



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

LORRANY MARINHO DE ALMEIDA MATOS

**RESPOSTA DO CAPIM-MARANDU EM SOLOS COM DIFERENTES MANEJOS DE
ADUBAÇÃO (ORGÂNICA E MINERAL) SOB DUAS FONTES DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM COBERTURA**

PALMAS

2026

LORRANY MARINHO DE ALMEIDA MATOS

**RESPOSTA DO CAPIM-MARANDU EM SOLOS COM DIFERENTES MANEJOS DE
ADUBAÇÃO (ORGÂNICA E MINERAL) SOB DUAS FONTES DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior Bacharelado
em Engenharia Agrônômica, do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins (IFTO) – *Campus* Palmas, como
exigência à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrônômica.

Orientador: Dr. Edvaldo Vieira Pacheco
Sant'Ana

Coorientador: Me. José Eustáquio Canguçu Leal

PALMAS

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

M425r Matos, Lorrany Marinho de Almeida
 RESPOSTA DO CAPIM-MARANDU EM SOLOS COM
 DIFERENTES MANEJOS DE ADUBAÇÃO (ORGÂNICA E MINERAL)
 SOB DUAS FONTES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM
 COBERTURA / Lorrany Marinho de Almeida Matos. – Palmas, TO, 2026.
 40 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Palmas, Palmas, TO, 2026.

Orientador: Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'ana
Coorientador: Me. José Eustáquio Canguçu Leal

1. Capim-marandu. 2. Adubação nitrogenada. 3. Fertilidade do solo. I.
Vieira Pacheco Sant'ana, Edvaldo. II. Canguçu Leal, José Eustáquio. III.
Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS - TO
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

LORRANY MARINHO DE ALMEIDA MATOS

RESPOSTA DO CAPIM MARANDU EM SOLOS COM DIFERENTES MANEJOS DE ADUBAÇÃO
(ORGÂNICA E MINERAL) SOB DUAS FONTES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior Bacharelado
em Engenharia Agrônômica do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins - *Campus* Palmas - TO, como
exigência à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 10 de junho de 2026

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'Ana
IFTO - Campus Palmas - TO

Prof. Dr. Thômas Vieira Nunes
IFTO - Campus Palmas - TO

Eng. Agrônomo César William Albuquerque de Sousa
Calcário Milenium



Documento assinado eletronicamente por **Edvaldo Vieira Pacheco Santana, Coordenador**, em 16/06/2026, às 08:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thomas Vieira Nunes, Servidor**, em 16/06/2026, às 14:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cesar William Albuquerque de Sousa, Usuário Externo**, em 16/06/2026, às 14:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3220338** e o código CRC **21398B0F**.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

Campus Palmas 310 Sul, Av. LO 5, s/n, esquina com a Avenida NS 10 - Plano Diretor Sul — CEP 77021-090 Palmas/TO - portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº 23236.012562/2026-85

SEI nº 3220338

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ser meu sustento em todos os momentos, minha força e amparo nos dias difíceis, permitindo que eu permanecesse firme em meus propósitos ao longo dessa caminhada. Nada disso seria possível sem sua infinita misericórdia. Diante dos desafios enfrentados ao longo da minha trajetória, sua presença me proporcionou a certeza de que eu nunca estaria sozinha.

À minha mãe, Elizabeth, que nunca mediu esforços para que eu realizasse meus sonhos, oferecendo todo amor, cuidado, incentivo e apoio necessários para minha formação pessoal e acadêmica. Meu maior exemplo de mulher e a pessoa que mais torce pela minha felicidade. Seus sacrifícios e suas orações foram, sem dúvidas, o que me mantiveram forte para que eu não desistisse de lutar e persistisse até o fim em busca das minhas conquistas.

Ao meu pai, Roberto, que sempre teve as melhores palavras nos momentos difíceis. Seu constante incentivo, ensinamentos e valores foram fundamentais para a construção do meu caráter. Tenho a certeza de que sempre será meu maior apoiador quando se trata de lutar por aquilo que almejo.

Ao professor Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'Ana, pela orientação, pelo tempo disponibilizado, pela paciência e persistência durante a realização deste trabalho. Sua dedicação à profissão é uma grande inspiração.

Às minhas amigas e parceiras de faculdade, Amanda Dias e Deborah Cardoso, pela lealdade, parceria e companhia durante todo esse período de formação, tornando essa trajetória mais leve e especial. A forma como lidam com as adversidades e a maneira leve de conduzir a vida sempre foram fonte de admiração e inspiração para mim.

A todos os meus professores, pelos ensinamentos transmitidos, que levarei não apenas para a vida profissional, mas também para a minha vida pessoal.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para minha trajetória acadêmica. Obrigada por compreenderem minhas ausências e celebrarem comigo cada pequena conquista ao longo do caminho.

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

— Max Weber

RESUMO

O capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) apresenta elevada importância para a pecuária brasileira devido ao seu potencial produtivo e resposta à adubação. O presente estudo avaliou a resposta da forrageira submetida a diferentes manejos de adubação orgânica e mineral, associados às fontes nitrogenadas ureia e sulfato de amônio em cobertura. O experimento foi conduzido no Instituto Federal do Tocantins – *Campus* Palmas, em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos e duas repetições. Foram avaliadas as variáveis altura de plantas, teor relativo de clorofila (SPAD) e produção de massa seca da parte aérea em dois ciclos de manejo. Na primeira coleta, realizada antes da aplicação do nitrogênio em cobertura, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Na segunda avaliação, verificou-se tendência de melhor desempenho das parcelas adubadas com sulfato de amônio em relação à ureia, principalmente para altura de plantas, teor relativo de clorofila e produção de massa seca. Os tratamentos que associaram adubação orgânica e nitrogenada apresentaram resultados satisfatórios, enquanto a utilização exclusiva de esterco bovino mostrou menor produção de biomassa. Conclui-se que a associação entre adubação orgânica e mineral, aliada ao uso adequado de fontes nitrogenadas, favorece o desenvolvimento do capim-marandu e contribui para a sustentabilidade das pastagens.

Palavras-chave: Capim-marandu. Adubação nitrogenada. Sulfato de amônio. Ureia.

ABSTRACT

Marandu grass (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) plays an important role in Brazilian livestock production due to its high productivity and response to fertilization. This study evaluated the response of the forage grass under different organic and mineral fertilization managements associated with urea and ammonium sulfate as nitrogen topdressing sources. The experiment was conducted at the Federal Institute of Tocantins – Palmas *Campus*, using a randomized block design with five treatments and two replications. Plant height, relative chlorophyll content (SPAD), and shoot dry mass production were evaluated in two management cycles. In the first evaluation, carried out before nitrogen topdressing application, no significant differences were observed among treatments. In the second evaluation, plots fertilized with ammonium sulfate showed a tendency toward better performance compared to urea, especially for plant height, chlorophyll content, and dry mass production. Treatments combining organic and nitrogen fertilization showed satisfactory results, while the exclusive use of cattle manure resulted in lower biomass production. It was concluded that the association between organic and mineral fertilization, combined with the proper use of nitrogen sources, favors Marandu grass development and contributes to pasture sustainability.

Keywords: Marandu grass. Nitrogen fertilization. Ammonium sulfate. Urea.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Precipitação pluviométrica acumulada mensal (mm) Palmas - TO, outubro/2025 a março/2026.....	17
Gráfico 2 – Temperaturas máximas e mínimas (°C), Palmas - TO, outubro de 2025 a março de 2026.....	17
Gráfico 3 – Umidade relativa do ar (%) Palmas – TO, outubro/2025 a março/2026.....	18
Figura 1 – Croqui da área experimental com a disposição das parcelas e subparcelas utilizadas no experimento	21
Figura 2 – Vista aérea da área experimental com destaque da área utilizada no experimento, no IFTO – Campus Palmas.....	22
Figura 3 – Avaliação da altura de plantas no dia 10/02/2026.....	23
Figura 4 – Determinação do teor relativo de clorofila (TRC) em unidade SPAD na folha com clorofilômetro	24
Figura 5 – Quadrado de PVC para delimitação da área.....	25
Figura 6 – Fontes de adubação nitrogenada: (A) pesagem do adubo; (B) 18 g de ureia; (C) 25 g de sulfato de amônio.....	26
Figura 7 – Aplicação de adubação de cobertura a lanço na forrageira	26
Figura 8 – Material coletado das parcelas secando em estufa de ventilação forçada a 65 °C por 48 horas	27
Figura 9 – Pesagem para determinação da massa seca do material (g)	28
Figura 10 – Coleta de dados: (A) corte da parte aérea; (B) avaliação da altura de plantas 10/03/2026	29
Figura 11 – Diferença visual: (A) área adubada com sulfato de amônio; (B) área adubada com ureia.....	34
Figura 12 – Diferença visual de massa fresca produzida: (A) T2; (B) T4.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da análise química e física do solo da área experimental cultivada com <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu, realizada em setembro de 2025	19
Tabela 2 – Descrição dos tratamentos e manejos de adubação da área experimental	20
Tabela 3 – Variáveis agronômicas na primeira coleta realizada em 10/02/2026.....	30
Tabela 4 – Variáveis agronômicas da segunda coleta realizada em (10/03/2026)	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Capim-marandu	12
2.2 Fertilidade do solo em pastagens	14
2.3 Adubação orgânica e mineral	14
3. METODOLOGIA	16
3.1 Caracterização do Local	16
3.2 Instalação e Condução do Experimento	20
3.3 Características Avaliadas	22
3.4 Análise Estatística dos Dados	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

De origem africana, o gênero *Urochloa* spp. (Syn. *Brachiaria*) é um forte contribuinte na produção de carne e de leite no Brasil, sendo suas cultivares de *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*) encontradas em vários estados do país, adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas (CÔRTEZ, 2022).

De forma geral, *Urochloa brizantha* tem como características a propagação por sementes, a eficiente cobertura do solo, a exigência nutricional média a alta, a tolerância razoável à seca, dependente da cultivar, e a fraca tolerância a solos mal drenados. O contínuo programa de melhoramento genético desenvolvido pela Embrapa tem permitido o desenvolvimento e lançamento de materiais melhorados, como Marandu, Xaraés, Piatã, Paiguás e híbridos de *Urochloa* (FONSECA; MARTUSCELLO, 2022).

Côrtes (2022) afirma que a cultivar Marandu é a mais utilizada nos sistemas de produção animal, em virtude da tolerância às principais cigarrinhas-das-pastagens, da alta resposta à adubação e do elevado potencial produtivo de forragem, com bom valor nutritivo. O mesmo autor destaca que, nos sistemas de produção animal, a utilização dessa espécie forrageira ocorre principalmente na forma de pastagens, tanto em exploração sob lotação contínua quanto em sistemas intensivos, manejados sob lotação rotacionada, sendo também muito utilizada no diferimento de pastagens.

Toledo et al. (2022) destacam que, apesar de sua elevada adaptabilidade, essa forrageira apresenta alta exigência nutricional, sendo necessária a adoção de estratégias de manejo que possibilitem a reposição dos nutrientes extraídos pela planta durante o pastejo, evitando, assim, a degradação das pastagens ao longo do tempo.

Nesse contexto, o manejo da fertilidade do solo pode ser realizado por meio da adubação mineral, que fornece nutrientes de forma imediata, e da adubação orgânica, que contribui para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SILVA; RIBEIRO, 2024). Os autores destacam que a associação dessas práticas, aliada ao uso de fontes de nitrogênio em cobertura, como a ureia e o sulfato de amônio, tem sido considerada uma estratégia importante para aumentar a eficiência no uso de nutrientes e promover a sustentabilidade dos sistemas de produção de pastagens.

Silva e Ribeiro (2024) destacam que, por ser um composto solúvel em água, a ureia apresenta facilidade de aplicação ao solo em pequena, média ou grande escala, podendo ser aplicada diretamente ao solo ou diluída em água para utilização em sistemas de irrigação. Essa

solubilidade permite que o nitrogênio esteja prontamente disponível para as plantas após a aplicação. Os autores ressaltam ainda que outro ponto importante é o seu custo-benefício, pois, devido à maior concentração de nitrogênio em comparação com outros fertilizantes, seu valor de mercado é relativamente baixo, podendo ser utilizada em diferentes tipos de cultivo, maximizando seus benefícios para o agricultor.

O sulfato de amônio, apesar de ter custo maior por quilograma, apresenta menor taxa de perda e possui enxofre em sua composição, o que é benéfico para as pastagens, principalmente na região do Cerrado, onde o solo costuma ser deficiente desse nutriente, sendo que, quando manejado adequadamente, o enxofre potencializa a resposta do nitrogênio aplicado ao solo (COSTA, 2006 apud SANTOS, 2022).

Dada a importância do capim-marandu para a pecuária, especialmente em áreas de Cerrado, e considerando a variabilidade das condições de fertilidade do solo e dos manejos de adubação, é necessário compreender como diferentes estratégias de fertilização influenciam o desenvolvimento e a produtividade dessa forrageira.

Portanto, este estudo tem como objetivo avaliar a resposta do capim-marandu submetido a diferentes manejos de adubação (orgânica e mineral), associados a distintas fontes de adubação nitrogenada em cobertura (ureia e sulfato de amônio), visando gerar informações que contribuam para o manejo mais eficiente e sustentável das pastagens.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Capim-marandu

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2023), o capim-marandu ocupa posição de destaque entre as forrageiras cultivadas no Brasil. O país é o maior produtor, consumidor e exportador de sementes de plantas forrageiras, contando com cerca de 115 milhões de hectares de pastagens cultivadas, das quais aproximadamente 51,4 milhões de hectares estão estabelecidas com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. A grandeza desse número retrata a hegemonia desta cultivar na pecuária brasileira, proporcionando maior lotação, ganho de peso, maior produção de leite e menor risco de quebra de produção devido ao ataque de cigarrinha-das-pastagens.

A intensificação da pecuária de corte no Brasil foi profundamente impulsionada pela adoção desta gramínea, e os benefícios econômicos relativos gerados pela cultivar foram estimados em aproximadamente R\$ 2,7 bilhões no ano de 2015, considerando apenas as áreas

sujeitas ao ataque de cigarrinhas-das-pastagens, situação na qual a gramínea demonstra todo seu potencial comparativamente à *B. decumbens*, que substituiu (EMBRAPA, 2023).

Sua importância para o setor produtivo é amplamente reconhecida. O capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) é uma das forrageiras mais utilizadas no Brasil por sua elevada produtividade, adaptação a solos de média fertilidade e resistência a cigarrinhas (FEIO et al., 2025). Além disso, a produção de bovinos de corte em pastagens tropicais possui alto potencial de resposta quanto à adoção de tecnologias para incremento nos índices de produtividade (BARBERO et al., 2021). Essa condição é corroborada pelos estudos de Oliveira et al. (2022), que, ao avaliarem o desempenho técnico e econômico da adubação nitrogenada de *U. brizantha* cv. Marandu na região do Vale do Acre, verificaram que a cultivar apresentou desempenho agrônômico satisfatório, com aumento não linear na produção de matéria seca, proteína bruta e demais componentes do valor nutritivo com o acréscimo das dosagens de nitrogênio aplicadas, evidenciando a responsividade da forrageira ao manejo nutricional.

Segundo Barbero et al. (2021), pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Marandu sob lotação contínua, em solos corrigidos para saturação por bases igual ou superior a 45%, com adubação de manutenção, apresentam ganho de peso médio diário de aproximadamente 0,92 kg por animal por dia. Os autores destacam ainda que avaliações do efeito da aplicação de doses crescentes de nitrogênio em pastos manejados sob lotação contínua revelaram aumentos lineares na taxa diária de acúmulo de forragem conforme o incremento da dose aplicada, resultando em aumento linear da taxa de lotação e da produção animal.

Difante et al. (2011) afirmam que o intervalo de corte é um fator determinante para a produtividade e persistência do capim-marandu, pois influencia diretamente as características morfogênicas e estruturais da forrageira, verificando que pastos manejados com intervalo correspondente ao aparecimento de três folhas por perfilho acumulam elevada quantidade de folhas, componente de maior valor nutritivo. Complementarmente, Alexandrino et al. (2004) indicam que o intervalo de corte recomendado varia conforme o suprimento de nitrogênio, sendo sugeridos cortes entre 20 e 32 dias de rebrotação dependendo da dose de N aplicada.

Difante et al. (2011) destacam que o capim-marandu cortado à altura de 20 cm apresenta alta renovação de tecidos, aliada a maiores frequências de desfolhação, condicionando perfilhos mais jovens e melhor eficiência na produção de forragem. Essa prática é amplamente adotada em experimentos com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sendo realizada logo após a adubação, de modo a garantir uniformidade no crescimento e nas avaliações subsequentes.

2.2 Fertilidade do solo em pastagens

A fertilidade do solo constitui um dos principais fatores responsáveis pela produtividade, persistência e sustentabilidade das pastagens tropicais, influenciando diretamente o desenvolvimento das forrageiras, a capacidade de suporte animal e a eficiência dos sistemas pecuários (Da Silva et al., 2021; Leite et al., 2021). Segundo Barbero et al. (2021), a baixa disponibilidade de nutrientes no solo compromete o crescimento das gramíneas forrageiras, reduzindo a produção de matéria seca e acelerando os processos de degradação das pastagens.

No Brasil, parcela significativa das áreas de pastagem apresenta algum estágio de degradação associado à baixa reposição de nutrientes, ao manejo inadequado do pastejo e à ausência de práticas conservacionistas (Da Silva et al., 2021; Barbero et al., 2021). De acordo com Leite et al. (2021), a degradação das pastagens reduz a capacidade produtiva do solo, limita o desenvolvimento radicular das forrageiras e compromete a ciclagem de nutrientes no sistema produtivo. Além disso, Oliveira et al. (2022) destacam que solos degradados apresentam menores teores de matéria orgânica, menor retenção de água e redução da atividade microbológica, fatores que impactam diretamente a produtividade das gramíneas.

Barbero et al. (2021) afirmam que o elevado potencial produtivo da cultivar está associado à sua adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras e à sua capacidade de responder positivamente às melhorias nas condições de fertilidade do solo. Leite et al. (2021) acrescentam que práticas adequadas de manejo contribuem para maior persistência da pastagem, maior produção de forragem e melhor eficiência de utilização dos recursos naturais.

Dessa forma, a fertilidade do solo representa um componente estratégico para a sustentabilidade da produção pecuária, influenciando diretamente o desempenho das forrageiras e a estabilidade produtiva dos sistemas de criação animal (BARBERO et al., 2021).

2.3 Adubação orgânica e mineral

A adubação constitui um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da produtividade e da qualidade nutricional das gramíneas forrageiras tropicais, especialmente em sistemas intensivos de produção animal (Leite et al., 2021; Santos et al., 2024). Nascimento et al. (2024) destacam que tanto a adubação orgânica quanto a mineral exercem papel importante na manutenção da fertilidade do solo, no desenvolvimento das forrageiras e na sustentabilidade dos sistemas pecuários. Além do fornecimento de nutrientes essenciais, a adubação contribui para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, favorecendo o

crescimento radicular, a retenção de água e a atividade microbiológica.

Da Silva Castro et al. (2016) verificaram que o aumento das doses de esterco bovino promoveu melhorias significativas nas características produtivas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça. Os autores observaram que a máxima produtividade do capim-marandu foi alcançada com dose média de 24,3 t ha⁻¹ de esterco bovino, enquanto a adubação mineral apresentou resultados semelhantes às maiores doses do fertilizante orgânico.

De acordo com Leite et al. (2021), o nitrogênio representa o nutriente de maior impacto sobre a produtividade e o valor nutritivo do capim-marandu, principalmente em sistemas de pastejo intensivo. Os autores verificaram que o aumento das doses nitrogenadas elevou significativamente os teores de proteína bruta da forragem e reduziu os componentes fibrosos da planta, promovendo melhoria na digestibilidade e no aproveitamento dos animais.

As pastagens produtivas apresentam elevada exigência nutricional, tornando indispensável a realização de adubações periódicas compatíveis com as demandas fisiológicas das gramíneas cultivadas (Da Silva Mendes et al., 2024). Segundo os autores, o elevado custo dos fertilizantes minerais frequentemente limita a adoção adequada dessa prática pelos produtores, comprometendo a persistência e a produtividade das áreas de pastagem. Nesse cenário, a utilização combinada de fertilizantes minerais e fontes orgânicas surge como alternativa viável para melhoria da eficiência nutricional e redução parcial dos custos de produção.

Estudos recentes indicam que a associação entre adubação orgânica e mineral promove efeitos positivos tanto sobre a fertilidade do solo quanto sobre o desempenho agrônomo das forrageiras. (Da Silva Mendes et al., 2024) observaram aumento significativo da produtividade do capim-marandu quando houve combinação entre esterco bovino e fertilizante químico.

Benett et al. (2008), ao avaliarem fontes e doses de nitrogênio no capim-marandu, registraram aumento dos teores de proteína bruta de 10,65% no tratamento sem adubação para 17,67% na maior dose aplicada de nitrogênio.

Piovesan e Gai (2023), em experimento conduzido no estado do Paraná com doses de até 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio em pastagem reformada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, concluíram que a correção nutricional e o manejo adequado da adubação proporcionam retorno econômico expressivo ao sistema produtivo, principalmente em razão da melhoria na nutrição animal e no aproveitamento da forragem produzida.

Leite et al. (2021) evidenciam que a adubação orgânica e mineral exerce papel estratégico na sustentabilidade dos sistemas forrageiros tropicais, contribuindo para o aumento

da produtividade, a melhoria da qualidade nutricional das gramíneas e a manutenção da fertilidade do solo. Os autores destacam que o avanço das pesquisas relacionadas ao manejo nutricional do capim-marandu continua sendo fundamental para o desenvolvimento de sistemas pecuários mais eficientes, sustentáveis e economicamente viáveis.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização do Local

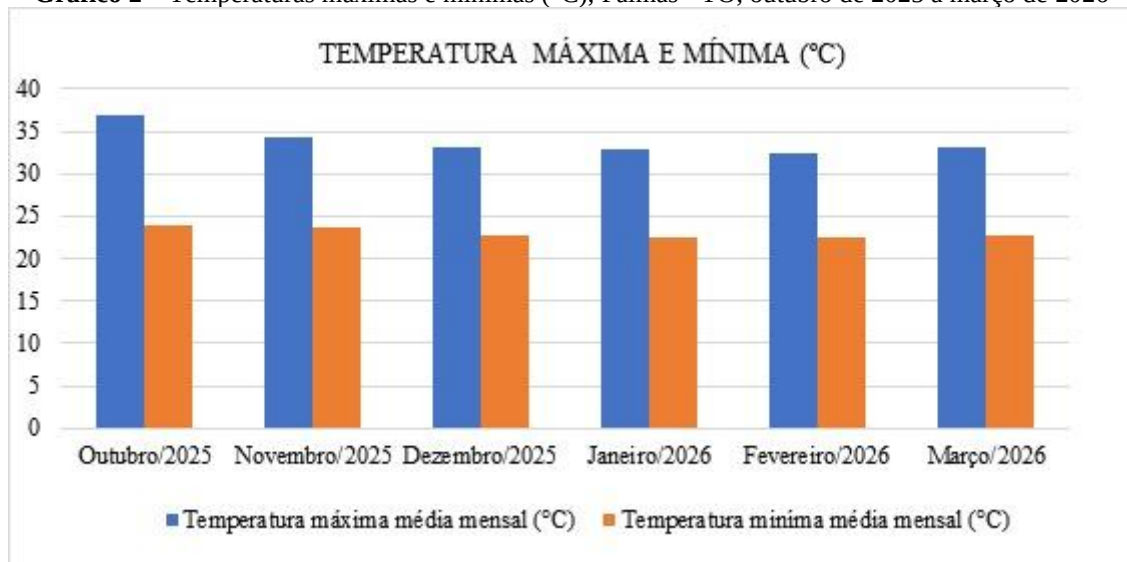
O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Tocantins – *Campus* Palmas (IFTO), localizado no município de Palmas, estado do Tocantins, nas coordenadas geográficas 10°11'56.31"S e 48°18'36.17"W. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região de Palmas - TO é do tipo Aw, caracterizado como tropical quente com estação chuvosa no verão e seca no inverno (ALVARES et al., 2013). A precipitação média anual varia entre 1.400 e 1.600 mm, com concentração principal entre os meses de outubro e abril (INMET, 2022).

As variáveis climáticas consideradas neste estudo foram obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), por meio da estação meteorológica automática de Palmas - TO (Estação 83033). Foram utilizados dados mensais de precipitação pluviométrica acumulada (mm), temperaturas máximas e mínimas do ar (°C) e umidade relativa do ar referentes ao período de outubro de 2025 a março de 2026.

Os dados climáticos referentes à precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar ao longo do período experimental estão apresentados nos Gráficos 1, 2 e 3. As informações registradas permitem caracterizar as condições climáticas predominantes na área experimental durante a condução do estudo, descrevendo a distribuição das chuvas, a variação térmica e o regime hídrico ao qual a área esteve submetida.

Gráfico 1 – Precipitação pluviométrica acumulada mensal (mm) Palmas - TO, outubro/2025 a março/2026

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2026).

Gráfico 2 – Temperaturas máximas e mínimas (°C), Palmas - TO, outubro de 2025 a março de 2026

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2026).

Gráfico 3 – Umidade relativa do ar (%) Palmas - TO, outubro/2025 a março/2026

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2026).

A análise química do solo utilizada para recomendação da adubação foi realizada a partir de uma amostra composta coletada em 12 de setembro de 2025, na área experimental do Instituto Federal do Tocantins – *Campus* Palmas. As amostras foram encaminhadas ao laboratório PerfilSolo, localizado no município de Palmas – TO, para determinação dos atributos químicos e físicos do solo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da análise química e física do solo da área experimental cultivada com *Urochloa brizantha* cv. Marandu, realizada em setembro de 2025

Propriedades	Unidade de Medida	Teor
Macronutrientes		
Cálcio (Ca)	cmolc/dm³	1,81
Magnésio (Mg)		0,44
Potássio (K)		0,04
Fósforo (P) Mehlich-1	mg/dm³	1,42
Elementos Limitantes		
Hidrogênio (H) + Alumínio (Al)	cmolc/dm³	4,1
Alumínio (Al)		0,29
Parâmetros		
pH em Cloreto de Cálcio (CaCl₂)		4,73
pH (H₂O)		5,36
Ca/T		28,33
Mg/T	%	6,89
K/T		0,63
C.T.C Potencial (T)	cmolc/dm³	6,39
Soma de bases (SB)		2,29
Saturação de bases (V)	%	35,84
Saturação por Alumínio (m)		11,24
Matéria Orgânica (M.O)	g dm³	25,29

*C.T.C = capacidade de troca cátions

*pH = potencial hidrogeniônico

Fonte: Autora (2026).

A interpretação dos resultados da análise indicou que o solo apresentou reação ácida, com pH em água de 5,36 e saturação por bases (V%) de 35,84%, características comuns em solos do Cerrado brasileiro (SOUSA; LOBATO, 2004). O teor de fósforo disponível foi considerado baixo (1,42 mg dm⁻³), indicando limitação nutricional para o adequado desenvolvimento da forrageira (SOUSA; LOBATO, 2004). Os teores de potássio (0,04 cmolc dm⁻³) e magnésio (0,44 cmolc dm⁻³) também foram classificados como baixos, enquanto o teor de cálcio (1,81 cmolc dm⁻³) apresentou nível intermediário (SOUSA; LOBATO, 2004).

O teor de matéria orgânica foi de 25,29 g dm⁻³, considerado adequado para solos sob cultivo de pastagens, contribuindo para melhoria das características químicas e físicas do solo (VILELA et al., 2004). A capacidade de troca catiônica potencial (CTC) foi de 6,39 cmolc dm⁻³, indicando média capacidade de retenção de nutrientes (SOUSA; LOBATO, 2004). Na análise textural, o solo apresentou 55,8% de areia, 32,7% de argila e 11,5% de silte, sendo classificado como de textura média (SOUSA; LOBATO, 2004).

De modo geral, os resultados evidenciaram limitações nutricionais importantes para o cultivo do capim-marandu (SOUSA; LOBATO, 2004). Considerando que o nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelas gramíneas forrageiras, por atuar diretamente no crescimento vegetativo e na produção de biomassa (MALAVOLTA, 2006), especialmente após cortes sucessivos (VILELA et al., 2004), foram realizados dois manejos durante o período experimental, sendo um deles com adubação nitrogenada de cobertura.

Levando em consideração as duas linhas de forrageira presentes na área experimental, com espaçamento de 0,50 m entre elas, e o fato de que a aplicação da adubação seria realizada entre linhas, foram estabelecidas as doses de 18 g de ureia e 25 g de sulfato de amônio. Ressalta-se que, no momento da aplicação da adubação de cobertura, ocorreu um equívoco operacional no cálculo das doses dos fertilizantes nitrogenados, resultando em uma aplicação de nitrogênio superior no tratamento com ureia em comparação ao tratamento com sulfato de amônio. Dessa forma, a dose efetivamente aplicada via ureia correspondeu a aproximadamente 81 kg ha⁻¹ de N, enquanto a aplicação via sulfato de amônio correspondeu a aproximadamente 50 kg ha⁻¹ de N.

3.2 Instalação e Condução do Experimento

A área experimental estava previamente estabelecida com capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu, apresentando aproximadamente dois anos de implantação. Durante esse período, a área foi submetida a diferentes manejos de adubação orgânica e mineral, além de cortes periódicos para manutenção e uniformização da pastagem. As adubações previamente realizadas na área experimental, incluindo a aplicação de adubo mineral com formulação NPK 04-30-16, estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos e manejos de adubação da área experimental

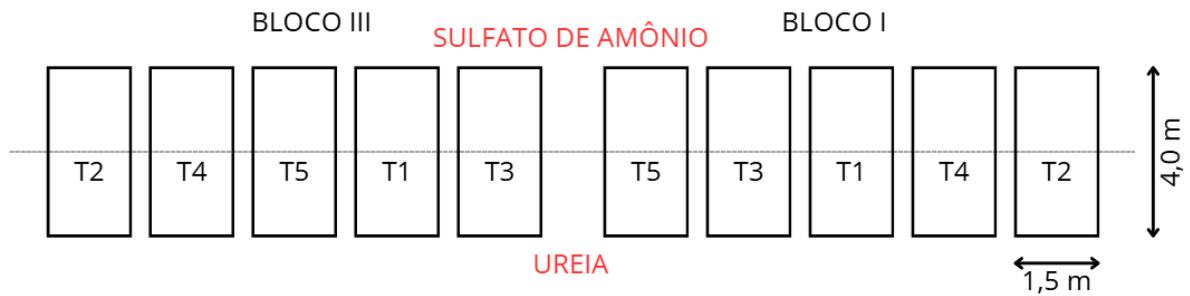
TRATAMENTOS	DESCRIÇÃO
Tratamento 1	Testemunha – adubação mineral NPK (500 kg ha ⁻¹) no 2º ano de manejo.
Tratamento 2	Adubação mineral de base com NPK (500 kg ha ⁻¹) + 100 kg ha ⁻¹ de N em cobertura.
Tratamento 3	Adubação mineral de base com NPK (500 kg ha ⁻¹) + parcelamento de 100 kg ha ⁻¹ de N em cobertura.
Tratamento 4	Adubação orgânica de base com esterco bovino curtido (20 t ha ⁻¹ ; 19,2 kg parcela ⁻¹) + 100 kg ha ⁻¹ de N em cobertura.
Tratamento 5	Adubação orgânica de base com esterco bovino curtido (20 t ha ⁻¹ ; 19,2 kg parcela ⁻¹).

Fonte: Autora (2026).

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, composto por cinco tratamentos e duas repetições. Cada parcela experimental apresentou dimensões de 1,50 m × 4,00 m, contendo duas linhas da forrageira. As parcelas foram delimitadas de forma a garantir maior uniformidade das condições experimentais e adequada representatividade das unidades amostrais.

Cada parcela foi dividida em duas áreas de amostragem, com dimensões de 1,50 m × 2,00 m cada. Em uma área foi avaliado o efeito da adubação nitrogenada utilizando ureia, enquanto na outra foi avaliado o efeito da adubação com sulfato de amônio. A Figura 1 apresenta o croqui da área experimental, indicando a disposição das parcelas e áreas de amostragem. A Figura 2 apresenta a localização da área experimental por meio de imagem de satélite obtida no Google Earth (software desenvolvido pela Google), destacando a área utilizada no experimento.

Figura 1 – Croqui da área experimental com a disposição das parcelas e áreas de amostragem utilizadas no experimento



Fonte: Autora (2026).

Figura 2 – Vista aérea da área experimental com destaque da área utilizada no experimento, no IFTO – *Campus Palmas*



Fonte: Google Earth (2026).

3.3 Características Avaliadas

Para a análise dos parâmetros, foram utilizadas as seguintes variáveis: altura de plantas, teor relativo de clorofila (TRC) e produção de massa seca. O TRC foi expresso em unidades SPAD, determinadas por meio de clorofilômetro portátil modelo Minolta SPAD-502, enquanto a altura de plantas foi mensurada com régua graduada. As avaliações foram realizadas em intervalos de 28 dias antes de cada corte da forrageira, período compatível com o ciclo de rebrotação do capim-marandu (ALEXANDRINO et al., 2004; DIFANTE et al., 2011).

No dia 10/02/2026, foi realizada a primeira avaliação da altura das plantas, do teor de clorofila e a coleta da parte aérea da forrageira. Essas avaliações foram realizadas de forma geral, com a finalidade de servir como testemunha de cada tratamento nos diferentes blocos experimentais (Figuras 3 e 4).

Figura 3 – Avaliação da altura de plantas no dia 10/02/2026



Fonte: Autora (2026).

Figura 4 – Determinação do teor relativo de clorofila (TRC) em unidade SPAD na folha com clorofilômetro



Fonte: Autora (2026).

O corte da forrageira foi realizado após a coleta dos parâmetros de altura e teor de clorofila. Para a delimitação da área útil de coleta e determinação da produção de massa fresca, foi utilizado um quadro de PVC com dimensões de 0,50 m × 0,50 m, lançado de forma aleatória dentro de cada parcela (Figura 5).

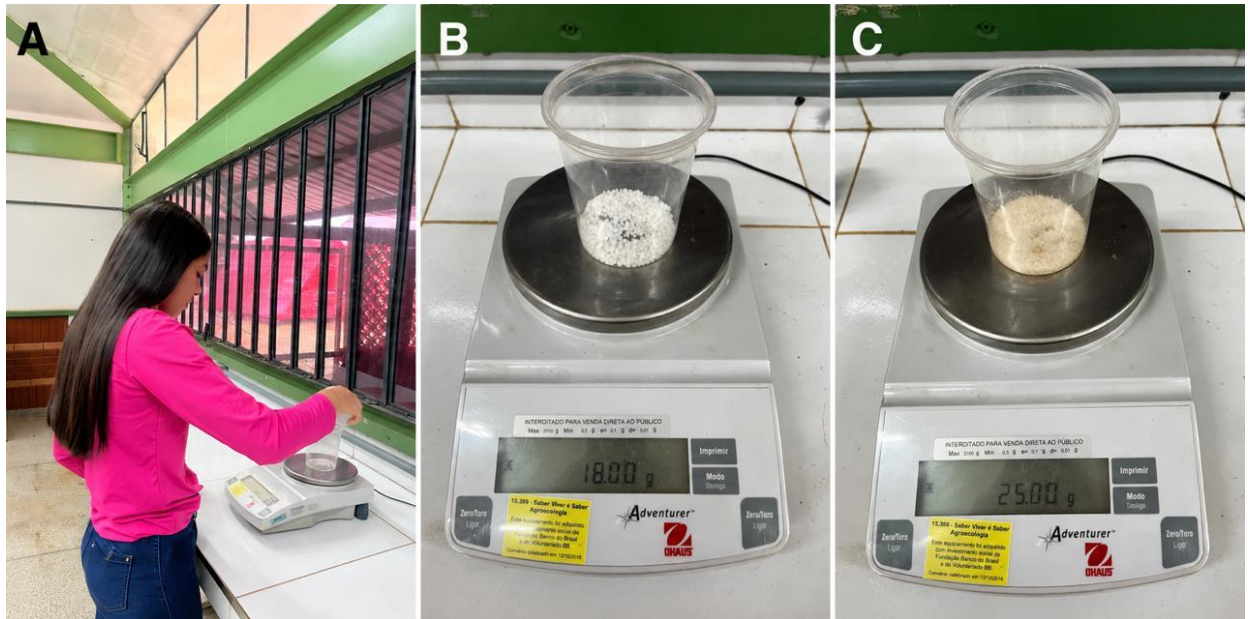
Figura 5 – Quadrado de PVC para delimitação da área



Fonte: Autora (2026).

Ao final da coleta dos parâmetros e do corte da parte aérea, foi realizada a adubação de cobertura nas parcelas. Nesse momento, cada parcela possuía 4 metros de comprimento e foi dividida ao meio para avaliar a resposta a diferentes fontes de adubação nitrogenada no capim. Em um lado, foram aplicados 18 g de ureia e, no outro, 25 g de sulfato de amônio (Figura 6 e 7). Após a adubação, o capim de todas as parcelas foi nivelado por meio de um corte de uniformização a 20 cm de altura, visando promover nova brotação uniforme entre as parcelas (DIFANTE et al., 2011).

Figura 6 – Fontes de adubação nitrogenada: (A) pesagem do adubo; (B) 18 g de ureia; (C) 25 g de sulfato de amônio



Fonte: Autora (2026).

Figura 7 – Aplicação de adubação de cobertura a lanço na forrageira



Fonte: Autora (2026).

O material vegetal coletado da parte aérea da forrageira foi devidamente identificado, acondicionado em sacos de papel e encaminhado para estufa de circulação forçada de ar (Figura 8), onde permaneceu por 48 horas, à temperatura de 65 °C (de 10 a 12/02/2026), até atingir peso constante. Em seguida, foi realizada a pesagem para determinação da massa seca do material (g) (Figura 9).

Figura 8 – Material coletado das parcelas secando em estufa de ventilação forçada a 65 °C por 48 horas



Fonte: Autora (2026).

Figura 9 – Pesagem para determinação da massa seca do material (g)



Fonte: Autora (2026).

Após 28 dias do primeiro manejo, foi realizada uma nova coleta de dados das variáveis avaliadas, com o objetivo de verificar possíveis respostas da forrageira à adubação nitrogenada aplicada. Os dados referentes às variáveis altura de plantas, teor relativo de clorofila e massa da forrageira foram coletados novamente (Figura 10).

Figura 10 – Coleta de dados: (A) corte da parte aérea; (B) avaliação da altura de plantas 10/03/2026



Fonte: Autora (2026).

3.4 Análise Estatística dos Dados

Os dados referentes à produção de massa seca, à altura de plantas e ao teor de clorofila foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando observadas diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio de planilha eletrônica do Microsoft Excel, disponibilizada pela Universidade Federal de São Carlos (2026).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira coleta da forrageira, realizada em 10/02/2026 sem a aplicação de adubação nitrogenada de cobertura, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis altura de plantas (AP), teor relativo de clorofila (TRC/SPAD) e massa seca da parte aérea (MSPA), conforme indicado pelo teste F não significativo ($p > 0,05$), o que dispensou a realização do teste de comparação de médias (Tabela 3).

Tabela 3 – Variáveis agrônômicas na primeira coleta realizada em 10/02/2026

TRATAMENTOS	AP (cm)	TRC (SPAD)	MSPA (g m ⁻²)
T1 - Testemunha	88,50	48,25	241,26
T2 - AM+NC	77,50	43,55	150,97
T3 - AM+AC (2x)	84,00	54,45	182,21
T4 - AO+NC	77,50	46,70	145,87
T5 - AO	89,50	46,00	98,38
Média geral	83,40	47,79	163,74
F	ns	ns	ns
CV (%)	8,23	17,27	26,89

Notas: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

ns: não significativo.

CV (%): coeficiente de variação.

T1 (Testemunha); **T2 (AM+NC)**: adubação mineral de base com NPK (500 kg ha⁻¹) + 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura; **T3 (AM+AC 2x)**: Adubação mineral de base com NPK (500 kg ha⁻¹) + parcelamento de 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura.; **T4 (AO+NC)**: adubação orgânica de base com 20 t ha⁻¹ de esterco bovino curtido + 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura; **T5 (AO)**: adubação orgânica de base com 20 t ha⁻¹ de esterco bovino curtido, sem cobertura nitrogenada.

AP: altura de planta; TRC: teor relativo de clorofila (SPAD); MSPA: massa seca da parte aérea.

Fonte: Autora (2026).

Os valores médios de altura de plantas variaram entre 77,50 e 89,50 cm, com média geral de 83,40 cm. Para o teor relativo de clorofila, os resultados oscilaram entre 43,55 e 54,45 SPAD, com média geral de 47,79. Já a produção de massa seca da parte aérea variou de 98,38 a 241,26 g m⁻², com média geral de 163,74 g m⁻².

Esse comportamento homogêneo entre os tratamentos na fase inicial pode estar associado ao período de avaliação, anterior à aplicação do nitrogênio em cobertura, momento em que os efeitos diferenciados dos tratamentos ainda não haviam se manifestado sobre o crescimento da forrageira. Martins et al. (2022) observaram que a ausência de resposta à adubação nitrogenada no primeiro corte pode ocorrer em razão de a absorção de N ser maior na rebrota das forrageiras do que no estabelecimento, sendo que durante a fase inicial a demanda das plantas por N pode ser atendida pela mineralização da matéria orgânica do solo, estimulada pela incorporação dos restos vegetais, calagem e adubação fosfatada realizadas previamente.

Esse comportamento é corroborado por Barbero et al. (2021), que destacam que a baixa disponibilidade de nutrientes no solo compromete o crescimento das gramíneas forrageiras, reforçando que os efeitos da adubação tendem a se expressar de forma mais consistente nos ciclos subsequentes, quando a demanda nutricional da forrageira passa a ser atendida de maneira diferenciada entre os tratamentos.

Quanto ao teor relativo de clorofila, o valor médio de 47,79 unidades SPAD reflete condição nutricional uniforme entre os tratamentos nesse período inicial, o que era esperado

considerando que nenhum tratamento havia recebido adubação nitrogenada de cobertura até o momento da primeira coleta. Segundo Leite et al. (2021), o nitrogênio é o nutriente de maior impacto sobre a produtividade e o valor nutritivo do capim-marandu, sendo seus efeitos mais evidentes após sua aplicação e absorção pela planta, o que justifica a homogeneidade dos valores de TRC observados nesta fase.

Os coeficientes de variação observados indicam boa precisão experimental para a variável altura de plantas, em razão do baixo CV obtido (8,23%). Por outro lado, os valores registrados para TRC (17,27%) e MSPA (26,89%) demonstram variabilidade moderada entre as parcelas experimentais, o que é esperado em condições de campo, especialmente na fase inicial do experimento, antes da plena expressão dos efeitos dos tratamentos (BARBERO et al., 2021).

Dessa forma, os resultados obtidos nesta primeira coleta constituem um parâmetro inicial de comparação para a segunda avaliação, permitindo verificar posteriormente a resposta diferenciada da forrageira à aplicação do nitrogênio em cobertura nos diferentes tratamentos avaliados.

Na segunda coleta da forrageira, realizada em 10/03/2026, foram avaliados os efeitos das fontes de nitrogênio em cobertura (ureia e sulfato de amônio) sobre as variáveis altura de plantas (AP), teor relativo de clorofila (TRC/SPAD) e massa seca da parte aérea (MSPA), considerando também os efeitos residuais das adubações de base realizadas previamente em cada tratamento (Tabela 4).

Tabela 4 – Variáveis agrônômicas da segunda coleta realizada em (10/03/2026)

TRATAMENTOS	AP (cm)	TRC (SPAD)	MSPA (g m ⁻²)
UREIA			
T1 - Testemunha	76,00 a	43,35	78,34
T2 - AM+NC	73,00 a	47,40	71,68
T3 - AM+AC (2x)	84,50 a	35,90	59,97
T4 - AO+NC	70,00 a	43,00	56,81
T5 - AO	83,00 a	47,40	29,12
Média geral	77,30	43,41	58,18
F	*	ns	ns
CV (%)	4,5	14,22	46,92
SULFATO DE AMÔNIO			
T1 - Testemunha	83,50	45,05	72,66
T2 - AM+NC	85,50	46,55	93,32
T3 - AM+AC (2x)	84,00	41,15	60,01
T4 - AO+NC	90,00	65,55	69,03
T5 - AO	90,50	75,55	43,64
Média geral	86,70	54,73	67,73
F	ns	ns	ns
CV (%)	8,68	34,51	40,45

Notas: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Nível de significância: *: 5%; e ns: não significativo.

CV (%): coeficiente de variação.

T1 (Testemunha); **T2 (AM+NC)**: adubação mineral de base com NPK (500 kg ha⁻¹) + 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura; **T3 (AM+AC 2x)**: Adubação mineral de base com NPK (500 kg ha⁻¹) + parcelamento de 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura.; **T4 (AO+NC)**: adubação orgânica de base com 20 t ha⁻¹ de esterco bovino curtido + 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura; **T5 (AO)**: adubação orgânica de base com 20 t ha⁻¹ de esterco bovino curtido, sem cobertura nitrogenada. AP: altura de planta; TRC: teor relativo de clorofila (SPAD); MSPA: massa seca da parte aérea.

Fonte: Autora (2026).

Para a fonte ureia, o teste F indicou efeito significativo ($p < 0,05$) apenas para a variável AP, sendo as demais variáveis (TRC e MSPA) não significativas, dispensando a realização do teste de comparação de médias para essas variáveis. Para o sulfato de amônio, nenhuma variável apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), dispensando igualmente o teste de comparação de médias. Segundo a classificação proposta por Pimentel-Gomes (1985), CVs inferiores a 10% são considerados baixos, entre 10% e 20% médios, entre 20% e 30% altos, e superiores a 30% muito altos. Os coeficientes de variação obtidos para a ureia foram de 4,5% para AP (baixo), 14,22% para TRC (médio) e 46,92% para MSPA (muito alto). Para o sulfato de amônio, os CVs foram de 8,68% para AP (baixo), 34,51% para TRC (muito alto) e 40,45% para MSPA (muito alto), indicando boa precisão experimental apenas para a variável altura de plantas em ambas as fontes.

A alta variabilidade observada na MSPA e no TRC pode estar associada à

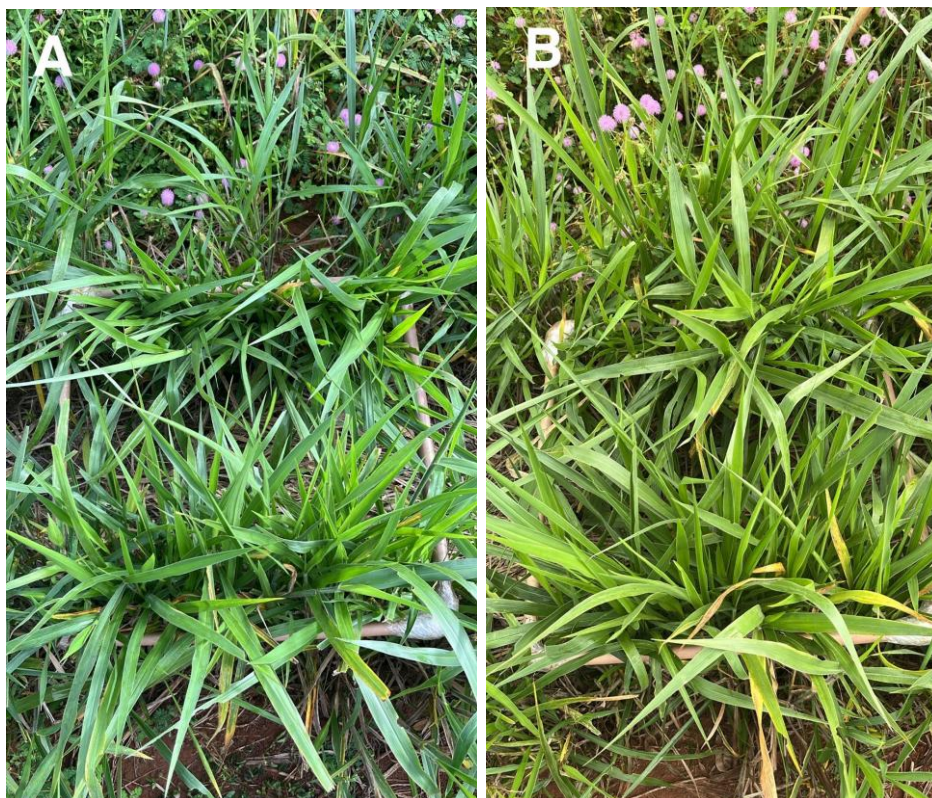
heterogeneidade natural entre as parcelas experimentais quanto à densidade de perfilhos, à distribuição das raízes e à capacidade de absorção de nutrientes após o corte de uniformização, fatores comuns em experimentos com gramíneas tropicais conduzidos a campo (DIFANTE et al., 2011).

Embora o teste F não tenha detectado diferenças significativas entre os tratamentos para a maioria das variáveis, as médias gerais indicam tendência de melhor desempenho das parcelas que receberam sulfato de amônio em relação à ureia. Para AP, o sulfato de amônio resultou em média de 86,70 cm, contra 77,30 cm da ureia, superioridade de 12%. Para TRC, a média com sulfato de amônio foi de 54,73 SPAD frente a 43,41 SPAD da ureia, diferença de aproximadamente 26%. Para MSPA, o sulfato de amônio alcançou 67,73 g m⁻², enquanto a ureia resultou em 58,18 g m⁻², com superioridade de 16,4%. Para observação das diferenças entre as aplicações de adubação, a Figura 11 pode demonstrar visualmente o comportamento das variáveis analisadas entre os tratamentos.

Cabe destacar que, durante a aplicação da adubação de cobertura, ocorreu um equívoco operacional no cálculo das doses dos fertilizantes nitrogenados, resultando em aplicação de aproximadamente 81 kg ha⁻¹ de N via ureia e 50 kg ha⁻¹ de N via sulfato de amônio. Apesar da maior quantidade de nitrogênio aplicada por meio da ureia, observou-se tendência de superioridade do sulfato de amônio para altura de plantas, teor relativo de clorofila e produção de massa seca. Esse resultado sugere que fatores relacionados à eficiência de aproveitamento do nitrogênio pela planta podem ter exercido maior influência sobre o desenvolvimento da forrageira do que a quantidade total de nitrogênio aplicada. Entretanto, essa diferença entre as doses efetivamente fornecidas deve ser considerada na interpretação dos resultados, uma vez que não permite uma comparação direta entre as fontes nitrogenadas sob condições equivalentes de fornecimento de nitrogênio.

Segundo Leite et al. (2021), o nitrogênio é o nutriente de maior impacto sobre a produtividade e o valor nutritivo do capim-marandu, sendo seus efeitos mais evidentes após sua efetiva absorção pela planta, o que reforça a importância da eficiência da fonte nitrogenada utilizada para a expressão do potencial produtivo da forrageira.

Figura 11 – Diferença visual: (A) área adubada com sulfato de amônio; (B) área adubada com ureia



Fonte: Autora (2026).

Essa tendência de melhor desempenho do sulfato de amônio pode ser explicada, em parte, pela higroscopicidade diferenciada entre as fontes nitrogenadas, fator que interfere diretamente na eficiência da adubação de cobertura. Fertilizantes higroscópicos tendem a absorver umidade do ar e podem apresentar características indesejáveis como umidade excessiva, empedramento e menor fluidez, dificultando a aplicação uniforme nas parcelas (FARIA et al., 2014). A ureia apresenta elevada higroscopicidade e alta suscetibilidade a perdas por volatilização de amônia, principalmente quando aplicada em superfície, podendo resultar em perdas médias de 20% do N aplicado em condições normais, com valores que podem atingir até 53% do total de N aplicado em condições desfavoráveis (FARIA et al., 2014; LARA CABEZAS; SOUZA, 2008).

Em contrapartida, o sulfato de amônio apresenta forma cristalizada, menor higroscopicidade e perdas por volatilização significativamente menores, especialmente em solos ácidos (LARA CABEZAS; SOUZA, 2008). Além disso, o sulfato de amônio fornece enxofre (24% S), nutriente que atua diretamente na síntese de proteínas e na composição da clorofila, sendo especialmente relevante para pastagens em solos tropicais (SOUZA; LOBATO, 2004). Segundo Malavolta et al. (1997), o sulfato de amônio apresenta 21% de nitrogênio e 23% de enxofre solúvel em água, sendo o fornecimento simultâneo desses dois nutrientes uma

vantagem comparativa relevante frente à ureia, especialmente em solos com histórico de baixa fertilidade como os do Cerrado brasileiro. Essa diferença na eficiência de aproveitamento do N entre as fontes pode ter contribuído para a tendência de maiores médias observadas nas parcelas que receberam sulfato de amônio nesta avaliação.

No que diz respeito aos efeitos residuais das adubações de base, os tratamentos que receberam adubação mineral de base com NPK (T2 e T3) podem ter apresentado maior disponibilidade de fósforo e potássio no solo, favorecendo a absorção de nitrogênio e reduzindo a amplitude de resposta entre os tratamentos. Segundo Sousa e Lobato (2004), a manutenção equilibrada dos macronutrientes no solo é determinante para a resposta produtiva das gramíneas forrageiras, uma vez que deficiências de P e K limitam a eficiência de utilização do N disponível, indicando que as adubações de base realizadas previamente contribuíram para manter um patamar mínimo de nutrição entre todos os tratamentos, dificultando a diferenciação estatística entre eles nesta avaliação.

Os tratamentos que receberam adubação orgânica de base com esterco bovino curtido (T4 e T5) merecem atenção especial na análise dos resultados. O T5, que recebeu apenas adubação orgânica de base sem nitrogênio em cobertura, apresentou a menor produção de MSPA tanto com ureia ($29,12 \text{ g m}^{-2}$) quanto com sulfato de amônio ($43,64 \text{ g m}^{-2}$), sugerindo que a adubação orgânica isolada, sem complementação mineral, foi insuficiente para atender à demanda nutricional da forrageira neste ciclo avaliativo. Através da Figura 12, é possível visualizar a diferença de massa fresca produzida nos diferentes tratamentos T2 e T4. Segundo Martha Júnior, Vilela e Sousa (2007), a matéria orgânica do solo afeta indiretamente a resposta da planta forrageira ao N-fertilizante, pois a quantidade de N disponibilizada pela mineralização determina tanto a produção de forragem na ausência de adubação nitrogenada quanto o potencial de produção quando o fertilizante nitrogenado é utilizado, sendo que solos com maior aporte orgânico tendem a apresentar menor amplitude de resposta ao N mineral.

Figura 12 – Diferença visual de massa fresca produzida: (A) T2; (B) T4



Fonte: Autora (2026).

Considerando que a área experimental recebeu adubação orgânica com esterco bovino curtido há dois anos, é provável que tenha ocorrido acúmulo de matéria orgânica no solo, alterando a dinâmica de disponibilização do nitrogênio. A imobilização do nitrogênio ocorre concomitantemente à mineralização e é favorecida quando o material orgânico apresenta alta relação C/N, condição em que os microrganismos do solo incorporam o N inorgânico disponível em suas células para decompor os resíduos orgânicos acumulados, reduzindo temporariamente a disponibilidade do nutriente para as plantas (MALAVOLTA et al., 1997). Esse processo pode explicar, em parte, a baixa resposta do T5 à adubação nitrogenada, já que o N mineral aplicado pode ter sido parcialmente imobilizado pela biomassa microbiana em função do alto aporte de material orgânico acumulado nos anos anteriores (BARBERO et al., 2021).

A análise do solo realizada no início do experimento já indicava teor de matéria orgânica de 25,29 g dm⁻³, valor considerado adequado para solos sob pastagem (SOUSA; LOBATO, 2004). Com o acúmulo de esterco bovino por dois anos consecutivos, é provável que esse teor

tenha se elevado ainda mais, contribuindo positivamente para a capacidade de troca catiônica e retenção de nutrientes no solo. Além disso, a mineralização da matéria orgânica acumulada pode ter promovido fornecimento adicional de nitrogênio às plantas, reduzindo a amplitude de resposta da forrageira à adubação nitrogenada mineral. Uma nova análise de solo ao final do experimento permitiria confirmar essa hipótese e subsidiar ajustes nas recomendações de adubação para os ciclos subsequentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na segunda avaliação, foi possível observar tendência de melhor desempenho das parcelas adubadas com sulfato de amônio em relação à ureia para altura de plantas, teor relativo de clorofila e massa seca da parte aérea, sem que, no entanto, essas diferenças atingissem significância estatística. Esse comportamento pode estar associado à menor susceptibilidade do sulfato de amônio às perdas por volatilização e ao fornecimento simultâneo de enxofre.

Ressalta-se que, durante a aplicação da adubação de cobertura, ocorreu um equívoco operacional que resultou em diferenças nas doses efetivamente aplicadas de nitrogênio entre as fontes avaliadas, sendo aproximadamente 81 kg ha^{-1} de N via ureia e 50 kg ha^{-1} de N via sulfato de amônio. Mesmo diante dessa condição, o sulfato de amônio apresentou tendência de superioridade para as variáveis avaliadas, sugerindo maior eficiência de aproveitamento do nitrogênio nas condições do experimento. Contudo, essa diferença no aporte de N deve ser considerada como uma limitação experimental, não permitindo a comparação direta entre as fontes sob doses equivalentes.

A utilização exclusiva de esterco bovino curtido, sem complementação nitrogenada em cobertura, mostrou-se insuficiente para promover maior produção de biomassa no período avaliado. Esse resultado pode estar relacionado ao tempo de permanência da matéria orgânica no solo, uma vez que a liberação do nitrogênio orgânico ocorre de forma gradual, podendo não coincidir com o período de maior demanda da forrageira. Assim, os resultados reforçam a necessidade de estudos com maior período experimental e com aplicação de doses equivalentes de nitrogênio entre as fontes avaliadas, visando melhor compreensão da dinâmica de disponibilização do nutriente e da eficiência agrônoma das diferentes fontes nitrogenadas no cultivo do capim-marandu.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALEXANDRINO, Emerson et al. Características morfogênicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 6, p. 1372-1379, 2004.
- BARBERO, R. P. et al. Potencial de produção de bovinos de corte em pastagens tropicais: revisão de literatura. *Ciência Animal Brasileira*, v. 22, p. 1–22, 2021.
- BENETT, Cleiton Gredson Sabin et al. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, 2008.
- CÔRTEZ, Isabella Hoske Gruppioni et al. *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*). In: JAYME, Diogo Gonzaga; GONÇALVES, Lúcio Carlos; RAMIREZ, Matheus Anchieta; MENEZES, Rafael Araújo de (org.). *Gramíneas Forrageiras Tropicais*. Belo Horizonte: FEPE, 2022. v. 1, cap. 13, p. 225-248.
- DA SILVA, Pedro Luan Ferreira et al. Fertilidade, estoque de carbono e estabilidade de agregados em Planossolo sob sistemas integrados de produção agropecuária. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 51, p. e66505-e66505, 2021.
- DA SILVA CASTRO, Camila et al. Eficiência de utilização de adubação orgânica em forrageiras tropicais. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 3, n. 4, p. 48-54, 2016.
- DIFANTE, Gelson dos Santos et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 955-963, 2011.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Adubação orgânica*. Brasília: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana-de-acucar/producao/correcao-e-adubacao/adubacao-organica>. Acesso em: 12 maio 2026.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/863/brachiaria-brizantha-cv-marandu>. Acesso em: 12 maio 2026.
- FARIA, Letícia de Abreu et al. Higroscopicidade e perdas de diferentes fontes de nitrogênio por volatilização de amônia em ureia revestida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 942-948, 2014.
- FEIO, Bruna Eduarda Moreira et al. Desempenho do capim-marandu e estratégias de recuperação de pastagens degradadas na Amazônia. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, v. 23, n. 8, p. e11146-e11146, 2025.
- FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (org.). *Plantas forrageiras*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2022.

GOOGLE. *Google Earth*. Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 20 mar. 2026.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Dados meteorológicos: estações automáticas*. Brasília: INMET, [2026]. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 03 mar. 2026.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Normais climatológicas do Brasil 1991–2020: Palmas – TO*. Brasília: INMET, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 12 maio 2026.

LARA CABEZAS, Waldo Alejandro Ruben; SOUZA, Marcos André. Volatilização de amônia, lixiviação de nitrogênio e produtividade de milho em resposta à aplicação de misturas de ureia com sulfato de amônio ou com gesso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 6, p. 2331-2342, 2008.

LEITE, Rhaony Gonçalves et al. Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of Marandu palisadegrass. *Scientific Reports*, v. 11, n. 1, p. 14786, 2021.

MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. (ed.). *Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 224 p.

MARTINS, Marcos Vinicius Rodrigues; PEREIRA, Carlos Eduardo; KIKUTI, Hamilton. Adubação nitrogenada na implantação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Humaitá-AM. *Scientia Plena*, v. 18, n. 7, 2022.

NASCIMENTO, Daniel Bezerra do et al. Ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio em ecossistemas de pastagem. *Ciência Animal Brasileira*, v. 25, p. e-76743, 2024.

OLIVEIRA, Mauro Wagner et al. Dry matter and protein accumulation as a function of nitrogen fertilization in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (*Urochloa brizantha*). *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 12, n. 1, p. 10-18, 2022.

PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 11. ed. Piracicaba: Nobel, 1985. 466 p.

PIOVESAN, Arthur Serena; GAI, Vivian Fernanda. Rendimento de pastagem do capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de adubação nitrogenada. *Revista Cultivando o Saber*, p. 134-146, 2023.

SANTOS, A. E. N. dos et al. Indicadores de fertilidade do solo na separação de níveis de degradação de pastagens em Valença-RJ. In: SEMINÁRIO PIBIC EMBRAPA SOLOS, 2021–2024, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2025. p. 46-49.

SANTOS, Kelly Dias dos. *Uso de fertilizantes nitrogenados em pastagens*. 2022. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Federal do

Tocantins, Campus de Araguaína, Araguaína, 2022.

SILVA, Everthon Augusto Ferreira Silvestre da; RIBEIRO, Nathália da Silva. *A relação de dependência do agronegócio brasileiro com a importação de ureia*. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Comércio Exterior) – Faculdade de Tecnologia de Praia Grande, Praia Grande, 2024.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

TOLEDO, Carla Neves et al. Alelopatia de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em bactérias promotoras do crescimento vegetal. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 3, p. e3311326287-e3311326287, 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar). *Planilha eletrônica para análise de variância e teste de Tukey*. São Carlos: UFSCar, 2026.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. cap. 14, p. 367–382.