentar a produtividade e reduzir o uso de insumos em pastagens tropicais, ainda faltam evidências experimentais específicas sobre o desempenho da cultivar BRS Quênia em condições edafoclimáticas do Centro Oeste (LEITE et al., 2019).

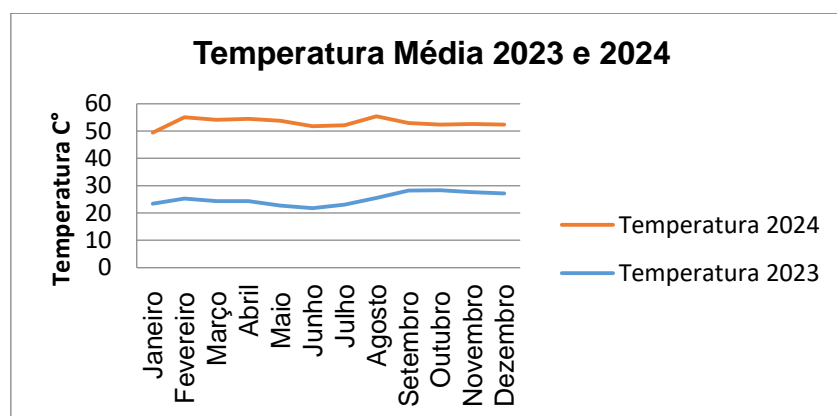
Por tanto, neste trabalho objetivou-se avaliar o uso de BPCs e da adubação nitrogenada na produtividade e qualidade do capim BRS Quênia.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Goiás – Campus de São Luís de Montes Belos, Goiás, Brasil (16° 32' 30" S, 50 o 25' 21" W e 569 m). O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e está inserido em relevo 128 suave ondulado. o clima na região é do tipo Aw, com temperatura média de 23,5 °C, variando de 20 °C a 40 °C apresentados na Gráfico 1. A precipitação média anual é de 579 mm, dos quais 87% são concentrados entre os meses de outubro e março.

**Gráfico 1.** Média de temperatura anual da cidade de São Luís de Montes Belos nos anos de 2023 e 2024.



Fonte: Inmet (2025) Adaptado pelo Autor.

O experimento teve duração de dois anos, considerando apenas o período das águas: o primeiro ano teve início em março de 2023 e término em maio de 2023; o segundo ano iniciou em dezembro de 2023 com término em maio de 2024. Sendo coletadas amostras para avaliações em 05/04/2023; 10/01/2024 e 16/02/2024. Foram realizadas as avaliações do experimento já implantado no terreno, iniciando com as aplicações de doses de adubos nitrogenados. No ensaio experimental utilizou a forrageira BRS Quênia - *Megathyrsus maximum* CV.

## 2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições por tratamento. Foram utilizados oito tratamentos com estratégias de inoculação de microrganismos e adubação nitrogenada em esquema fatorial 2 x 4, com e sem inoculação com *Pseudomonas* e *Azospirillum* e quatro doses de N: 0, 50, 100, 200. O período de coleta de dados foi entre janeiro de 2023 a junho de 2024, divididos em três ciclos de produção. O delineamento experimental utilizado foi delieamento em bloco casualizado (DBC), com três repetições.

Os tratamentos consistem no Controle (sem inoculação e sem N); 200, 100, 50 kg ha<sup>-1</sup> de N; *Azospirillum* brasilense (estirpes Ab-V5 CNPSo 2083 e AbV6 CNPSo 2084), sem N; *Pseudomonas fluorescens* ( CNPSo 2719 ), sem N; A.brasilense e P. fluorescens, sem N; A. brasilense, com N; P. fluorescens, com N. A concentração de microrganismos presentes no produto era de 1x10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup> de A. brasilense (Ab-V5 CNPo 2083 e Ab-V6 CNPSo 2084) e 1x10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup> de P. fluorescens (CNPSo 2719). Cada unidade experimental possuía 9 m<sup>2</sup>, com 3 m de comprimento e 3 m de largura (Quadro 2).

Quadro 2 – Croqui com a disposição das unidades experimentais

50 N C/I 25	0 N C/I 26	0 N S/I 27	200 N C/I 28	100 N S/I 29	50 N S/I 30	200 N S/I 31	100 N C/I 32
-------------------	------------------	------------------	--------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------

0 N C/I 24	50 N S/I 23	200 N C/I 22	0 N S/I 21	50 N C/I 20	100 N S/I 19	100 N C/I 18	200 N S/I 17
200 N S/I 9	0 N C/I 10	100 N C/I 11	200 N C/I 12	100 N S/I 13	50 N S/I 14	0 N S/I 15	50 N C/I 16
0 N S/I 8	100 N C/I 7	200 N C/I 6	50 N S/I 5	100 N S/I 4	50 N C/I 3	200 N S/I 2	0 N C/I 1

N- Dose de Nitrogênio; S/I- sem inoculante; C/I- com inoculante

Fonte: Arquivo pessoal (2025).

### 2.3 Manejos do experimento

No dia 04/02/2023 foi realizado o corte de uniformização e a aplicação de N, de acordo com os tratamentos na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizando como fonte a ureia. A segunda parcela da adubação nitrogenada do tratamento com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N foi realizada após o corte de uniformização da primeira avaliação (05/04/2023).

No dia 11/11/2023, com a estabilização das chuvas (início do segundo ciclo), foi realizado o corte de uniformização e no dia 28 de novembro de 2023, quando as plantas apresentavam taxa de cobertura de solo de 40%, os inoculantes foram reaplicados via foliar, de acordo com os respectivos tratamentos. A dose utilizada de cada inoculante (A.brasilense, P. fluorescens) foi de 300 mL ha<sup>-1</sup>, já do protetor (Biopasto protetor) utilizou-se 150 mL ha<sup>-1</sup>, aplicados no final do dia.

Nos tratamentos com a inoculação de apenas uma das bactérias, foi realizada a mistura do protetor com o inoculante no pulverizador e os tratamentos com as duas bactérias a mistura dos três produtos. Foi realizada também no dia 28/11 a adubação nitrogenada na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, assim como no primeiro ciclo e no dia 15/12/2023 a segunda parcela de N tratamento com a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

### 2.4 Avaliações

As avaliações do capim BRS Quênia foram realizadas em 05/04/2023; no primeiro ciclo e 10/01/2024; 16/02/2024 no segundo ciclo de crescimento.

Foram realizadas três coletas viáveis uma no primeiro ciclo e duas no terceiro ciclo, com o auxílio de um quadrado feito de cano PVC com área de  $0,25 \text{ m}^2$  ( $0,5 \times 0,5$ ) onde, o material foi colhido utilizando uma foice (cutelo) 30 cm da superfície do solo, coletando a parte aérea da forrageira simulando assim um pastejo, depois de coletada as amostras, as parcelas foram padronizadas à 30 cm de altura, onde os materiais colhidos foram guardados em sacos plástico devidamente pesados e identificados.

Foi quantificada a altura do dossel forrageiro (AD, cm), densidade populacional de perfilhos (DPP,  $\text{m}^2$ ), relação folha/colmo (F/C), Índice Relativo de Clorofila (IRC) e massa seca de forragem (MS,  $\text{kg ha}^{-1}$ ).

A AD foi mensurada em cada parcela com régua em cinco pontos distintos, medindo-se do nível do solo até o nível médio da curvatura das lâminas das folhas superiores completamente expandidas. Para a DPP, foi determinado por contagem em três pontos da unidade experimental, usando um quadrado de ferro com as dimensões de  $0,25 \times 0,25\text{m}$ .

Para a determinação da relação F/C foram coletados 10 perfilhos ao acaso e destes foram separados folhas e colmos, colocados em sacos de papel, levados a estufa de circulação forçada à  $65^\circ\text{C}$  até peso constante. Após secos, foram obtidos os valores das massas e por divisão calculou-se a relação F/C.

O Índice Relativo de Clorofila (IRC) foi obtido através do clorofilômetro antes de cada corte da forrageira, no terço médio das duas folhas completamente expandidas a partir do ápice da planta, em 20 plantas por parcela.

Os dados obtidos foram analisados utilizando testes de média Scott e Knott a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o Sisvar.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O experimento avaliou a eficiência de bactérias promotoras de crescimento e da adubação nitrogenada na produtividade e qualidade do capim BRS Quênia no qual nas três avaliações realizadas ao longo do

experimento (janeiro, fevereiro e abril) não apresentaram diferença estatística significativa para nenhuma das variáveis submetidas à análise ( $P > 0,05$ ), altura do dossel forrageiro (AD, cm), densidade populacional de perfilhos (DPP, m<sup>2</sup>), relação folha/colmo (F/C), Índice Relativo de Clorofila (IRC) e massa seca de forragem (MS, kg ha<sup>-1</sup>).

As médias entre os níveis de inoculação foram próximas, com diferenças absolutas pequenas, e não houve interação significativa entre inoculante  $\times$  N, indicando que a resposta ao nitrogênio foi semelhante com e sem inoculação. Esses resultados sugerem a possibilidade de um plateau na faixa de doses testadas ou baixa sensibilidade das variáveis no período avaliado.

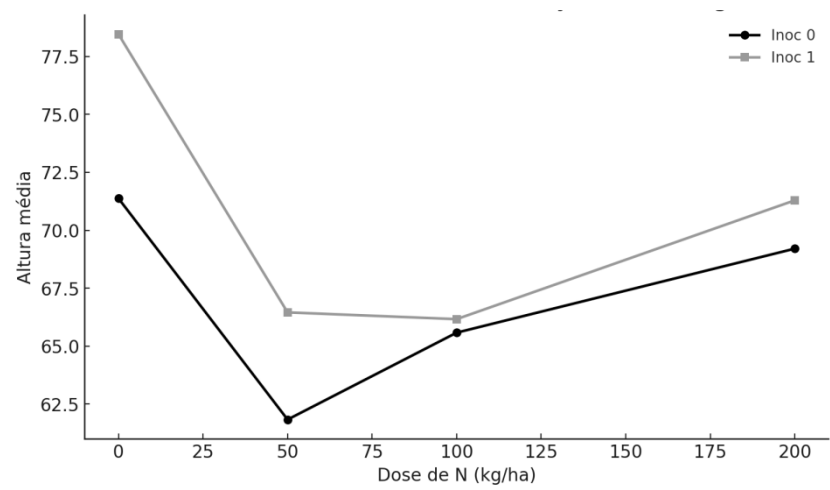
Os fatores ambientais exercem influência significativa sobre os tratamentos experimentais, dificultando a detecção estatística de respostas específicas. A variabilidade observada entre parcelas, resultante das condições edafoclimáticas e das transições fenológicas da cultura, pode ter contribuído para a diluição dos efeitos esperados dos tratamentos. Conforme destacado por Oliveira (2024), o ambiente configura-se como um fator crítico que pode mascarar ou sobrepor as respostas experimentais em campo, sobretudo em situações de heterogeneidade de solo e clima.

A altura média das plantas apresentou variações discretas entre os tratamentos, com tendência de aumento conforme as doses de nitrogênio, mas sem significância estatística para o efeito do inoculante, nem para a interação inoculante  $\times$  N ( $p > 0,05$ ), como mostrado no Gráfico 2. Segundo Hungria (2011) *Azospirillum brasilense* atua principalmente no sistema radicular e na absorção de nutrientes, o que nem sempre se reflete diretamente na altura. Freitas et al. (2019) também observaram que a inoculação em gramíneas forrageiras tende a impactar mais a produção de biomassa do que o crescimento vertical, sendo influenciada por fatores edafoclimáticos e pelo estágio de desenvolvimento da planta.

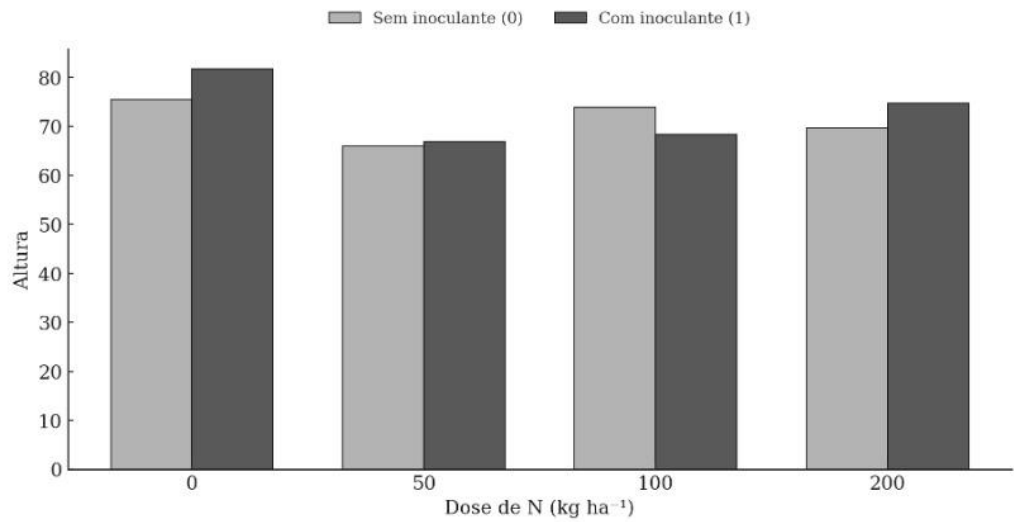
**Gráfico 2.** Altura média do dossel forrageiro (cm) sob diferentes doses de N e inoculação, nas avaliações de abril, janeiro e fevereiro.

Abril 2023

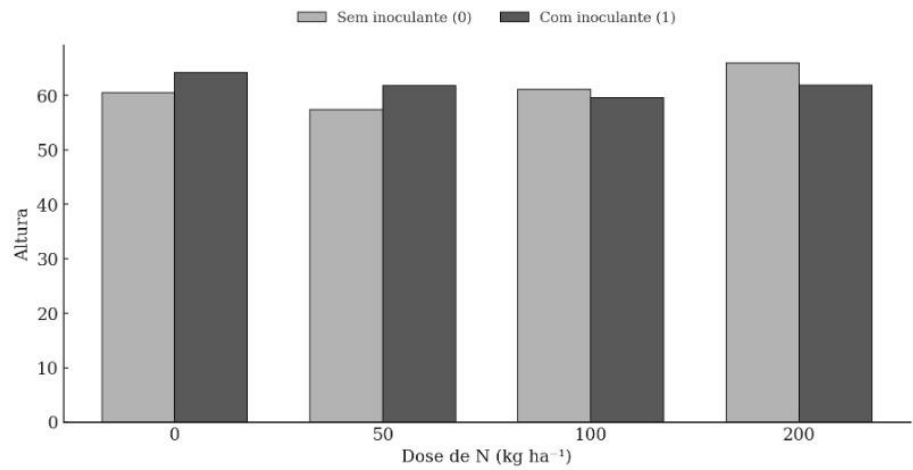




Janeiro 2024



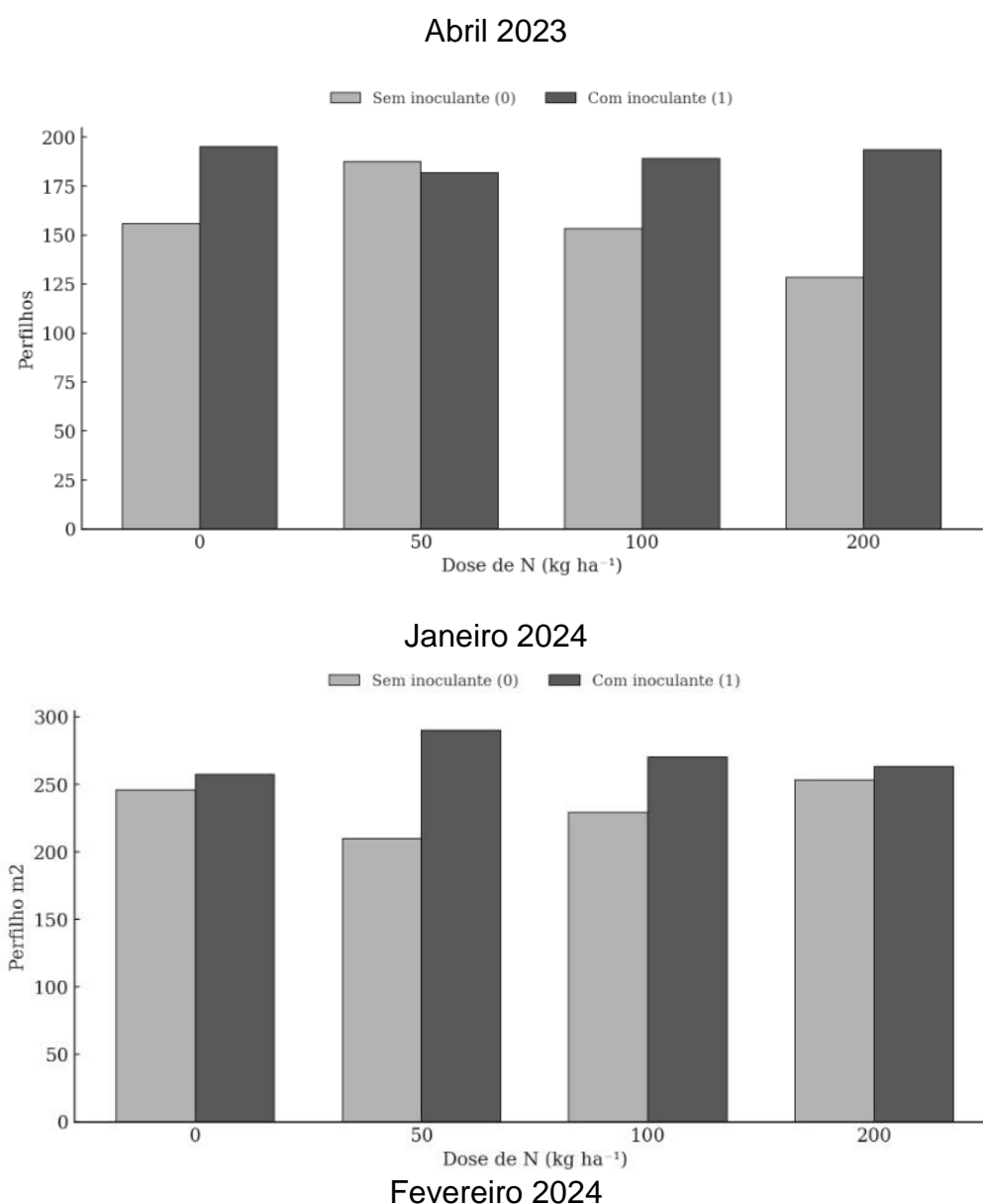
Fevereiro 2024

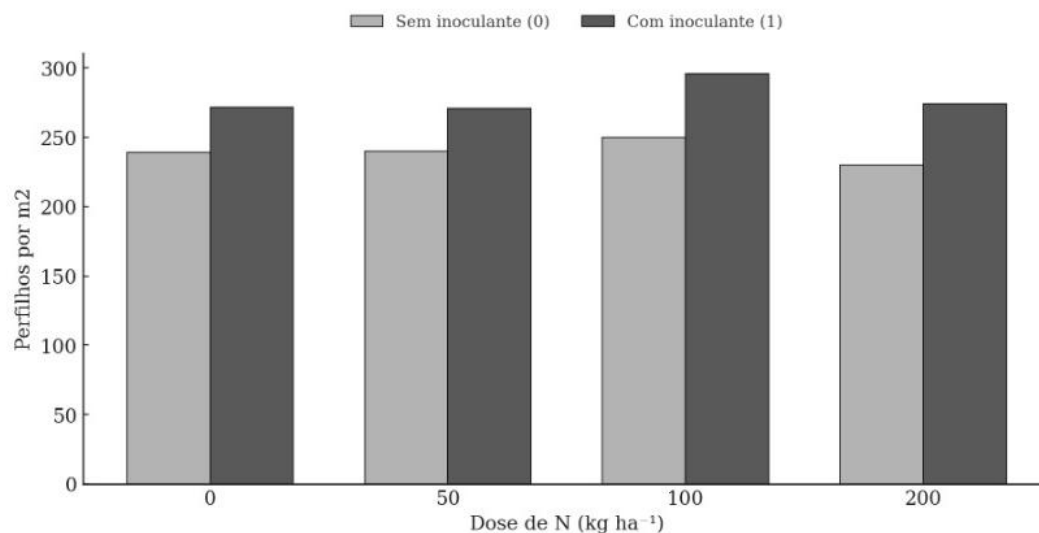


Fonte: Adaptado pelo Autor (2025).

O número de perfilhos por metro quadrado foi visualmente superior nos tratamentos com inoculante, especialmente na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, mas sem significância estatística ( $p > 0,05$ ). A dose de N também não apresentou efeito significativo ( $p > 0,05$ ), conforme ilustrado no Gráfico 3. De acordo com Carvalho (2023), o perfilhamento pode ser influenciado por diversos fatores ambientais, assim como pela arquitetura da planta, o que possivelmente contribuiu para a variabilidade observada nos resultados.

**Gráfico 3.** Número de perfilhos por m<sup>2</sup> sob diferentes doses de N e inoculação, nas três avaliações.



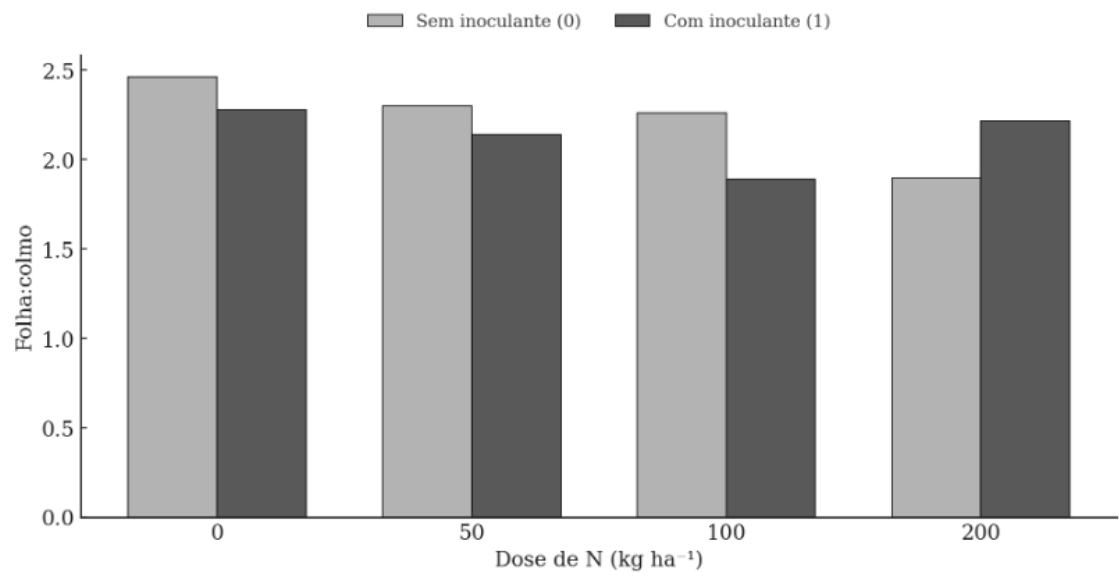


Fonte: Adaptado pelo Autor (2025).

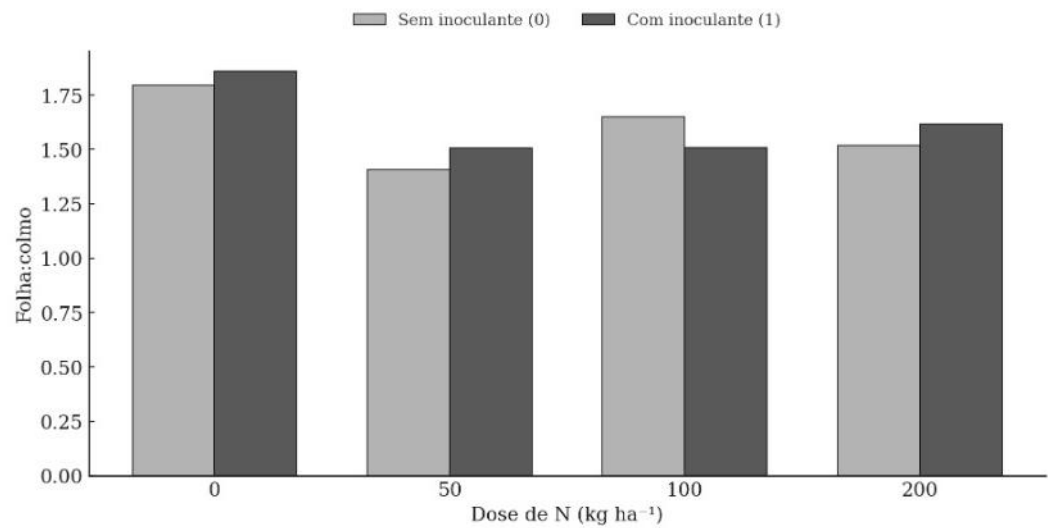
A relação folha:colmo não apresentou efeito marginalmente significativo para o fator inoculante, dose de N e a interação no qual não foram significativas ( $p > 0,05$ ), como mostra o Grafico 4. Essa estabilidade morfológica sugere que, mesmo diante de estímulos nutricionais e biológicos, a planta mantém um padrão proporcional de crescimento entre folhas e colmos. Segundo Martuscello et al. (2018), em experimento conduzido com gramíneas forrageiras sob diferentes níveis de adubação nitrogenada, observou-se que, embora houvesse incremento na produção de biomassa aérea, a relação folha:colmo permaneceu inalterada, indicando crescimento equilibrado entre os componentes estruturais da planta

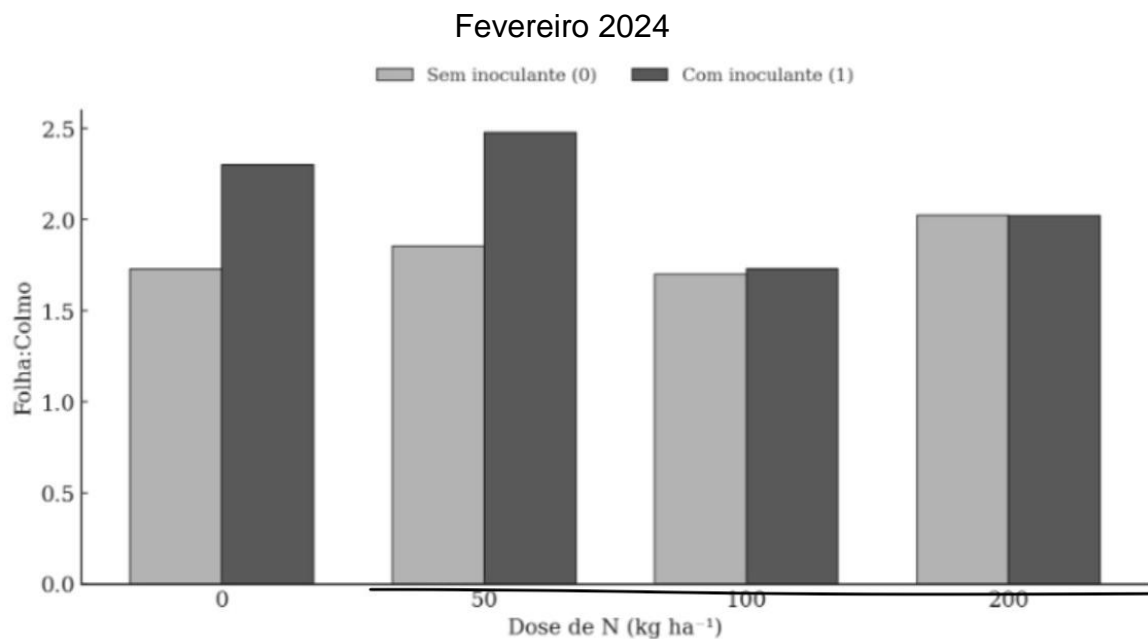
**Grafico 4.** Relação folha:colmo sob diferentes doses de N e inoculação nos meses de Abril, Janeiro e Fevereiro.

Abril 2023



Janeiro 2024



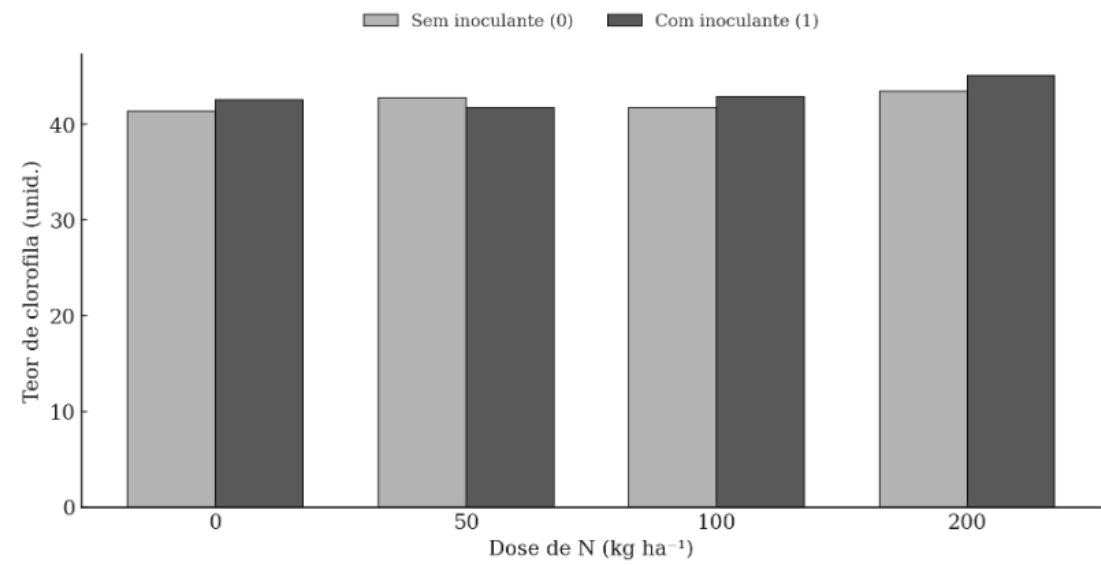


Fonte: Adaptado pelo Autor (2025).

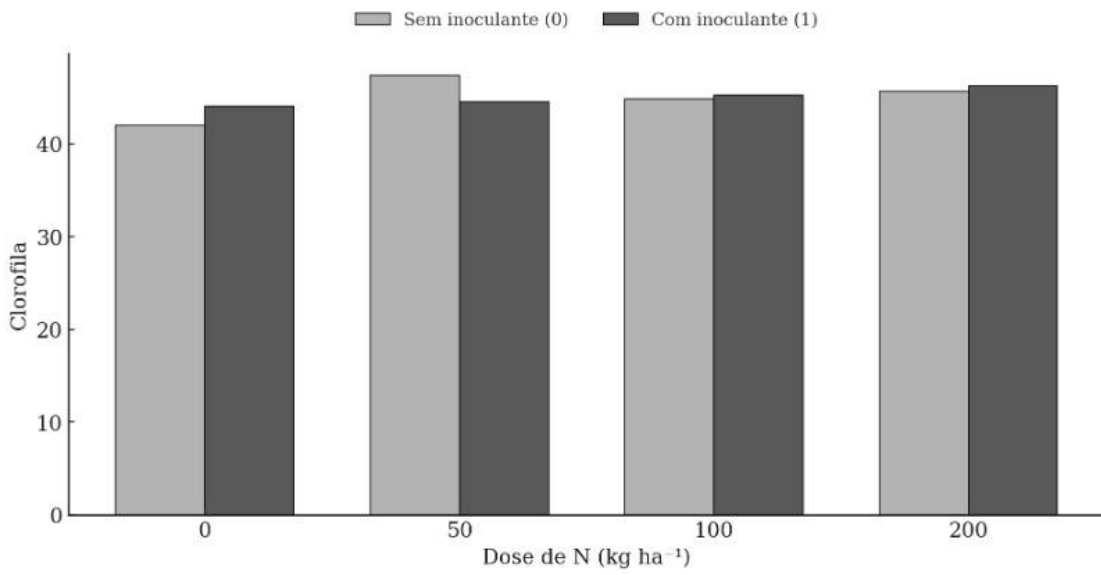
O índice de clorofila não foi influenciado pela dose de nitrogênio, inoculante, nem da interação, no qual não houve efeito significativo do ( $p > 0,05$ ). O Grafico 5 mostra o padrão de resposta aos tratamentos nas três avaliações. Segundo Silva et al. (2019), em seu experimento com capim *Megathyrus maximus* cv. BRS Quênia, apesar do aumento na produção de biomassa com doses variadas de nitrogênio, o índice de clorofila manteve-se estável, indicando a capacidade adaptativa da planta e a sua resistência às variações e por fatores ambientais, como microclima e época da avaliação.

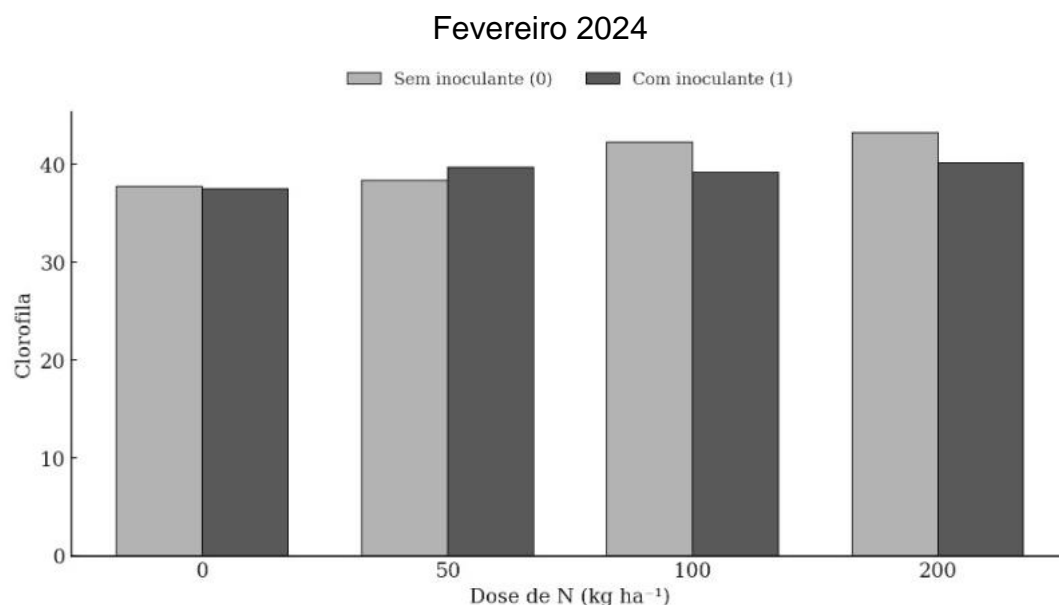
**Grafico 5.** Índice relativo de clorofila sob diferentes doses de N e inoculação.

Abril 2023



Janeiro 2024

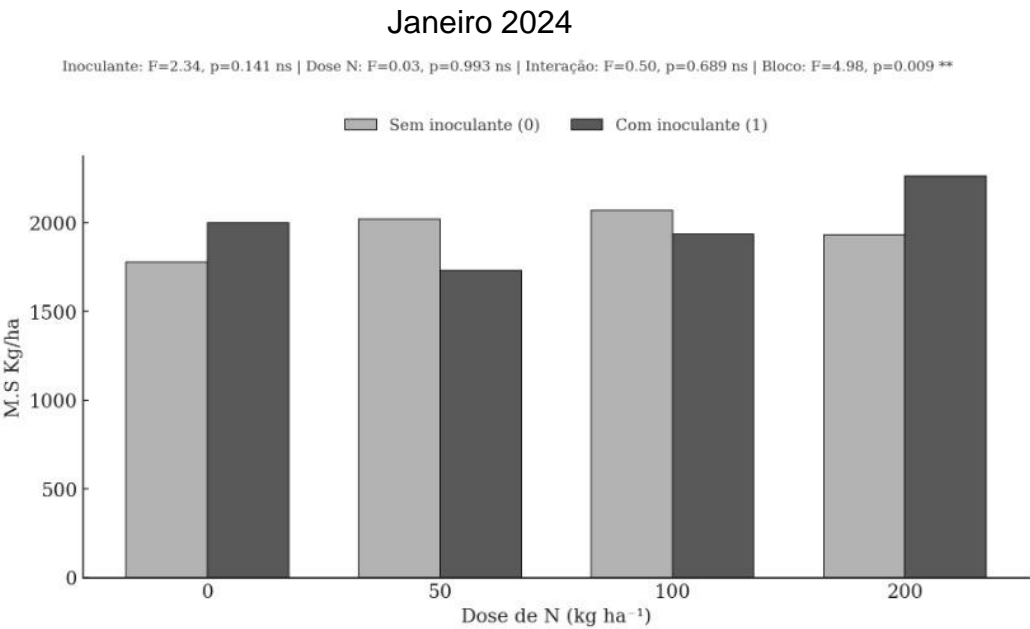
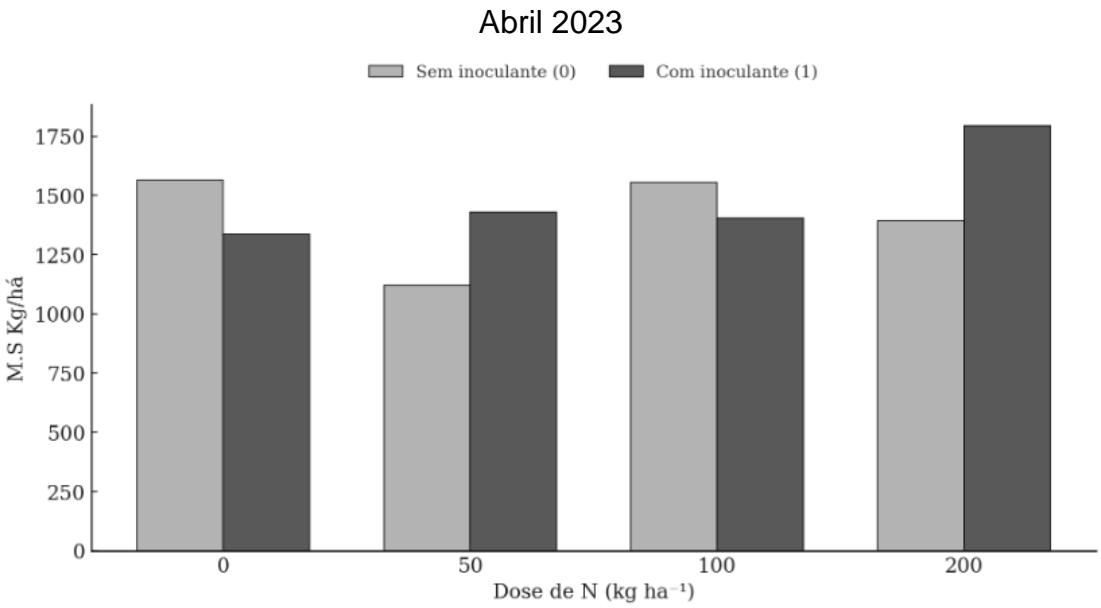




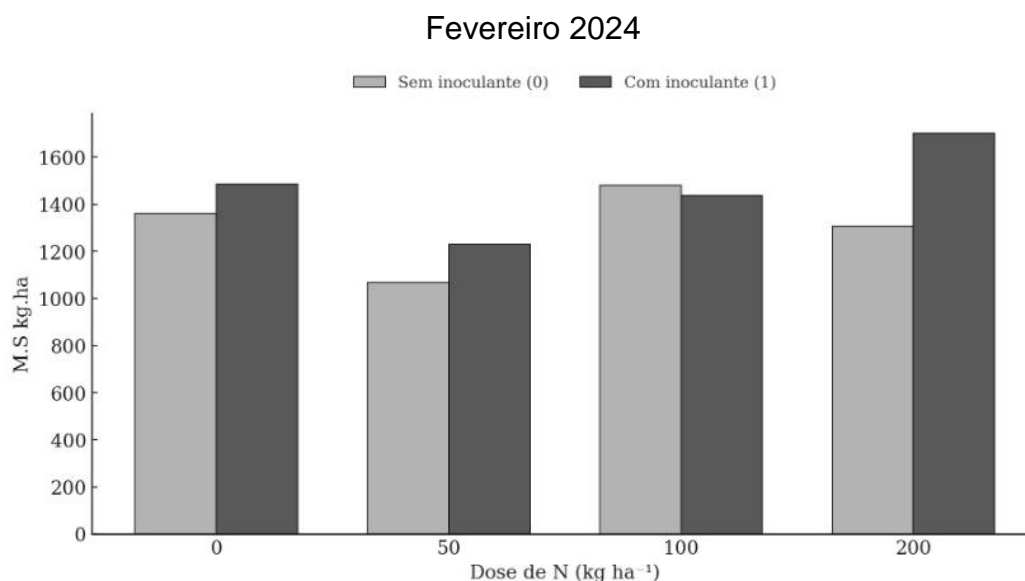
Fonte: Adaptado pelo Autor. (2025)

A massa seca apresentou variações com o uso de inoculante e com doses crescentes de N, porém os efeitos não foram estatisticamente significativos ( $p > 0,05$ ). O Grafico 6 ilustra os valores médios obtidos nas três avaliações. Segundo Paiva et al. (2024), a capacidade de resposta à adubação, especialmente ao nitrogênio e fósforo, depende profundamente das condições do solo e clima, reforçando que a produção de massa seca é sujeita a variações ambientais que influenciam a expressão do potencial produtivo da planta

**Grafico 6.** Massa seca de forragem (kg ha<sup>-1</sup>) sob diferentes doses de N e inoculação.







Fonte: Adaptado pelo Autor (2025).

Apesar da ausência de significância estatística nos tratamentos, as correlações observadas entre variáveis morfofisiológicas revelam padrões consistentes e indicativos de resposta funcional da cultura. Em janeiro e fevereiro, a altura do dossel forrageiro correlacionou-se positivamente com a massa seca ( $r \approx 0,50$ ) e com a relação folha:colmo ( $r \approx 0,92$ ) como ilustrado nas Figuras 1 e 2., sugerindo que plantas mais altas apresentaram maior proporção de folhas e maior acúmulo de biomassa, sugerindo que plantas mais altas acumulam mais biomassa e possuem maior proporção de folhas. Essa arquitetura favorece o valor nutritivo e amplia a área fotossintética. Estudos anteriores (Paula Neto et al., 2014; Castagnara e Noz et al., 2011) reforçam que dossel mais altos promovem maior interceptação luminosa, estimulam o alongamento dos colmos e aumentam a eficiência fotossintética, resultando em maior produção de biomassa foliar.

No entanto, em janeiro a correlação negativa entre clorofila e relação folha:colmo ( $r \approx -0,45^*$ ), indica que o aumento do teor de clorofila pode ter sido acompanhado por maior alongamento do colmo, reduzindo a proporção de folhas, um possível reflexo do estágio fenológico ou de ajustes morfológicos induzidos pela nutrição nitrogenada. Segundo Castagnara, et al 2011, esse padrão está relacionado ao estágio fenológico e à adubação nitrogenada, que estimula o crescimento vegetativo, especialmente dos colmos. Em gramíneas como *Megathyrsus maximus*, doses elevadas de

nitrogênio tendem a diminuir a relação folha:colmo, impactando a qualidade da forragem, já que folhas são mais nutritivas e digestíveis. O índice de clorofila pode refletir ajustes morfológicos e fenológicos, como o “estirão” vegetativo, que aumenta a biomassa sem necessariamente melhorar o valor nutritivo.

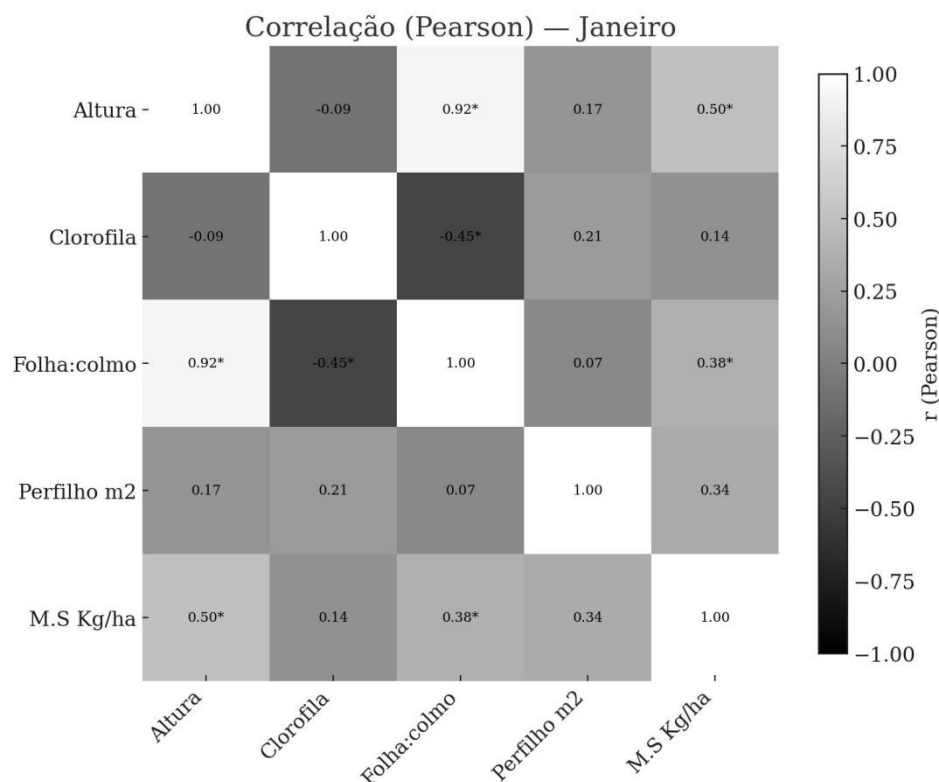


Figura 1. Correlações entre variáveis no mês de Janeiro.

Fonte: Adaptado pelo Autor. (2025)

Em fevereiro, o padrão de correlação entre altura e massa seca se manteve ( $r \approx 0,55^*$ ), reforçando a altura como um bom proxy de produtividade (Figura 2). No entanto, as demais correlações entre clorofila, perfilhos e relação folha:colmo foram fracas ou instáveis, caracterizando o mês como mais neutro em termos de qualidade forrageira. Essa instabilidade pode refletir maior variabilidade experimental ou transição fenológica da cultura, sendo afetada pelo fator ambiente. De acordo com Militão (2017), em experimentos de campo, fatores como microclima e heterogeneidade do solo podem mascarar relações entre variáveis, especialmente em períodos intermediários do ciclo.

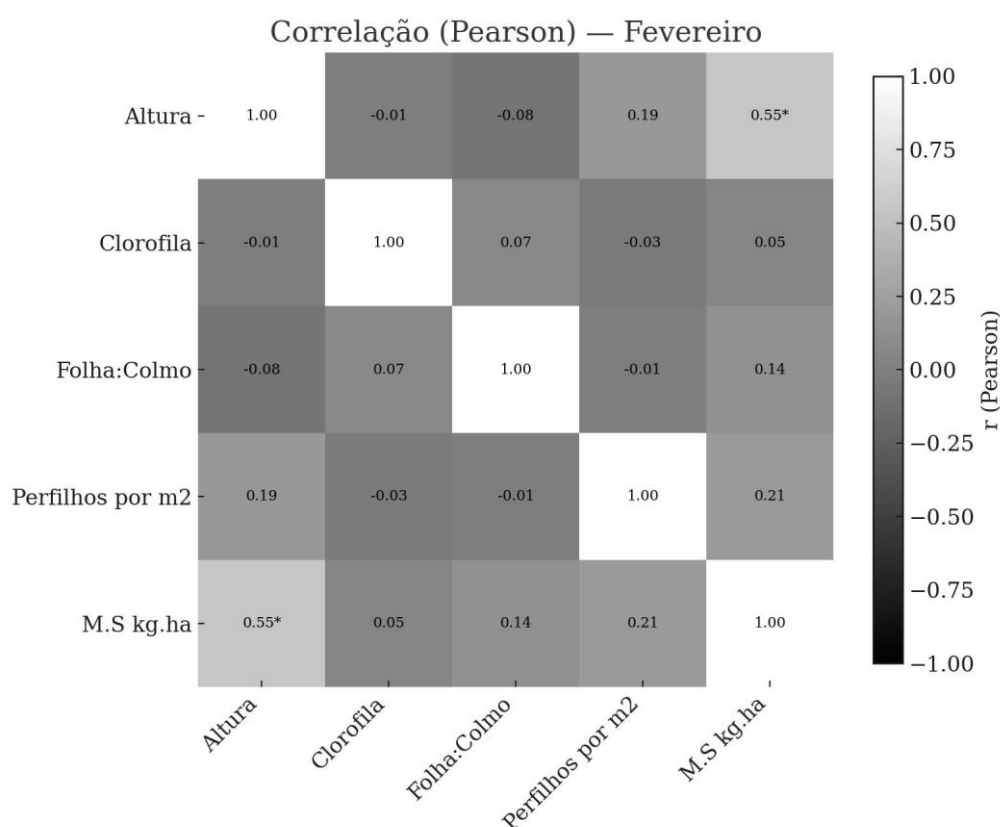


Figura 2. Correlações entre variáveis no mês de Fevereiro.

Fonte: Adaptado pelo Autor. (2025)

Em abril, com o dossel mais estabelecido, o índice de clorofila correlacionou-se positivamente com a massa seca ( $r \approx 0,47$ ) e com o número de perfilhos ( $r \approx 0,40$ ), conforme demonstrado na Figura 3. Talhões mais “verdes” apresentaram maior densidade de colmos férteis, indicando que o status nutricional passou a desempenhar papel mais relevante na estrutura e no acúmulo de biomassa. Lopes et al. (2024) destacam que a clorofila é um marcador confiável de vigor e eficiência fotossintética em gramíneas forrageiras, o que reforça sua utilidade como indicador prático de produtividade.

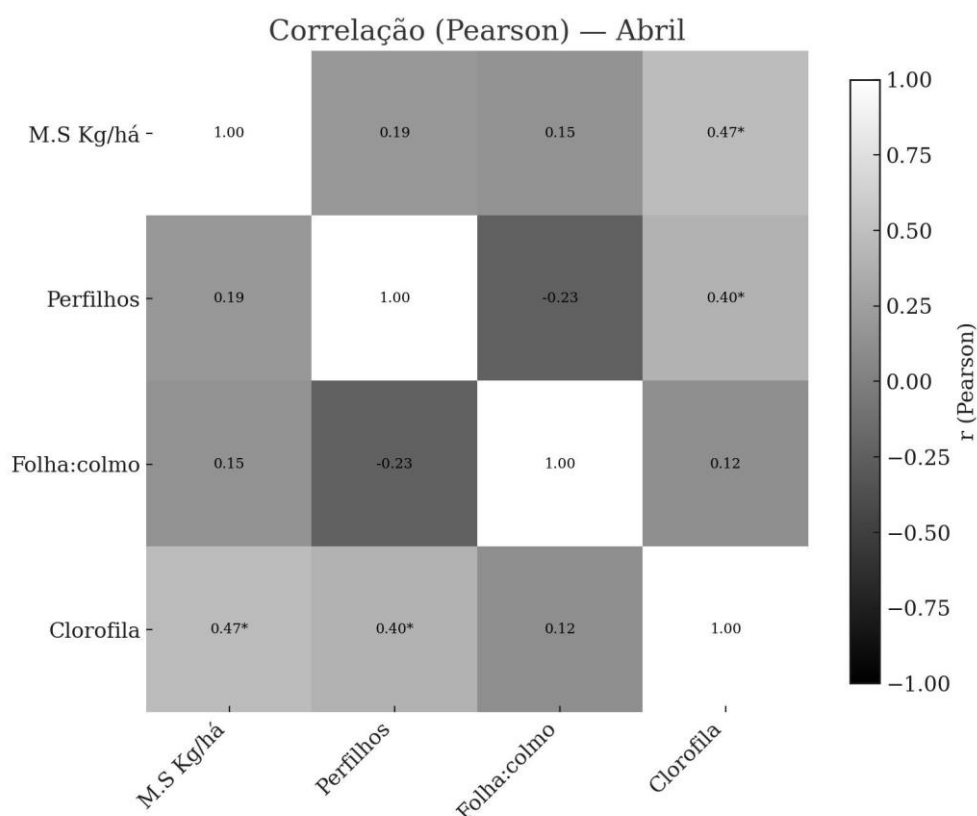


Figura 3. Correlações entre variáveis no mês de Abril.

Fonte: Adaptado pelo Autor. (2025)

Os resultados indicam que, embora os efeitos dos tratamentos não tenham sido estatisticamente significativos na maioria das variáveis, há tendências consistentes que apontam para benefícios da inoculação e da adubação nitrogenada. As correlações significativas entre variáveis fisiológicas e produtivas reforçam a importância de uma abordagem integrada na avaliação do desempenho forrageiro.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, embora os efeitos dos tratamentos com diferentes estratégias de inoculação microbiana e adubação nitrogenada não tenham sido estatisticamente detectáveis, o ambiente exerceu influência significativa sobre as variáveis avaliadas altura do dossel, densidade populacional de perfilhos, relação folha/colmo, índice relativo de clorofila e massa seca de forragem.

A variabilidade edafoclimática e a dinâmica fenológica da cultura possivelmente sobrepuaram os efeitos dos tratamentos, mascarando respostas sutis. Esses resultados reforçam a importância de considerar o contexto ambiental no planejamento de estratégias de manejo e indicam a necessidade de estudos com maior controle experimental e poder amostral para melhor discriminação dos efeitos dos tratamentos.

## REFERÊNCIAS

- BOLFE, É. L., VICTORIA, D. D. C., SANO, E. E., BAYMA, G., MASSRUHÁ, S. M. F. S., DE OLIVEIRA, A. F. **Potencial para expansão agrícola em pastagens degradadas no Brasil com base em bancos de dados geoespaciais**. Land, v. 13, n. 2, p. 200, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/land13020200>.
- BOURSCHEIDT, MLB, PEDREIRA, BC, PEREIRA, DH, ZANETTE, MC, DEVENS, J. Nitrogen input strategies in pastures: mineral fertilizer, bacterial inoculant and consortium with forage peanuts. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, n. 3, p. 137-147, 2019.
- CARVALHO, B. H. R. **Dinâmica do perfilhamento, crescimento e senescência em cultivares de capim-marandu e híbridos braquiárias durante o diferimento**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.
- CASTAGNARA, D. D., ZOZ, T., KRUTZMANN, A., UHLEIN, A., MESQUITA, E. E., NERES, M. A., RABELLO DE OLIVEIRA, P. S. Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1637-1647, 2011.
- CASTAGNARA, D. D., ZOZ, T., KRUTZMANN, A., UHLEIN, A., MESQUITA, E. E., NERES, M. A., RABELLO DE OLIVEIRA, P. S. **Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada**. Archivos de Zootecnia, v. 60, n. 232, p. 931-942, 2011.
- CUNHA, M., CUNHA, M. K. **BRS Quênia: uma opção forrageira para a bovinocultura tocantinense**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2021.
- DE SOUZA, B. C., MACIEL, R. P., ALVES, K. S., OKUMURA, R. S., DE JESUS COELHO, G., DOS SANTOS, P. M. Tecnologias sustentáveis na agropecuária brasileira: o uso de biofertilizantes em pastagens tropicais. **Agri-Environmental Sciences**, v. 10, n. 1, p. 11-11, 2024.
- DIAS FILHO, M. B., DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: conceitos, processos e estratégias de recuperação e de prevenção**. 2023.
- FREITAS, P. V. D. X., TOMAZELLO, D. A., ISMAR, M. G., BRAW, T. T., ROMUALDO, A. F., MACIEL, A. A. L. P., FRANÇA, A. D. S. Produção de gramíneas forrageiras inoculadas com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 31-46, 2019. DOI: 10.30945/rcr-v21i2.2707.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

LEITE, R. D. C., SANTOS, A. C. D., SANTOS, J. G. D. D., LEITE, R. D. C., OLIVEIRA, L. B. T. D., HUNGRIA, M. Mitigation of mombasa grass (*Megathyrus maximus*) dependence on nitrogen fertilization as a function of inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 43, p.1-14, 2019. DOI:<https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20180234>

LOPES, A. D. R., LAGE FILHO, N. M., DO RÊGO, A. C., DOMINGUES, F. N., DA SILVA, T. C., FATURI, C., DA SILVA, N. C., DA SILVA, W. L. Effect of nitrogen fertilization and shading on morphogenesis, structure and leaf anatomy of *Megathyrus maximus* genotypes. **Frontiers in plant science**, 15, 1411952. 2024. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1411952>

MARTUSCELLO, J. A., RIBEIRO, Y. N., BRAZ, T. G. S., FERREIRA, M. R., ASSIS, J. A., JANK, L., REIS, G. A. **Produção de forragem, morfogênese e eficiência agrônômica do adubo em capim BRS Quênia sob doses de nitrogênio**. Boletim de Indústria Animal, v. 75, 2018.

MILITÃO, É. R. **Microclima e qualidade de forragens em sistema silvipastoril agroecológico em função do tempo de repouso do pastejo e sombreamento**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

OLIVEIRA, D. H. A. M. de. **Variabilidade espacial da altura de pastos de capim-marandu sob lotações contínua e intermitente**. 2024. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.604>.

OLIVEIRA, D. M. de. **Perfilamento dos capins Marandu, Mavuno, Mulato II e Ipyorã submetidos ao diferimento**. 2021. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

PAIVA, A. O. P. C., ZILLI, J., dos REIS JUNIOR, F. B., NOGUEIRA, M., URQUIAGA, S., FERREIRA, A., DIAS, J. D. S. **Inoculantes e seus efeitos sobre as plantas**. Embrapa, 2024.

PAULA NETO, J. J. D., ALEXANDRINO, E., SANTOS, A. C. D., MENDES FILHO, G. D. O., SILVA, D. P. D., MELO, J. C. Distribuição espacial da altura do dossel e efeito sobre a cobertura do solo em pastos mantidos em lotação contínua. **Bioscience Journal (Online)**, p. 650-658, 2014.

SILVA, D. P.; SOUZA, R. A.; OLIVEIRA, M. F.; ALMEIDA, J. C. **Características produtivas e fisiológicas do capim *Panicum maximum* cv. BRS Quênia submetido a diferentes níveis de adubação nitrogenada**. Trabalho acadêmico – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, 2019.