

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO CURRICULAR EM PESQUISA E EXTENSÃO DO  
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO” – FACULDADES DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E  
VETERINÁRIAS – UNESP FCAV.**

Carlos Eduardo Lima

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTRATÉGIAS DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM  
UTILIZANDO FERTILIZANTES NITROGENADOS E BACTÉRIAS FIXADORAS DE  
NITROGÊNIO**

**Carlos Eduardo Lima**

**Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis  
Orientador**

**Trabalho apresentado à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP,  
Câmpus de Jaboticabal, para graduação  
em MEDICINA VETERINÁRIA.**

**Jaboticabal - SP**

**1/2025**

L732e

Lima, Carlos Eduardo

Estratégias de intensificação da produção de forragem Utilizando fertilizantes nitrogenados e bactérias fixadoras de Nitrogênio / Carlos Eduardo Lima. -- Jaboticabal, 2025

65 p. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Ricardo Andrade Reis

1. Forragicultura. 2. Pastagens. 3. Nutrição animal. I. Título.

CARLOS EDUARDO LIMA

**ESTRATÉGIAS DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM  
UTILIZANDO FERTILIZANTES NITROGENADOS E BACTÉRIAS FIXADORAS  
DE NITROGÊNIO**

Relatório de Estágio em Pesquisa e Extensão apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Medicina Veterinária.

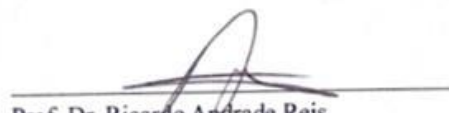
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis  
Coorientador (se houver): Bruno Carneiro e Pedreira

Área de Concentração: **FORRAGICULTURA E PASTAGENS, NUTRIÇÃO ANIMAL**

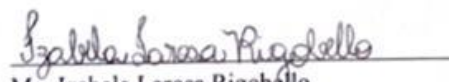
Data da defesa: 04/04/2025

Aprovado  
 Reprovado

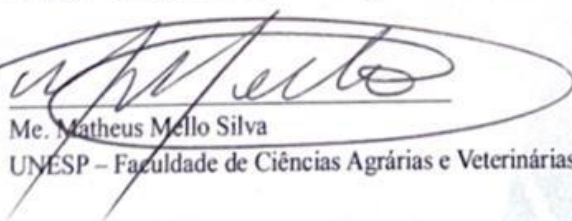
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis  
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal



Me. Izabela Larosa Rigobello  
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal



Me. Matheus Mello Silva  
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: **04 / 04 / 2025**



Prof. Dr. José Maurício Barbanti Duarte  
Chefe do Departamento

## Sumário

1. CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA.....	6
<b>CAPÍTULO 2 – ESTRATÉGIA DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM UTILIZANDO FONTES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS RESUMO .....</b>	<b>11</b>
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	12
2. OBJETIVOS.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Caracterização da área e local .....	15
3.2. Delineamento experimental.....	16
3.3. Fertilização do solo .....	16
3.4. Manejo do pasto e dos animais .....	19
3.5. Parâmetros meteorológicos .....	20
3.6. Variáveis estudadas .....	22
3.6.1. Massa e oferta de forragem e composição morfológica .....	22
3.6.2. Desempenho animal .....	23
4. ANÁLISE DE DADOS .....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
5.1. PRIMEIRO ANO (2020-2021).....	24
5.1.1. Massa e oferta de forragem e composição morfológica.....	24
5.1.2. Desempenho animal .....	26
5.2.SEGUNDO ANO (2022-2023) .....	28
5.2.1. Massa e oferta de forragem e composição morfológica.....	28
5.2.2. Desempenho Animal.....	31
5.3. TERCEIRO ANO (2023-2024).....	34
5.3.1. Massa e oferta de forragem e composição morfológica.....	34
5.3.2. Desempenho animal .....	36
6. CONCLUSÃO .....	39
REFERÊNCIAS.....	40
<b>CAPÍTULO 3 – BOLSA ESTÁGIO PESQUISA EXTERIOR – BEPE FAPESP .....</b>	<b>45</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>45</b>
1. Introdução e justificativa.....	47
2. Hipóteses e objetivos .....	48
3. Materiais e métodos.....	48
3.1. Material biológico .....	48
3.2. Experimentos em casa de vegetação .....	49
3.2.1. Local de estudo.....	49

3.2.2.	Experimento 1 – Diferentes métodos de inoculação com PGPB .....	49
3.2.3.	Experimento 2 – Associação entre PGPB e Doses de Nitrogênio.....	49
3.2.4.	Colheita e análise estrutural das plantas .....	50
3.3.	Experimento de campo - Associação entre PGPB e Doses de Nitrogênio .....	50
3.3.1.	Local de estudo.....	50
3.3.2.	Delineamento experimental, tratamentos e avaliação de campo .....	50
3.4.	Análise do valor nutritivo .....	51
3.5.	Análise de dados .....	51
4.	Resultados e Discussão.....	52
4.1.	Experimento em casa de vegetação 1 – PGPB em diferentes métodos de inoculação .....	52
4.2.	Experimento em casa de vegetação 2 – Associação entre PGPB e doses de Nitrogênio.....	53
4.3.	Experimento de campo – Associação entre BPCP e doses de Nitrogênio.....	55
5.	Conclusão .....	59
	Referências .....	59

## **1. CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1. SETOR PECUÁRIO BRASILEIRO**

A pecuária exerce um papel essencial na economia do Brasil, representando 22% do PIB nacional em 2024 (CEPEA, 2024), com um rebanho estimado em 197,2 milhões de cabeças (ABIEC, 2024). O sistema predominante de criação bovina no país é desenvolvido em pastagens, o que engloba cerca de 84% do rebanho e aproximadamente 161 milhões de hectares do território nacional (ABIEC, 2024). No entanto, a má gestão dessas áreas, especialmente a ausência de reposição de nutrientes no solo, pode resultar em degradação, redução da produtividade da forragem, deterioração da qualidade do solo e aumento da emissão de gases de efeito estufa.

Em comparativo com os anos anteriores, a área destinada a pastagem foi reduzida, entretanto a produtividade de carne nessas áreas aumentou para 65,8 quilos de carcaça por hectare (ABIEC, 2024).

A melhora na eficiência produtiva dos sistemas de pecuária está relacionada a fatores como a capacidade de suporte da pastagem, a composição do pasto, incluindo a proporção entre folhas, colmos e material morto, e a estabilidade da cobertura vegetal, onde o desempenho dos animais está diretamente associado a esses fatores e à qualidade da forragem ingerida, tornando-se um aspecto fundamental na avaliação do sistema produtivo (GOMIDE et al., 2001). Para aprimorar essa qualidade, diversas estratégias podem ser implementadas, como o uso de forrageiras de alto potencial produtivo, fertilização do solo, suplementação com subprodutos não consumidos por humanos, emprego de aditivos naturais como taninos condensados e melhoramento genético (CARDOSO et al., 2016; SINISCALCHI et al., 2022).

Atualmente, a lotação média das pastagens no Brasil é de aproximadamente 0,93 UA/ha (ABIEC, 2024). Contudo, esse índice pode ser elevado com a adoção de estratégias, como a adubação nitrogenada associada a outras boas práticas de manejo como o controle por altura e ajuste da taxa de lotação (FONSECA et al., 2022).

### **1.2. ESTRATÉGIAS DE INTENSIFICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FORRAGEM**

A adubação nitrogenada tem papel fundamental nesse processo, pois interfere diretamente nas características morfológicas da forragem, promovendo o aumento da

taxa de emissão e do alongamento foliar, além de melhorar a produtividade da pastagem (SILVA et al., 2013).

Os principais fertilizantes nitrogenados utilizados na produção pecuária brasileira são ureia (44 a 46% de N), nitrato de amônio (32 a 33% de N) e sulfato de amônio (20 a 21% de N) (COSTA et al., 2006; GUELFÍ, 2017).

A ureia ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), que é a fonte de fertilizante nitrogenado mais utilizado no mundo, depende da presença de água para ser transformada em amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e absorvida pela planta, evitando assim perdas de nitrogênio por volatilização. Em condições inadequadas de umidade, como períodos de seca, essas perdas podem alcançar até 47% do nitrogênio aplicado (CASSIMIRO et al., 2020; CORRÊA et al., 2021).

O sulfato de amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  apresenta além do nitrogênio, 24% de enxofre, tornando-se uma opção viável para solos com deficiência desse elemento. A combinação de nitrogênio e enxofre favorece o perfilhamento da gramínea, promovendo maior rebrota (BATISTA & MONTEIRO, 2006). Estudos indicam que o número de perfilho tende a aumentar proporcionalmente à quantidade de sulfato de amônio aplicada (CABRAL et al., 2016).

As perdas de nitrogênio por volatilização com o uso de sulfato de amônio são significativamente menores, variando entre 2% e 7% do total aplicado (CARDOSO et al., 2020; CORRÊA et al., 2021). Isso ocorre porque o nitrogênio presente nesse fertilizante já está na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), facilitando sua absorção direta pela planta sem que haja necessidade de conversões no solo (BONO et al., 2019). No entanto, o custo do sulfato de amônio tende a ser mais alto quando comparado com ureia, o que pode tornar economicamente inviável a sua utilização.

O nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) é outra fonte de fertilizante amplamente utilizada devido à sua rápida absorção, pois fornece nitrogênio tanto na forma amoniacal quanto nítrica (SIMPLICIO et al., 2021). Pesquisas apontam que as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  resultantes da aplicação desse fertilizante em pastagens de *Urochloa brizantha* são menores do que os valores estimados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) devido ao maior aproveitamento por parte da planta e menores perdas ao ambiente, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais desses sistemas produtivos (CARVALHO et al., 2020; ONGARATTO et al., 2023).

Embora os fertilizantes minerais sejam essenciais para manter a produtividade das pastagens, o custo adicional e a contribuição para emissões de gases de efeito estufa tornam necessária a busca por alternativas sustentáveis. Nesse contexto, as bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) surgem como uma alternativa viável para otimizar o desempenho da forragem e reduzir a dependência de fertilizantes sintéticos (FUKAMI et al., 2018).

Essas bactérias atuam de diversas formas, como na fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fósforo, produção de fitormônios e outras substâncias que favorecem o desenvolvimento vegetal (MARIANO et al., 2013; HUNGRIA et al., 2010, 2016; FUKAMI et al., 2018). Dessa forma, o uso de BPCP pode contribuir para sistemas mais sustentáveis, reduzindo o impacto ambiental e promovendo maior eficiência produtiva das pastagens brasileiras.

### **1.3. EFEITO DA FERTILIZAÇÃO NITROGENADA SOBRE A PRODUTIVIDADE EM PASTAGENS**

A aplicação de N na forragem, proporciona aumento nos teores de proteína bruta (DELEVATTI et al., 2019; LEITE et al., 2021), auxiliando na produtividade das pastagens e suprimento da exigência mínima de proteína bruta da dieta requerida por bovinos (6,0 a 7,0% da MS da dieta). Esse fator é extremamente relevante para que ocorra a degradação da fração fibrosa da forragem de maneira eficiente (REIS et al., 2017).

Segundo Delevatti et al. (2019), o incremento nas doses de fertilizantes nitrogenados resultou em maior produtividade, taxa de acúmulo, disponibilidade e valor nutritivo da forragem, possibilitando, assim, a melhora do desempenho animal e o aumento do ganho por área. O estudo revelou um crescimento linear na disponibilidade de forragem quando foram aplicadas doses de 0 a 270 kg de N ha<sup>-1</sup>, em comparação ao tratamento sem adubação nitrogenada. Além disso, a adubação intensificada melhorou a qualidade da forragem, reduzindo as frações indigestíveis da fibra, aumentando o consumo e promovendo maior ganho de peso por animal.

A descrição de morfogênese, que corresponde a mudanças estruturais que acontece na planta, é realizada a partir de algumas características, como taxa de aparecimento foliar, taxa de alongamento foliar e tempo de vida da folha. Quando combinadas essas variáveis morfogênicas, se determinam três características

estruturais: tamanho foliar, densidade de perfilho e número de folhas verdes por perfilho, que propiciam a determinação do índice de área foliar (CARDOSO et al., 2020), logo a utilização de fertilizantes nitrogenados influencia nas características morfogênicas da forragem, alterando positivamente as taxas de emissões e de alongamento foliar (SILVA et al., 2013) e a produção por área.

Fonseca et al. (2022) encontraram resultados como o aumento da fração de proteína verdadeira e da eficiência de utilização de N pela planta, além de maior eficiência de uso de N pelos animais, melhorando a qualidade do capim como resultando da utilização dos nutrientes disponíveis para planta.

Delevatti et al., (2019), observaram que as taxas de lotação quase dobraram quando compararam sistemas sem adubação nitrogenada com sistemas que receberam 270 kg de N por hectare, passando de 3,37 para 6,55 unidades de animal por hectare. Além disso, houve um aumento significativo na proteína bruta do capim, que subiu de 11% para 17%, e níveis de FDN menor para todos os tratamentos. Sendo assim, é possível aumentar o número de animais na unidade de área, devido à capacidade nutricional que a forragem possui, mediante à melhora nas suas características químicas e físicas.

#### **1.4.EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS SOBRE A PRODUTIVIDADE EM PASTAGENS**

*Azospirillum spp.* é um gênero de bactéria de vida livre capaz e fixar o N atmosférico, demonstrando potencial significativo para ser utilizado como fonte de N em gramíneas (MULLER et al., 2016), possuindo uma boa adaptação à rizosfera por conta da baixa demanda de energia para competir e sobreviver (PEDREIRA et al., 2017).

As bactérias promotoras do crescimento de plantas, como *Azospirillum brasilense*, modificam as características estruturais de forrageiras como capim-marandu, com efeito positivo na altura das plantas, número de folhas e massa de raiz (GUIMARÃES et al., 2011). Além disso, a produção de massa de forragem é aumentada em 24% quando essas bactérias são associadas com fertilizantes

nitrogenados, comparado somente com a fertilização utilizando N (HUNGRIA et al., 2016).

O aumento de N disponível para a planta, junto com a disponibilidade maior de folhas para animais em pastejo, tem como consequência a melhora no desempenho animal, taxa de lotação e produtividade por área, devido ao acesso a frações solúveis da planta (A + B1 + B2), melhorando a qualidade da forragem consumida (LEITE et al., 2021; DELEVATTI et al., 2019).

## **CAPÍTULO 2 – ESTRATÉGIA DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM UTILIZANDO FONTES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS**

### **RESUMO**

O Brasil detém o maior rebanho comercial mundial de bovinos com 202,78 milhões de cabeças e uma extensão de 153,79 milhões ha de pasto, porém o manejo inadequado e muitas vezes ineficiente, resulta na baixa produtividade da forrageira que tem influência direta no desempenho animal. A fertilização nitrogenada é uma das alternativas que melhora a qualidade e quantidade da forragem, e a disponibilização do nitrogênio para planta varia conforme a fonte utilizada, afetando a produtividade. O presente estudo visa avaliar a produtividade da pastagem de capim marandu, avaliando os efeitos de diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados nas produções de forragem, de animais e por área de pastagens. O estudo foi conduzido na UNESP/FCAV- Campus de Jaboticabal-SP, avaliando 3 períodos de chuvas entre 2020 e 2024, correspondente a fase de recria de animais mantidos em pastos de capim marandu manejado nas alturas entre 25 a 30 cm, em sistema de lotação contínua e taxa de lotação variável. Foram utilizados 48 animais *testers*, machos não castrados da raça Nelore (*Bos taurus indicus*) com peso corporal médio de aproximadamente 280 kg. No estudo foram avaliados quatro tratamentos, sendo: 1 – sem uso de fertilizante nitrogenado (CON); 2 – adubação com ureia (UR); 3 – adubação com sulfato de amônio (SA); 4 – adubação com nitrato de amônio (NI). Foram utilizados 12 piquetes, 3 repetições (piquetes) por tratamento, para mensuração da massa de forragem, oferta de forragem, composição morfológica dos pastos e desempenho animal. O ganho médio diário dos animais foi influenciado pelo uso de fertilizantes somente no terceiro ano experimental, onde o tratamento com Nitrato de amônio foi maior que o tratamento controle ( $p = 0,03$ ), entretanto não diferiu dos demais tratamentos nitrogenados. A taxa de lotação foi maior nos tratamentos com uso de fertilizantes nitrogenados, quando comparados com o tratamento sem uso de fertilizante, porém, não diferiram entre si nos três anos de estudo realizado ( $p = 0,05$ ;  $p = 0,006$ ;  $p < 0,001$ ).

Palavras-chave: fertilização nitrogenada, massa de forragem, desempenho animal.

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O setor pecuário brasileiro apresenta grande importância no PIB nacional, representando 22% de sua totalidade em 2024, somando R\$ 759,82 bilhões (CEPEA, 2024), com um rebanho de 197,2 milhões de cabeças (ABIEC, 2024). A principal forma de produção de bovinos no Brasil é através do uso pastagens, representando aproximadamente 82% do rebanho brasileiro (ABIEC, 2024) e totalizam cerca de 161 milhões de hectares do território nacional (ABIEC, 2024). Entretanto, o mau uso dessas áreas e com manejo inadequado, envolvendo a falta de reposição de nutrientes do solo, resulta em baixa produtividade de forragem, degradação do solo e aumento nas emissões de gases efeito estufa (ONGARATTO et al., 2023; CORRÊA et al., 2021; CARDOSO et al., 2020).

A capacidade de suporte da pastagem, a composição botânica dos pastos (folha, colmo e material morto) e a estabilidade da cobertura vegetal são aspectos que se destacam na avaliação de produção animal por hectare. O desempenho animal é um aspecto qualitativo do estudo por refletir o valor nutritivo da forragem consumida, ou seja, a qualidade da forragem (GOMIDE et al., 2001), que pode ser melhorado através da otimização de técnicas como utilização de forrageiras com elevado potencial produtivo, adubação das pastagens, suplementação animal a partir da utilização de subprodutos não consumidos por humanos, fornecimento de produtos fitogênicos, como os taninos condensado e melhoramento genético (CARDOSO et al., 2016; SINISCALCHI et al., 2022).

A taxa de lotação média brasileira nas áreas de pastagens atualmente é de aproximadamente 0,93 UA/ha (ABIEC, 2024), valores que podem ser melhorados através do uso de tecnologias como a adubação nitrogenada associada ao manejo das pastagens (FONSECA et al., 2022).

A descrição de morfogênese corresponde as mudanças estruturais que acontecem na planta, e abrange alguns aspectos durante o desenvolvimento da planta, como taxa de aparecimento foliar, taxa de alongamento foliar e tempo de vida da folha (CARDOSO et al., 2020). Quando combinadas essas variáveis morfogênicas, se determinam três características estruturais: tamanho foliar, densidade de perfilho e número de folhas verdes por perfilho, que propiciam a determinação do índice de área foliar (CARDOSO et al., 2020), logo a utilização de fertilizantes nitrogenados influencia

nas características morfogênicas da forragem, alterando positivamente as taxas de emissões e de alongamento foliar (SILVA et al., 2013) e a produção por área.

Melhoras no valor nutritivo da forragem a partir da utilização de tecnologias, como a fertilização nitrogenada, foram relatadas no trabalho de Leite et al., (2021), onde verificaram que com aumento das doses de N aplicados na forragem, foi possível diminuir a fração indigestível da proteína da planta (fração C) e aumentar a quantidade de proteína solúvel (Frações A + B1 + B2).

Delevatti et al. (2019) verificaram que o aumento das doses de fertilizantes nitrogenados melhorou a produtividade, a taxa de acúmulo, a disponibilidade e o valor nutritivo da forragem, e conseqüentemente, o desempenho animal e o ganho por área podem ser aumentados. Nesse estudo, foram observados aumentos lineares da disponibilidade de forragem quando foram feitas adubações de 0 a 270 kg de N ha<sup>-1</sup> em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada. Além disso, o aumento da adubação nitrogenada também proporcionou melhorias na qualidade da forragem, diminuindo as proporções indigestíveis da fibra, aumento do consumo e no ganho de peso por animal.

Os fertilizantes nitrogenados mais utilizados no Brasil são a ureia (44 a 46% N), o nitrato de amônio (32 a 33% N) e o sulfato de amônio (20 a 21% N) (COSTA et al., 2006; GUELFY, 2017), podendo proporcionar diferentes resultados quando aplicados em pastagens, devido a maneira em que cada fertilizante disponibiliza o nutriente no solo mediante aos fatores climáticos apresentados pelo ambiente.

A ureia (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O) é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no mundo. Esse fertilizante é derivado da junção de amônia (NH<sub>3</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sendo uma fonte de nutrientes que atende a necessidade de N das plantas (GUELFY, 2017). Por apresentar alta proporção de N e estar disponibilizada na forma amídica, é necessário que haja a presença de água e ocorra a ação da enzima urease, para hidrólise e formação de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (GUELFY, 2017). Porém a falta de umidade advindas, por exemplo, da ausência de chuvas, pode resultar em perdas de N por volatilização (REETZ, 2016). Estudiosos verificaram perdas por volatilização de 47% do N aplicado na forma de ureia convencional no capim marandu e valores próximos de 45% aplicando 270 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> uma única vez (CASSIMIRO et al., 2020; CORRÊA et al., 2021).

O sulfato de amônio ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) contém 24% de enxofre (S) em sua composição, tornando-se uma alternativa adequada, quando a disponibilidade de S na pastagem é baixa. A combinação de S e N advindos do fertilizante melhora o perfilhamento de gramíneas forrageiras, apresentando resultados positivos na rebrota de capim marandu (BATISTA & MONTEIRO, 2006). Cabral et al., (2016) verificaram que o número de perfilhos do capim marandu aumentou gradativamente conforme a aplicação de Sulfato de amônio.

Segundo Cardoso et al., (2020); Corrêa et al. (2021), os valores de N perdidos por volatilização de amônia do Sulfato de amônio é de 2 a 7% sendo um valor muito menor, quando comparado à Ureia. Esse fato ocorre devido ao nitrogênio presente no sulfato de amônio ser disponibilizado na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) e não precisar sofrer reações no solo para ser absorvido pela planta (BONO et al., 2019). Entretanto, o custo da adubação com sulfato de amônio é mais elevado do que quando comparado com o da ureia, podendo limitar o uso pelos pecuaristas.

O nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) está prontamente disponível para a absorção das plantas, pois disponibiliza o N na forma amoniacal e nítrica, com isso pode ser absorvido mais rapidamente. Carvalho et al., (2020) e Ongaratto et al., (2023) verificaram que as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  decorrentes da utilização com nitrato de amônio como fertilizante nitrogenado em pastagem *Urochloa brizantha* são menores que o valor citado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), conseqüentemente, há um menor impacto ambiental negativo quando utilizado este fertilizante para aumentar a capacidade produtiva das pastagens.

Manejos inadequados, como o não fracionamento das doses de fertilizantes ou adubação excessiva, também podem causar impactos ambientais negativos, como a emissão de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) a partir da reação de nitrificação e desnitrificação na presença de  $\text{NH}_4^+$ , proveniente da utilização de outras fontes nitrogenadas (RAPOSO et al., 2020; CARDOSO et al., 2020; CASSIMIRO et al., 2020). Logo, o parcelamento das doses de fertilizantes nitrogenados é uma alternativa para diminuir essas perdas (TIMILSENA et al., 2015).

A aplicação de N na forragem, proporciona aumento nos teores de proteína bruta (DELEVATTI et al., 2019; LEITE et al., 2021), auxiliando na produtividade das pastagens e suprimento da exigência mínima de proteína bruta da dieta requerida por bovinos (6,0 a 7,0% da MS da dieta). Esse fator é extremamente relevante para que

ocorra a degradação da fração fibrosa da forragem de maneira eficiente (REIS et al., 2017).

Entretanto, o excesso de nitrogênio no organismo dos ruminantes, advindo das altas quantidades de N solúvel na forragem, requer a transformação da amônia em Ureia a qual é excretada na urina. Esse processo gera perdas energéticas dos animais, resultando em um impacto negativo no desempenho e, conseqüentemente nos rendimentos econômicos, além das emissões de gases do efeito estufa decorrente, principalmente das perdas via urina.

Estudos sobre a influência de diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados em pastagens de clima tropical em relação à produção de massa de forragem e desempenho animal simultaneamente são escassos, logo, o presente estudo é de fundamental importância para verificar as interações que podem ocorrer entre estas variáveis, tendo como desafio verificar a produtividade do sistema de produção de bovinos de corte.

A hipótese do presente estudo foi que os tratamentos de sulfato e nitrato de amônio, proporcionaram maior produtividade de forragem e conseqüentemente maior desempenho animal em comparação com a ureia, quando submetidos aos mesmos métodos de aplicação, devido aos fatores intrínsecos de cada fertilizante.

## **2. OBJETIVOS**

Verificar características quantitativas e morfogênicas de capim marandu adubados com diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados: massa de forragem, proporção de folhas, colmos e material morto e taxa de acúmulo de forragem e por conseguinte, desempenho animal, ganho por área e taxa de lotação relacionadas aos tratamentos avaliados.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Caracterização da área e local**

O experimento foi conduzido no setor de Forragicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/FCAV, Campus de Jaboticabal - SP, com localização a 21 ° 14' S e 48 ° 17' O, a 628 m de altitude, possuindo uma precipitação anual média de 1424 mm e temperaturas anuais mínima e máxima de 16,9° C e 26,3°

C respectivamente, e uma temperatura média de 22,3° C. O clima da região possui uma estação chuvosa (setembro a abril) e uma estação seca (maio a agosto), sendo classificado segundo sistema de Köppen do tipo Aw (ALVARES et al., 2013). O tipo de solo da área experimental foi classificado por Andrioli e Centurion (1999) como Latossolo vermelho escuro eutrófico a moderado textura argilosa, com relevo suave ondulado (LE 1).

A condução do estudo ocorreu durante a fase de recria dos tourinhos nelores de dezembro de 2020 a março de 2021, dezembro de 2022 a março de 2023 e de dezembro de 2023 a março de 2024 abrangendo a fase de recria de novos animais.

O experimento foi realizado em uma área formada com o capim *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. rich) Stapf cv. Marandu, dividida em 12 piquetes experimentais totalizando 9,6 ha, além de 1 piquete reserva de 1 ha.

### **3.2. Delineamento experimental**

Os tratamentos foram compostos da seguinte forma: 1 – sem uso de fertilizante nitrogenado (CON); 2 – adubação com ureia (UR); 3 – adubação com sulfato de amônio (SA); 4 – adubação com nitrato de amônio (NI). Os fertilizantes foram aplicados, divididos em três parcelas iguais do durante o período de avaliação.

O experimento foi conduzido de acordo com o delineamento em blocos casualizados (DBC), constituídos por 4 tratamentos e 3 repetições (piquetes), totalizando 12 unidades experimentais.

As avaliações foram subdivididas em três períodos de 28 dias após 15 dias de adaptação dos animais, totalizando três períodos e 84 dias experimentais.

### **3.3. Fertilização do solo**

Foi realizada adubação da área experimental no ano anterior (de dezembro de 2019 a abril de 2020) ao início do experimento com os mesmos tratamentos a serem avaliados. As análises de solo de cada piquete foram realizadas anteriormente ao início do estudo, nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm e estão disponíveis nas Tabela 1 e 2.

Tabela 1. Análise química do solo da camada de 0 a 20 cm de cada piquete e seus respectivos tratamentos

Trat.	P resina	MO	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>					mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			%
CON	30	31	5	4.1	28	11	30	43	73	59
CON	48	40	5.3	3.1	35	15	31	53	84	63
CON	52	38	5.1	3	32	12	31	47	78	60
UR	33	32	4.9	3.5	25	10	33	39	72	53
UR	23	36	5.3	3.3	29	17	28	49	77	64
UR	41	32	4.9	2.8	26	12	34	41	75	55
SA	24	32	4.8	4.7	25	10	35	40	75	53
SA	21	33	4.6	3.2	21	9	40	33	73	46
SA	37	28	5	3	26	10	27	39	66	59
NI	26	35	4.8	5.1	29	10	41	44	85	52
NI	31	27	4.8	1.9	23	9	31	34	65	52
NI	39	39	5.2	4.7	32	16	30	53	82	64

CON: tratamento controle, sem adição de fertilizante nitrogenado; UR: tratamento adubado com ureia; SA: tratamento adubado com sulfato de amônio; NI: tratamento adubado com nitrato de amônio. Camada 0 a 20 cm. P resina = fósforo extraído do solo por resina trocadora de íons ( $\text{mg dm}^{-3} = \mu\text{g/cm}^3$ ), MO = matéria orgânica ( $\text{g dm}^{-3} = \%$ , com base em volume de solo x10), pH em CaCl<sub>2</sub> = pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> = respectivamente potássio, cálcio e magnésio trocáveis, ( $\text{mmol}_c/\text{dm}^3 = \text{cmol}_c/\text{dm}^3 \times 10$ ), H+Al = acidez potencial ou total ( $\text{mmol}_c/\text{dm}^3 = \text{cmol}_c/\text{dm}^3 \times 10$ ), SB = soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup>), CTC = capacidade de troca de cátions, ou SB + (H+Al), V = índice de saturação por bases ou  $V = 100\text{SB}/\text{CTC}$ .

Tabela 2. Análise química do solo da camada de 20 a 40 cm de cada piquete e seus respectivos tratamentos

Trat.	P resina	MO	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>				mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				%
CON	15	21	5.3	4.4	25	10	25	39	64	61
CON	10	20	4.9	2.6	20	10	29	33	62	53
CON	17	22	4.7	3.8	15	6	33	25	58	43
UR	18	22	4.7	3.7	24	11	36	39	75	52
UR	22	24	5.2	3.0	30	18	26	51	77	66
UR	18	25	4.7	3.4	19	7	33	29	62	47
SA	9	23	4.8	1.0	22	8	31	31	62	50
SA	13	22	4.6	2.3	18	6	36	26	62	42
SA	13	23	4.9	1.7	24	8	29	34	63	54
NI	10	24	4.9	2.9	22	8	29	33	62	53
NI	25	26	4.7	2.6	25	8	34	36	70	51
NI	10	24	4.9	2.0	19	7	31	28	59	47

CON: tratamento controle, sem adição de fertilizante nitrogenado; UR: tratamento adubado com ureia; SA: tratamento adubado com sulfato de amônio; NI: tratamento adubado com nitrato de amônio. Camada 20 a 40 cm. P resina = fósforo extraído do solo por resina trocadora de íons ( $\text{mg dm}^{-3} = \mu\text{g/cm}^3$ ), MO = matéria orgânica ( $\text{g dm}^{-3} = \%$ , com base em volume de solo x10), pH em CaCl<sub>2</sub> = pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> = respectivamente potássio, cálcio e magnésio trocáveis, ( $\text{mmol}_c/\text{dm}^3 = \text{cmol}_c/\text{dm}^3 \times 10$ ), H+Al = acidez potencial ou total ( $\text{mmol}_c/\text{dm}^3 = \text{cmol}_c/\text{dm}^3 \times 10$ ), SB = soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup>), CTC = capacidade de troca de cátions, ou SB + (H+Al), V = índice de saturação por bases ou  $V = 100\text{SB}/\text{CTC}$ .

A fertilização nitrogenada foi realizada na estação chuvosa durante os períodos de dezembro de 2020 a abril de 2021, dezembro de 2022 a abril de 2023, dezembro de 2023 a abril de 2024, utilizando: ureia, nitrato de amônio e sulfato de amônio fornecendo a mesma dosagem de nitrogênio, divididas em três aplicações de 50 kg N ha<sup>-1</sup>, totalizando 150 kg N ha<sup>-1</sup>.

A primeira fertilização ocorreu em dezembro de 2020, logo após o pastejo de uniformização e as demais fertilizações foram realizadas a cada 35 a 45 dias.

Nos tratamentos foram utilizadas as mesmas quantidades de N, P, K e S, com o objetivo de evitar interações entre os nutrientes decorrentes do uso de cada fertilizante avaliado.

Foram utilizados fertilizantes comerciais 0-20-20 para as adubações de P e K, de acordo com as análises de solo e recomendações do Boletim Técnico 100 (VAN RAIJ et al., 1997). Com o objetivo de igualar as quantidades de N e S fornecidas em cada tratamento, as seguintes observações foram consideradas:

A composição do sulfato de amônio possui 20% de N, logo para fornecer 150 kg de N ha<sup>-1</sup>, foi utilizado 750 kg de sulfato de amônio ha<sup>-1</sup>, que também forneceu 180 kg de S ha<sup>-1</sup>, com isso, foi utilizado o gesso agrícola para igualar a quantidade de S dos demais tratamentos.

A composição do gesso agrícola possui 15% de S, logo, nos piquetes nos quais foram utilizados ureia e nitrato de amônio como tratamento e os piquetes sem fertilização nitrogenada, foi aplicado 1200 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola, com o propósito de igualar o fornecimento de S em todos os tratamentos antes do início dos períodos experimentais.

A ureia e nitrato de amônio possuem 45% e 33% de N em sua composição, respectivamente, portanto, para fornecer 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, foram utilizados 333 kg ha<sup>-1</sup> de ureia e 450 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato de amônio nos seus respectivos piquetes.

### **3.4. Manejo do pasto e dos animais**

Os pastos foram manejados em sistema de lotação contínua e taxa de lotação variável, adotando-se a altura de 25 cm a 30 cm. Barbero et al. (2015) e Koscheck et al. (2020) observaram que este sistema de pastejo permitiu a melhor qualidade da forragem e maior persistência dos pastos.

Foram utilizados 48 machos da raça Nelore (*Bos taurus indicus*) em cada ano experimental, com peso corporal (PC) inicial médio de aproximadamente 280 kg, utilizados como “testers”, permanecendo nos piquetes durante todo o período experimental e os outros animais, reguladores, foram utilizados para regular a altura do pasto em 25 a 30 cm de altura, a partir da técnica “put and take” (MOTT & LUCAS, 1952).

O ajuste de taxa de lotação foi em função das alturas pré-estabelecidas de forma que em todos os piquetes, havia no mínimo quatro animais *testers* durante todo o período de avaliação. As alturas médias do dossel durante o período foram avaliadas a cada 7 dias, a partir da medição de 80 pontos aleatórios por piquete com auxílio de uma bengala graduada, para ajustar a lotação (HALLS, 1954; SANTOS et al., 2011).

### 3.5. Parâmetros meteorológicos

Os dados meteorológicos do período experimental foram obtidos no banco de dados da Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da UNESP – Campus de Jaboticabal, como demonstrado nas Figuras 1, 2 e 3 que representam os períodos experimentais dos 3 anos.

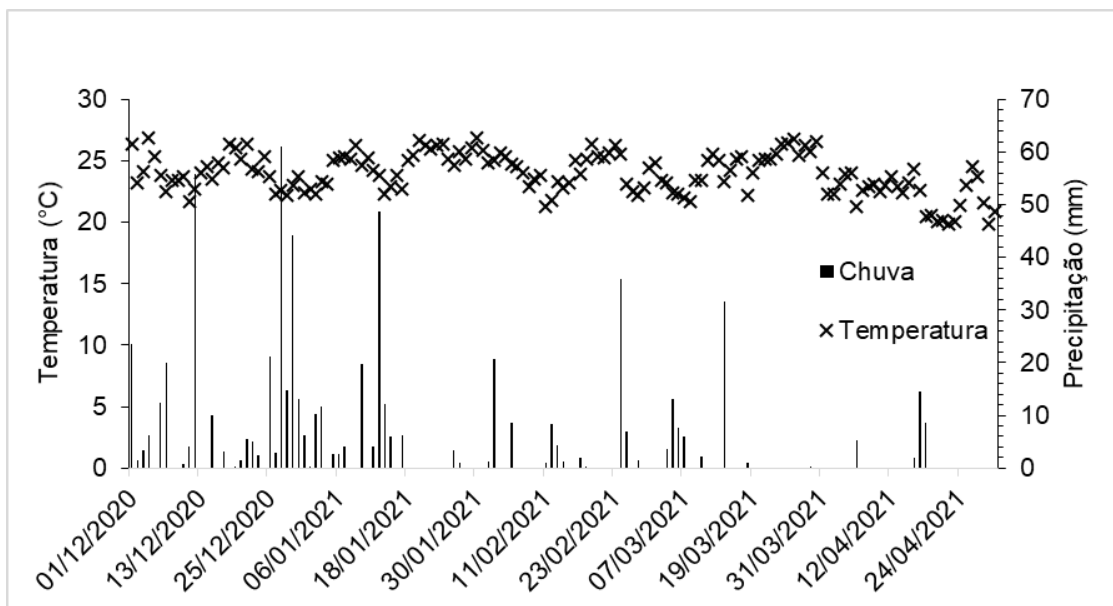


Figura 1. Dados climáticos do período experimental de dezembro de 2020 a abril de 2021.

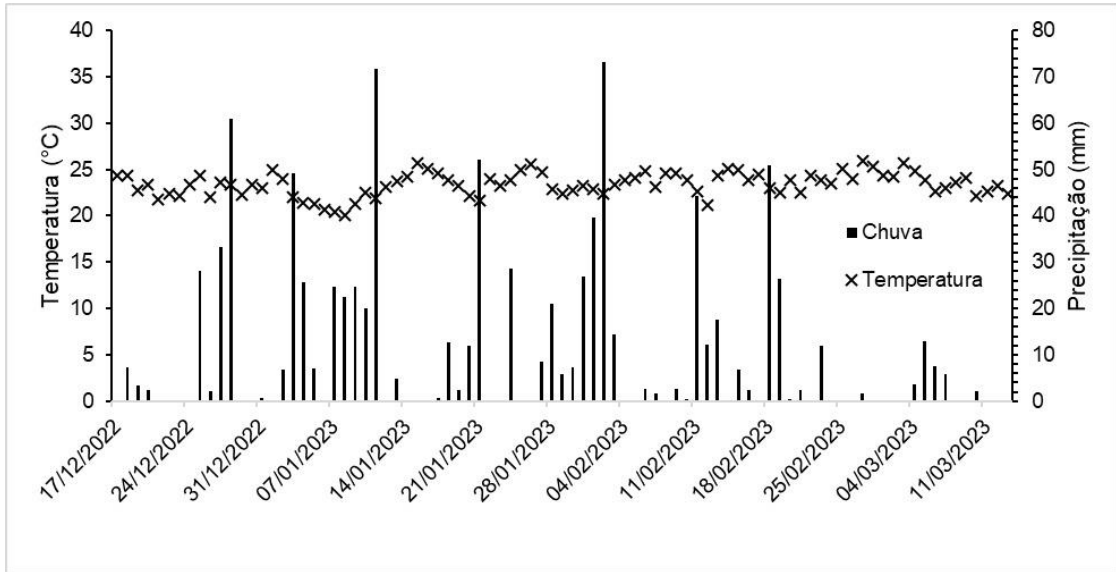


Figura 2. Dados climáticos do período experimental de dezembro de 2022 a março de 2023.

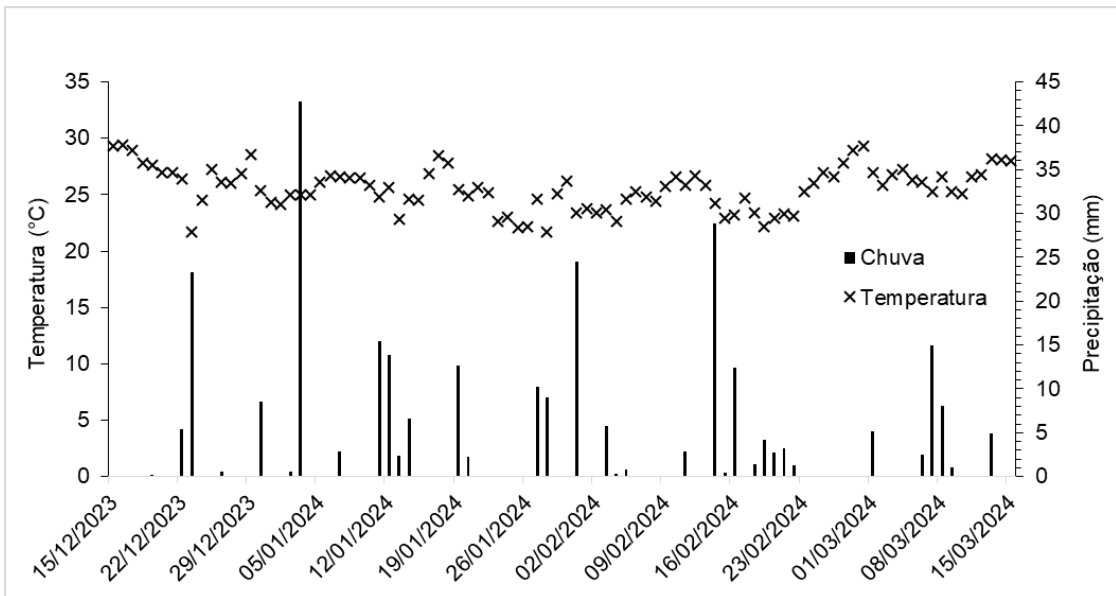


Figura 3. Dados climáticos do período experimental de dezembro de 2023 a março de 2024.

### **3.6. Variáveis estudadas**

#### **3.6.1. Massa e oferta de forragem e composição morfológica**

A cada 28 dias, a partir das alturas médias, foram coletadas quatro amostras representativas de cada piquete, mediante ao corte rente ao solo de toda forragem contida em uma moldura circular de 0,25 m<sup>2</sup>. Cada amostra de forragem foi subdividida em duas subamostras, onde uma foi utilizada para determinação do teor de matéria seca (MS) e outra para determinação da composição morfológica da forragem, fracionada manualmente em folhas verdes, colmo + bainha foliar e material morto. Posteriormente, todas as subamostras foram pesadas e secas em estufa com circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas e pesadas novamente para obtenção dos teores de MS e da composição morfológica da forragem. A massa de forragem total (MST) foi calculada com base na massa de MS dos componentes morfológicos (GIMENES et al., 2011).

A oferta de forragem (OF) foi calculada a partir da massa de forragem e da carga animal em cada piquete. A oferta de folhas verdes foi determinada pela multiplicação da oferta de forragem e o percentual de folhas do piquete previamente estimado. A densidade de forragem (DF) foi obtida pela razão entre a MF e a altura média do dossel forrageiro.

Para a estimativa da taxa de acúmulo de forragem (TAF), foram utilizadas seis gaiolas de exclusão de 1m<sup>2</sup> por tratamento. Mensalmente, as gaiolas foram alocadas em pontos representativos da altura média do dossel, com características semelhantes às áreas sob pastejo. A massa de forragem, dentro e fora da gaiola, foi obtida por corte ao nível do solo. Após cada corte, as gaiolas foram realocadas em outros pontos do piquete, seguindo a mesma metodologia. A TAF em kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS foi obtido pela diferença entre as massas de forragem dentro (corte atual) e fora (corte anterior) da gaiola, dividida pelo número de dias entre as amostragens.

### **3.6.2. Desempenho animal**

A avaliação do desempenho animal foi determinada a partir da pesagem dos animais *testers* no início e no final dos períodos experimentais, após jejum prévio alimentar e hídrico de 16 horas. Desta forma, o ganho médio diário foi calculado pela diferença entre o peso final e o inicial, dividido pelo número de dias experimentais.

Foram realizadas pesagens de todos os animais sem jejum a cada 28 para ajuste na taxa de lotação, monitoramento dos animais, aplicação de vermífugos e vacinas obrigatórias, caso necessário.

O ganho por área foi calculado com base nos ganhos médios individuais dos animais *testers* e o número de animais em cada piquete durante o período avaliado, considerando o número de animais por dia. Os animais usados como reguladores foram considerados nos cálculos para determinação da taxa de lotação e ganho por área considerando os dias de ocupação destes em cada piquete e ganho de peso dos animais *testers* (MOTT e LUCAS, 1952). O peso corporal total dos animais mantidos em cada piquete, em cada período determinado, permitiu determinar a taxa de lotação em unidades animal por hectare ( $450 \text{ kg PC ha}^{-1}$ ), a oferta de MS total e de folhas.

## **4. ANÁLISE DE DADOS**

Os dados foram integrados, utilizando o programa estatístico R (versão 4.4.3 (2025)). Eles foram submetidos a ANOVA após teste de normalidade (teste de Shapiro-wilk) e homocedasticidade (teste de Bartlett). A realização do teste de TukeyHSD ( $P > 0,05$ ) foi para distinguir diferenças entre as médias dos tratamentos quando a ANOVA for significativa.

Os piquetes foram determinados como unidade experimental (3 piquetes por tratamento) para análise das variáveis relacionadas à forragem, como valor nutritivo e estrutural, produção de massa, oferta de forragem e de folhas. Os animais *testers* foram utilizados para avaliar o desempenho animal.

As repetições (piquetes e animais) foram consideradas efeitos aleatórios, enquanto os tratamentos e períodos foram considerados efeitos fixos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. PRIMEIRO ANO (2020-2021)

#### 5.1.1. Massa e oferta de forragem e composição morfológica

Entre os tratamentos utilizados no experimento, somente os fertilizantes nitrogenados UR e NA proporcionaram diferença na produção de massa de forragem ao serem comparados com o tratamento CON, enquanto o tratamento SA não apresentou diferença quando comparado ao controle e as demais fontes de N (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de produção de massa e composição morfológica de *Urochloa brizantha* cv. Marandu adubados com fontes de nitrogênio no primeiro ano experimental.

Item <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>					P-valor
	CON	UR	SA	NI	EPM <sup>3</sup>	Trat
MF, t/MS há	6,28b	7,49a	7,28ab	7,77a	0,23	0,004
TAF (kg MS/dia)	74.27	103.31	124.25	106.06	0,11	0,424
OF (kg mS/kg PC)	4,95	4,77	4,43	5,06	0,27	0,923
Folha verde, % MS	21,40	26,5	25,20	25,90	0,76	0,058
Colmo, % MS	24,70	32,2	30,90	30,50	1,30	0,057
Material morto, % MS	53,9a	41,3b	43,9ab	43,6ab	1,87	0,015

Na linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>1</sup> CON: tratamento controle, sem adição de fertilizante nitrogenado; UR: tratamento adubado com ureia; SA: tratamento adubado com sulfato de amônio; NI: tratamento adubado com nitrato de amônio. <sup>2</sup>MF = Massa de forragem, TAF = Taxa de acúmulo de forragem; OF = Oferta e forragem. <sup>3</sup>EPM = Erro padrão da média.

A utilização de fertilizantes nitrogenados auxilia na recuperação de pastagens e desenvolvimento dos componentes morfológicos da planta, como aumento na proporção de folhas da forragem e efeito positivo nas características estruturais e produtivas (CARDOSO et al., 2020; SILVA et al., 2013). Esses autores relataram

maiores valores na produção de forragem ao realizarem a aplicação de Sulfato de amônio em comparação com a Ureia, ao contrário de nossos dados onde o Sulfato de amônio não proporcionou diferença quando comparado aos demais tratamentos nitrogenados (Tabela 3).

A disponibilidade de folhas e densidade de perfilho são aumentados conforme aumenta-se a dose de N aplicada (CARDOSO et al., 2020; SILVA et al. 2013), sendo associadas ao manejo estratégico de pastejo, aumentam a concentração de proteína solúvel na forragem melhorando a sua digestibilidade (LEITE et al., 2021). Entretanto, nesse estudo, os tratamentos com a fertilização nitrogenada, foram submetidos a mesma quantidade de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e a mesma estratégia de pastejo (95% IL, 25 cm de altura de dossel), a proporção morfológica de folha verde não foi diferente entre os tratamentos, condizendo com os dados apresentados em um experimento anterior realizado na mesma área experimental por Fonseca et al. (2022).

Fonseca et al. (2022) obtiveram resultados diferentes dos observados nesse experimento, ao aplicarem os mesmos tratamentos na mesma área experimental, constataram diferença na proporção de colmo, onde a porcentagem em relação a matéria seca foi maior nos tratamentos com adubação nitrogenada, porém nossos dados não apresentaram diferença neste parâmetro morfológico ( $p = 0,057$ ), apresentando em média 31,2% e 27,7% para os tratamentos com e sem o uso de N, respectivamente.

Embora a densidade de perfilho seja aumentada devido a adição de N, conseqüentemente a proporção de folhas, colmo e a taxa de acúmulo de forragem (CARDOSO et al., 2020), nossos dados não apresentaram diferença estatística nessas variáveis.

Durante o período analisado, os níveis de precipitação e temperatura na Figura 1, demonstram uma concentração de chuvas entre os meses de dezembro a janeiro, com valores esporádicos acima de 50mm e uma faixa de temperatura de 20° a 25° C no período experimental. Tal situação, foi determinante no desenvolvimento dos tratamentos avaliados, onde a falta de chuva foi um fator determinante na eficiência da utilização de nutrientes por parte da planta.

Analisando os números da proporção de folhas verdes e colmo, há uma superioridade nos tratamentos nitrogenados, de tal forma que o “p-valor” de ambas variáveis, se aproxima de 0,05, o que ressalta a presença de valores não

padronizados presentes nessas variáveis. Portanto, a influência dos tratamentos na composição morfológica se limitou a influência de condições ambientais e cálculos estatísticos.

A proporção de material morto foi maior nos pastos do tratamento controle, quando comparado com o tratamento UR ( $p = 0,015$ ), enquanto os pastos dos demais tratamentos não apresentaram diferença nesse parâmetro avaliado. Sendo assim, de acordo com Leite et al. (2021), a inclusão da adubação nitrogenada diminui as porções fibrosas da planta, além de aumentar o conteúdo de componentes solúveis como PB e os carboidratos não fibrosos.

Segundo Corrêa et al. (2021), é possível aumentar o acúmulo de forragem com a utilização de fertilizantes nitrogenados como o nitrato de amônio e sulfato de amônio, melhorando as características produtivas. Por outro lado, a análise dos dados não indicou diferenças produtivas, quando se compararam esses fertilizantes com a ureia. Tal situação pode ser explicada pela associação de fatores como o parcelamento das doses, onde diminui-se as perdas N por volatilização (CORRÊA et al., 2021; TIMILSENA et al., 2015), aplicação do adubo mediante verificação de precipitação, além da aplicação do gesso agrícola com o intuito de igualar as quantidades de S fornecidas nos tratamentos.

### **5.1.2. Desempenho animal**

O ganho médio diário (GMD) dos animais não foi afetado pelas fontes de N aplicadas (Tabela 4), ou ausência da mesma ( $p = 0,252$ ). Esse fato, ocorreu devido ao método de manejo do pasto utilizado para ajustar a altura, e a massa de forragem disponível, utilizando a técnica “*put and take*”, visando manter altura da forragem 25 a 30 cm através da adição ou remoção de animais. Os valores de ganho de peso diário observados no experimento são semelhantes aos registrados nas avaliações conduzidas em experimentos anteriores semelhantes na mesma área sobre avaliação dos efeitos de doses e fontes de N (FONSECA et al., 2022; DELEVATTI et al., 2019)

Não houve diferença na taxa de lotação entre os tratamentos com uso de fertilizante nitrogenados (Tabela 4), porém observou-se diferença ao se comparar os valores dos pastos sem o uso de fertilizantes nitrogenados, com aqueles tratamentos com adição de N ( $p = 0,050$ ).

Tabela 4. Desempenho de tourinhos nelore recriados no período das águas em pastagem de capim marandu, adubadas com diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados.

Item <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>					p-valor
	CON	UR	SA	NI	EPM <sup>3</sup>	
Peso Inicial (kg)	245	241	233	239	-	-
Peso Final (kg)	313	320	318	308	-	-
GMD (kg dia <sup>-1</sup> )	0,75	0,89	0,85	0,83	0,023	0,252
Taxa de lotação (UA ha <sup>-1</sup> )	2,70b	4,19a	4.87a	5.11a	0,253	0,050
Ganho por área (KG ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	3,26	5,98	6,76	6,97	-	-

Na linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>1</sup> CON: tratamento controle, sem adição de fertilizante nitrogenado; UR: tratamento adubado com ureia; SA: tratamento adubado com sulfato de amônio; NI: tratamento adubado com nitrato de amônio.

Pode-se observar que o maior efeito da aplicação dos fertilizantes nitrogenados, quando comparado ao tratamento sem uso do fertilizante foi evidenciado a partir do ganho por área, onde a taxa de lotação dos tratamentos com uso dos fertilizantes nitrogenados foi em média 4,71 UA ha<sup>-1</sup>, enquanto a taxa de lotação no tratamento sem uso de fertilizante nitrogenado foi de 2,70 UA ha<sup>-1</sup>. Segundo estudos preliminares, o uso de fertilizantes nitrogenados aumentou a produção de massa de forragem, conseqüentemente aumentou a taxa de lotação de pastagens de capins tropicais (BRAMBILLA et al., 2012; DELEVATTI et al., 2019; EUCLIDES et al., 2022).

Mesmo sem o uso de fertilizantes nitrogenados, a taxa de lotação observada nesse estudo (Tabela 4) foi maior que a média nacional de 0,9 UA/ha (ABIEC et al., 2022), demonstrando que assim como a fertilização nitrogenada é um fator de

aumento da produtividade, o manejo estratégico da forragem também nos traz eficientes resultados.

As diferentes formas em que os fertilizantes disponibilizam o N para a planta, podem impactar na resposta da forragem sob ação do nutriente, todavia, ao comparar os dados de oferta de forragem entre os fertilizantes nitrogenados apresentados na Tabela 3, não foram observadas diferenças entre eles. A taxa de lotação da Tabela 4 foi menor no tratamento sem adição de nitrogênio.

Ao compararmos a taxa de lotação observada nesse estudo com um estudo realizado por Delevatti et al. (2019) com doses de 90, 180 e 270 kg de N ha<sup>-1</sup> de fertilizante nitrogenado na forma de ureia em capim marandu, pode-se observar que os dados corroboram entre si. No estudo mencionado, ao ser utilizadas doses de 90 N ha<sup>-1</sup> a taxa de lotação foi de 4,64 UA ha<sup>-1</sup>, 180 N ha<sup>-1</sup>, a taxa de lotação foi de 5,81 UA ha<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto no presente estudo, utilizou-se 150 kg N ha<sup>-1</sup> e a taxa de lotação foi em média 4,71 UA ha<sup>-1</sup>.

## **5.2.SEGUNDO ANO (2022-2023)**

### **5.2.1. Massa e oferta de forragem e composição morfológica**

A massa de forragem produzida por hectare em toneladas de matéria seca (MF, t/MS ha) no período de dezembro de 2022 a abril de 2023 do segundo ano experimental, não diferiram entre os quatro tratamentos avaliados (Tabela 5). Entretanto, ao compararmos com o primeiro ano experimental, numericamente, os valores apresentados no segundo ano foram menores.

Em contrapartida, a taxa de lotação dos piquetes com a adubação nitrogenada foram maiores quando comparados com o tratamento controle (Tabela 6; p = 0,006), sendo possível incluir mais animais, numa mesma unidade de área, consumindo a forragem produzida.

Por outro lado, nesse segundo ano experimental, a aplicação de fertilizantes proporcionou impacto significativo na composição morfológica da forragem. Nos tratamentos com ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio, tanto a proporção de folhas verdes quanto de caules foram significativamente maiores do que no grupo controle, enquanto foram observados maiores valores de material morto nos pastos não adubados, semelhante ao observado no primeiro ano de avaliação (Tabela 5).

As diferenças apresentadas na composição morfológica da forragem devido ao impacto dos fertilizantes nitrogenados, associam-se também a precipitação demonstrada durante o período experimental (Figura 2), pois a presença de umidade no solo, é responsável por diminuir as perdas de N, que podem ocorrer por volatilização na falta de chuva (REETZ, 2016). Logo, no primeiro ano do experimento, foi possível verificar precipitações concentradas no início do experimento (Figura 1), enquanto no segundo ano, verifica-se uma melhor distribuição na frequência e intensidade de chuvas ao longo do período (Figura 2), resultando nas diferenças apresentadas na composição morfológica do segundo ano.

Os tratamentos nitrogenados não apresentaram diferença quando comparados entre si na produção de folha verde, colmo e material morto. Entretanto, ao compararmos com o primeiro ano experimental (Tabela 3), verifica-se uma melhora na composição morfológica da forragem, pois, numericamente, há um aumento na proporção de folhas verdes, e diminuição nas proporções de colmo e material morto de um ano para outro.

Fonseca et al., (2022) não encontraram diferença na produção de folha ao aplicarem os mesmos tratamentos em anos anteriores, realizados na mesma área experimental, entretanto nossos dados corroboram quando analisamos a produção de colmo e material morto, sendo maiores nos tratamentos com e sem nitrogênio, respectivamente.

Tabela 5. Valores médios de produção de massa e composição morfológica de *Urochloa brizantha* cv. Marandu adubados com fontes de nitrogênio no período de dezembro a abril.

Item <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>					P-valor
	CON	UR	SA	NI	EPM <sup>3</sup>	Trat
MF, t/MS ha	5,44	5,89	4,89	5,41	0,39	0,418
TAF (kg MS/dia)	82,79b	213,77a	217,67a	168,19a b	20,33	0,003
OF (kg mS/kg PC)	3,94a	2,44b	1,88b	2,09b	0,22	<0,001
Folha verde, % MS	31,50b	41,02a	42,76a	42,03a	0,01	0,005
Colmo, % MS	17,87b	24,41a	27,12a	27,30a	0,01	0,005
Material morto, % MS	50,61a	34,56b	30,11b	30,66b	0,01	<0,001

Na linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>1</sup> CON: tratamento controle, sem adição de fertilizante nitrogenado; UR: tratamento adubado com ureia; SA: tratamento adubado com sulfato de amônio; NI: tratamento adubado com nitrato de amônio. <sup>2</sup>MF = Massa de forragem, TAF = Taxa de acúmulo de forragem; OF = Oferta e forragem. <sup>3</sup>EPM = Erro padrão da média.

Embora a adubação com nitrogênio não tenha influenciado a quantidade total de forragem produzida, ela alterou notavelmente sua composição. A proporção maior de folhas verdes e caules e a menor de material morto nos tratamentos adubados resulta em uma forragem de melhor qualidade. Segundo Lima et al. (2022), o aumento da inclusão de N em pastagens do capim marandu, aumentou linearmente a ingestão e digestibilidade de proteína bruta, fator determinante no suporte nutricional para animais em sistemas de pastejo.

As fontes de fertilizantes utilizados nesse experimento proporcionaram N para a planta de diferentes formas, podendo ser um fator impactante na resposta da forragem sob ação do nutriente, entretanto, a oferta de forragem não apresentou

diferença entre os fertilizantes nitrogenados quando comparados entre si, mas demonstraram valores inferiores quando comparados com o tratamento controle. Segundo Delevatti et al. (2019), quando a oferta de folha verde se encontra reduzida, os animais passam a ingerir colmo e material morto, diminuindo a qualidade da forragem ingerida, portanto, por mais que os tratamentos nitrogenados apresentaram valores menores na oferta de forragem (Tabela 5), a qualidade expressa no aporte nutricional, refletido no desempenho animal demonstrado na Tabela 6, ocorre devido a adição de N nas pastagens aumentar a quantidade de proteína bruta, proteína solúvel e NDT da forragem (LEITE et al., 2021).

A taxa de acúmulo de forragem apresentou diferença entre os tratamentos observados ( $p = 0,003$ ), onde os tratamentos com Ureia e Sulfato de amônio foram maiores que tratamento Controle. O tratamento NA não diferiu de nenhum dos demais tratamentos.

Em comparação com o primeiro ano (Tabela 3), a taxa de acúmulo de forragem do segundo ano experimental foi numericamente maior em todos os tratamentos, além de demonstrar diferença estatística ao compararmos os tratamentos com e sem adição de N, tal situação não foi apresentada no primeiro ano.

Segundo Correa et al., (2021), o nitrato de amônio e sulfato de amônio possuíram maiores taxas de acúmulo, quando comparados com a ureia, devido aos fatores intrínsecos de cada fertilizante, como a forma e necessidade de disponibilização dos nutrientes no solo e condições ambientais favoráveis.

Em nosso experimento, a contínua deposição de nutrientes no solo, associada ao manejo correto de pastagem, foram suficientes para balancear a utilização de N e S pela planta, melhorando a sua composição estrutural e perfilhamento (CARDOSO et al., 2020; SILVA et al., 2013), com isso as taxas de acúmulo de forragem dos tratamentos nitrogenados não diferiram entre si, resultando em níveis de produtividade equiparados, diferenciando-se dos resultados obtidos por Correa et al., (2021).

### **5.2.2. Desempenho Animal**

O ganho médio diário (GMD) dos animais apresentado no segundo período de avaliação não foi afetado pelas fontes de N (Tabela 6), ou ausência da mesma ( $p = 0,061$ ). A ocorrência desse fato, se deve pelo método de manejo de pasto utilizado para ajustar altura, e concomitantemente a massa de forragem disponível,

denominado “*put-and-take*”, que tem objetivo de manter a altura do dossel forrageiro de 25cm a 30 cm. Sendo assim, os valores corroboraram com experimentos conduzidos no mesmo setor de forragicultura da FCAV em experimentos anteriores, que avaliaram o efeito de doses e diferentes fontes de N aplicados em pastagens do capim marandu (DELEVATTI et al.,2019; FONSECA et al., 2022).

Ao compararmos os tratamentos nitrogenados entre si, não foi possível verificar diferença estatística no peso final dos animais ( $p = 0,057$ ).

A taxa de lotação foi maior nos tratamentos nitrogenados quando comparados com o tratamento sem adição de nitrogênio, porém entre si não apresentaram diferença ( $p = 0,006$ ).

Tabela 6. Desempenho de tourinhos nelore recriados no segundo ano experimental no período das águas em pastagem de capim marandu, adubadas com diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados.

Item <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>					p-valor
	CON	UR	SA	NI	EPM <sup>3</sup>	
Peso Inicial (kg)	281	281	281	281	0,21	0,81
Peso Final (kg)	343b	359a	348ab	347ab	3,35	0,057
GMD (kg dia <sup>-1</sup> )	0,75	0,94	0,81	0,80	0,04	0,061
Taxa de lotação (UA ha <sup>-1</sup> )	3,10b	5,53a	5,85a	5,81a	0,39	0,006
Ganho por área (KG ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	3,37b	7,72a	6,32a	6,82a	0,48	0,003

Na linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>1</sup> CON: tratamento controle, sem adição de fertilizante nitrogenado; UR: tratamento adubado com ureia; SA: tratamento adubado com sulfato de amônio; NI: tratamento adubado com nitrato de amônio.

Comparando os dados de GMD do segundo ano de avaliação, com os dados apresentados no primeiro ano, foram verificados valores semelhantes, entretanto, no segundo ano experimental, houve uma diferença de 0,15 kg dia<sup>-1</sup> no GMD dos animais que estiveram nos piquetes fertilizados com ureia, em comparação com os animais que estiveram nos piquetes de tratamento controle. Tal diferença no GMD foi suficiente para resultar numa diferença estatística no peso final ao compararmos

esses mesmos tratamentos citados ( $p = 0,057$ ), onde ao fim do período experimental, o peso dos animais do tratamento UR foi maior que dos animais do tratamento CON, possuindo 359 kg e 343 kg, respectivamente.

Os fertilizantes nitrogenados apresentaram efeito positivo no ganho por área, quando comparados com o tratamento sem aplicação de N ( $p = 0,003$ ), entretanto não apresentaram diferença quando comparados entre si. Portanto, devido as mesmas condições impostas sobre os tratamentos, como altura de dossel forrageiro, a melhora no aporte nutricional dos pastos com aplicação de N é refletida nos resultados de ganho por área.

A taxa de lotação dos tratamentos com o uso de fertilizantes nitrogenados foi em média  $5,73 \text{ UA ha}^{-1}$ , sendo maior do que a taxa de lotação do tratamento sem uso de fertilizante,  $3,10 \text{ UA ha}^{-1}$ . Da mesma forma, a taxa de lotação média apresentada nos tratamentos nitrogenados deste segundo ano experimental, foi maior que a média apresentada pelos mesmos tratamentos no primeiro ano de experimento,  $4,72 \text{ UA ha}^{-1}$ .

O tratamento CON, sem adição de fertilizante, proporcionou o menor valor de taxa de lotação nesse estudo (Tabela 6), toda via, demonstrou-se maior que a taxa de lotação média nacional de  $1,02 \text{ UA ha}^{-1}$  (ABIEC et al., 2023). Evidenciando, que não somente a adubação nitrogenada é um fator importante na produtividade de forragem, mas também o adequado manejo aplicado.

Lima et al., (2022), verificaram melhora na qualidade da forragem ao aplicarem  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  em pastagens do capim marandu, no formato de Nitrato de Amônio, conseqüentemente no ganho animal por área, onde encontraram  $1,78 \text{ UA ha}^{-1}$  e  $3,68 \text{ UA ha}^{-1}$ , no tratamento controle (sem fertilizante nitrogenado) e no tratamento com fertilizante nitrogenado, condizendo com nossos estudos. Entretanto, nossos dados apresentados foram maiores que os encontrados por esses autores, logo a frequência de manejo correto de pastagem, apresentada em nossas áreas experimentais, contribui para a produtividade animal.

Além disso, foi verificado que a adição de N em pastagens do capim marandu, melhora sua qualidade e digestibilidade, assim como não impacta na emissão de metano entérico de bovinos recriados no período de águas. Sendo assim, o estudo realizado contribui significativamente para a produção animal, sem que haja efeitos negativos ao meio ambiente (LIMA et al., 2022).

### **5.3. TERCEIRO ANO (2023-2024)**

#### **5.3.1. Massa e oferta de forragem e composição morfológica**

A massa de forragem produzida por hectare em toneladas de matéria seca (MF, t/MS ha) no período de dezembro de 2023 a abril de 2024 do terceiro ano experimental, não diferiu entre os quatro tratamentos avaliados (Tabela 7). Entretanto, ao compararmos com o primeiro e segundo ano experimentais, numericamente, os valores apresentados no terceiro ano foram maiores.

Nesse terceiro ano experimental, a taxa de acúmulo de forragem não apresentou diferença entre os tratamentos observados ( $p = 0,965$ ), semelhante aos dados observados no primeiro ano de experimento.

O nitrato de amônio e sulfato de amônio, devidos aos seus fatores intrínsecos, como o modo de disponibilização dos nutrientes no solo, junta a condições ambientais favoráveis, podem apresentar melhores taxas de acúmulo de forragem, quando comparados com a ureia (CORREA et al., 2021), entretanto, analisando a Figura 3 referente aos dados climáticos desse ano experimental, a falta de chuva ao longo do experimento, afetou a interação desses fertilizantes sobre a produção de forragem, assim como no primeiro ano de estudo.

Por outro lado, a taxa de lotação dos piquetes com a adubação nitrogenada foram maiores quando comparados com o tratamento controle (Tabela 8;  $p < 0,001$ ), sendo possível incluir mais animais, numa mesma unidade de área, consumindo a forragem produzida. Dessa forma, a oferta de forragem foi menor nos tratamentos nitrogenados em comparação com o tratamento controle (Tabela 7;  $p = 0,05$ ), por conta da maior taxa de lotação apresentada por esses tratamentos.

A adição de N nas pastagens aumenta a quantidade de proteína bruta, proteína solúvel e NDT da forragem (LEITE et al., 2021; LIMA et al., 2022), refletindo na qualidade do aporte nutricional de cada piquete, sendo assim, os animais mantidos nos piquetes com fertilização nitrogenada demonstraram um melhor desempenho quando comparados com os animais dos piquetes controles (Tabela 8). Segundo Delevatti et al. (2019), a redução na oferta de folhas verdes, resulta na ingestão de colmo e material morto pelos animais, tendo qualidade nutricional inferior, como consequência disso, observa-se a influência no ganho de peso ressaltando os dados de desempenho animal observados.

Tabela 7. Valores médios de produção de massa e composição morfológica de *Urochloa brizantha* cv. Marandu adubados com fontes de nitrogênio no terceiro ano experimental (dezembro de 2023 a abril 2024).

Item <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>					P-valor
	CON	UR	SA	NI	EPM <sup>3</sup>	Trat
MF, t/MS ha	7,69	8,16	8,29	8,10	499,98	0,858
TAF (kg MS/dia)	27,79	53,75	48,00	32,51	39,23	0,965
OF (kg mS/kg PC)	5,56a	3,87b	3,8b	3,56b	0,34	0,05
Folha verde, % MS	28,40	27,10	29,22	27,38	0,02	0,909
Colmo, % MS	23,11b	25,22ab	26,65ab	27,24a	0,01	0,043
Material morto, % MS	48,49	47,68	44,12	45,26	0,02	0,723

Na linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>1</sup> CON: tratamento controle, sem adição de fertilizante nitrogenado; UR: tratamento adubado com ureia; SA: tratamento adubado com sulfato de amônio; NI: tratamento adubado com nitrato de amônio. <sup>2</sup>MF = Massa de forragem, TAF = Taxa de acúmulo de forragem; OF = Oferta e forragem. <sup>3</sup>EPM = Erro padrão da média.

Referente à composição morfológica da forragem, o impacto significativo devido a aplicação de fertilizantes nitrogenados foi expresso somente na proporção de colmo, onde o tratamento com nitrato de amônio foi maior que o tratamento controle ( $p = 0,043$ ), 27,24% e 23,11% respectivamente. Comparando somente os tratamentos nitrogenados entre si, não houve diferença nessa variável.

As proporções de folhas verdes e material morto, não apresentaram diferença entre os tratamentos avaliados ( $p = 0,909$ ;  $p = 0,723$ ).

Analisando a figura 3, podemos ver uma precipitação com baixa frequência e picos durante o período experimental, assim como maiores temperaturas em comparação com o segundo ano, tal situação foi determinante nas proporções morfológicas apresentadas nesse terceiro ano de estudo, pois a presença de umidade no solo, faz com que as perdas de N para o ambiente sejam diminuídas, que ocorrem

por conta da volatilização de amônia, sendo mais bem aproveitado pelas plantas (REETZ, 2016). No segundo ano experimental, que apresentou melhores condições ambientais (Figura 2), foi possível verificar diferenças na composição da forragem.

### **5.3.2. Desempenho animal**

O ganho médio diário (GMD) dos animais apresentado no terceiro período de avaliação foi afetado pelas fontes de N (Tabela 7), onde o tratamento com Nitrato de Amônio foi maior em comparação com o tratamento Controle ( $p = 0,03$ ), mas não apresentou diferença ao compararmos somente os tratamentos com adição de N.

O nitrato de amônio disponibiliza o N no solo na forma amoniacal e nítrica, onde pode ser absorvido mais rapidamente pelas plantas. Sendo assim, mediante as condições climáticas apresentadas neste período experimental (Figura 3), com diferença na intensidade e frequência de chuva em comparação com os demais anos de experimento (Figura 1, Figura 2), verificamos o destaque no GMD do tratamento NA comparado com o CO. Tal situação, se diferencia dos demais anos deste experimento, assim como de experimentos conduzidos no mesmo setor de forragicultura da FCAV em anos anteriores, que avaliaram o efeito de doses e diferentes fontes de N aplicados em pastagens do capim marandu (DELEVATTI et al., 2019; FONSECA et al., 2022) onde não houve diferença nesta variável entre todos os tratamentos aplicados.

Ao compararmos todos os tratamentos, não foi possível verificar diferença estatística no peso final dos animais ( $p = 0,17$ ).

Tabela 8. Desempenho de tourinhos nelore recriados no terceiro ano experimental no período das águas em pastagem de capim marandu, adubadas com diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados.

Item <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>					p-valor
	CON	UR	SA	NI	EPM <sup>3</sup>	
Peso Inicial (kg)	283	283	283	283	3,45	1,00
Peso Final (kg)	346	364	362	369	6,74	0,177
GMD (kg dia <sup>-1</sup> )	0,74b	0,93ab	0,95ab	1,0a	0,05	<0,05
Taxa de lotação (UA ha <sup>-1</sup> )	3,07b	4,65a	4,84a	5,01a	0,24	<0,001
Ganho por área (KG ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	2,86b	6,04a	6,10a	6,77a	0,51	0,004

Na linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>1</sup> CON: tratamento controle, sem adição de fertilizante nitrogenado; UR: tratamento adubado com ureia; SA: tratamento adubado com sulfato de amônio; NI: tratamento adubado com nitrato de amônio.

A taxa de lotação foi maior nos tratamentos nitrogenados quando comparados com o tratamento sem adição de nitrogênio, porém entre si não apresentaram diferença ( $p < 0,001$ ). Em relação ao segundo ano experimental, a taxa de lotação do terceiro ano diminuiu numericamente em todos os tratamentos, evidenciando o efeito das condições climáticas sobre nosso experimento, pois a intensidade e frequência de chuva foram menores, assim como as temperaturas maiores durante o período (Figura 3).

O tratamento CO apresentou a menor taxa de lotação dos tratamentos aplicados, 3,07 UA ha<sup>-1</sup> (Tabela 7), entretanto é maior que a taxa de lotação nacional de 1,02 UA ha<sup>-1</sup> (ABIEC, 2023), demonstrando que o manejo correto forrageiro aplicado em nossos experimentos é uma alternativa para intensificar o sistema de produção assim como a fertilização nitrogenada.

Comparado com o primeiro ano de experimento, a taxa de lotação do tratamento controle apresentada no terceiro ano foi numericamente maior, com

valores de 3,07 e 2,70 UA ha<sup>-1</sup> respectivamente, influenciados pelas condições ambientais de cada ano. Logo, o manejo eficiente das pastagens, demonstra-se de suma importância, para que a planta seja capaz de enfrentar as variações climáticas apresentadas em cada ano, pois o terceiro ano apresentou piores condições de precipitação e temperatura, ao ser comparado com os demais anos (Figura 3).

Assim como o segundo ano experimental, os fertilizantes nitrogenados apresentaram efeito positivo no ganho por área, quando comparados com o tratamento sem aplicação de N ( $p = 0,004$ ), entretanto não apresentaram diferença quando comparados entre si. O aporte nutricional dos pastos com aplicação de N se reflete nos resultados de ganho por área, sendo melhorado com as tecnologias utilizadas em nossos experimentos, como fertilização nitrogenada, parcelamento de doses, altura de dossel, sistema de pastejo contínuo com taxa de lotação variável.

Segundo Lima et al., (2022), a inclusão de N em pastagens de capim marandu, além de contribuir significativamente com a qualidade e digestibilidade da forragem, permite melhora no desempenho animal, como aumento no ganho médio diário, sem que haja efeitos na emissão de metano entérico. Portanto, o presente estudo corrobora para o aumento da eficiência produtiva da pecuária a pasto, respeitando as responsabilidades ambientais.

## **6. CONCLUSÃO**

No primeiro ano de estudo foi possível verificar que a utilização de fertilizantes nitrogenados em pastagens de capim marandu aumenta a produção de massa de forragem, diminui a quantidade de material morto da forragem, além de proporcionar aumentos significativos no desempenho dos animais por animal e por área.

No segundo ano experimental, diferente do primeiro ano, foram observados aumentos das proporções folhas e colmo verdes nos tratamentos com adubação nitrogenada, demonstrando melhora na qualidade de forragem e refletindo no desempenho animal.

No terceiro ano experimental, a produção de forragem não foi afetada pelos tratamentos aplicados, porém diferente dos demais anos conduzidos, foi possível verificar que o Nitrato de amônio resultou um aumento significativo no ganho médio diário, proporcionando melhora no desempenho dos animais e na efetividade do sistema de produção.

Os dados analisados dos três anos experimentais demonstram que a fertilização nitrogenada, embora influenciada pelas condições do ambiente em questão, é uma ferramenta chave na produção de forragem independente da fonte do fertilizante aplicado, melhorando as características físicas e químicas da forragem e aumentando o desempenho animal, tornando de maneira mais eficiente o sistema de produção brasileiro.

## REFERÊNCIAS

ABIEC. Perfil da pecuária no Brasil. Brasília: Relatório anual 2022. Disponível em <<https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022>> Acesso em 09 de julho de 2023.

ABIEC. Perfil da pecuária no Brasil. Brasília: Relatório anual 2022. Disponível em <<https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2024-perfil-da-pecuaria-no-brasil/>> Acesso em 09 de Abril de 2025

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

EUCLIDES, V. P. B., MONTAGNER, D. B., DE ARAÚJO, A. R., DE ARAGÃO PEREIRA, M., DOS SANTOS DIFANTE, G., DE ARAÚJO, I. M. M., BARBOSA, L. F., BARBOSA, R. A., GURGEL, A. L. C. Biological and economic responses to increasing nitrogen rates in Mombaça guinea grass pastures. *Scientific Reports*, 12(1), 1937, 2022.

BARBERO, R. P.; MALHEIROS, E. B.; ARAUJO, T. L. R.; NAVE, R. L. G.; MULLINIKS, J. T.; BERCHIELLI, T.T.; RUGGIERI, A C; Reis, R. A. Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. *Animal Feed Science and Technology*, v. 209, p. 110-118, 2015.

BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: ALCOCK, M.M. (Ed.) Biennial Report of the Hill Farming Research Organization. Midlothian: Hill Farming Research Organization, p.29-30, 1985.

BRAMBILLA, D. M., NABINGER, C., KUNRATH, T. R., CARVALHO, P. C. D. F., CARASSAI, I. J., & CADENAZZI, M. Impact of nitrogen fertilization on the forage characteristics and beef calf performance on native pasture overseeded with ryegrass. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 528-536, 2012.

BATISTA, K., & MONTEIRO, F. A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. *Revista Brasileira de Zootecnia*, p. 1281-1288, 2006.

BONO, J. A. M.; DOS SANTOS RUFINO, R.; GOLÇALVES, 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.

CARDOSO, A. D. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Effect of volume of urine and mass of faeces on N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions of dairy-cow excreta in a tropical pasture. *Animal Production Science*, v. 58, n. 6, p. 1079-1086, 2016.

CARDOSO, A. D. S., BARBERO, R. P., ROMANZINI, E. P., TEOBALDO, R. W., ONGARATTO, F., FERNANDES, M. H. M. D. R., RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Intensification: A key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in *Brachiaria* grasslands. *Sustainability*, v. 12, n. 16, p. 6656, 2020.

CASSIMIRO, J. B.; ROCHETTI, A. C. A.; HEINRICHS, R.; CASTILLO, E. O. F. Volatilização de amônia e avaliação do capim-marandu sob doses e fontes de fertilizantes nitrogenados. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, [S. l.], v. 9, n. 8, pág. e526985823, 2020. DOI: 10.33448 / rsd-v9i8.5823.

CLABRAL, C. E. A.; DA SILVA CABRAL, L.; SILVA, E. M. B.; DOS SANTOS CARVALHO, K.; Kroth, B. E.; Cabral, C. H. A. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a fertilizantes nitrogenados associados ao fosfato natural reativo. *Comunicata Scientiae*, v. 7, n. 1, p. 66-72, 2016.

CORRÊA, D. C. D. C.; CARDOSO, A. D. S.; FERREIRA, M. R.; SINISCALCHI, D.; GONÇALVES, P. H. D. A.; LUMASINI, R. N.; REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C. Ammonia Volatilization, Forage Accumulation, and Nutritive Value of Marandu Palisade Grass Pastures in Different N Sources and Doses. *Atmosphere*, v. 12, n. 9, p. 1179, 2021.

COSTA, K. A. DE P.; OLIVEIRA, I. P. DE; FAQUIN, V. Adubação Nitrogenada para Pastagens do Gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado. *Documentos / Embrapa Arroz e Feijão*, ISSN 1678-9644; 192. 2006.

CARVALHO, T. A.; VASO, L.; LIGO, M.; BETTANIN, V.; de ANDRADE, C. A. Fator de emissão de N<sub>2</sub>O em pastagem de *Brachiaria brizantha* L. adubada com nitrato de amônio. In: Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2020,

Campinas. Anais... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2020. RE20412., 2020.

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, n. 1, p. 1-9, 2019.

FONSECA, N. V. B.; DA SILVA CARDOSO, A.; BERÇA, A. S.; DORNELLAS, I. A.; ONGARATTO, F.; SILVA, M. L. C.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Effect of different nitrogen fertilizers on nitrogen efficiency use in Nelore bulls grazing on Marandu palisade grass. *Livestock Science*, v. 263, p. 105012, 2022

GIMENES, F.M.A.; SILVA, S.C.; FIALHO, C.A.; GOMES, M.B.; BERNDT, A.; GERDES, L.; COLOZZA, M.T. Ganho de peso e produtividade animal em capim Marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 7, p. 751-759, 2011.

GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. D. M. Utilização e manejo de pastagens. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 808-825, 2001.

GUELFY, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. *Informações Agrônômicas*, v. 157, p. 1-14, 2017.

GUELFY-SILVA, D. R.; DE PINHO COSTA, K. A.; FAQUIN, V.; DE OLIVEIRA, I. P.; BERNARDES, T. F. Rates and sources of nitrogen in the recovery of the structural and productive characteristics of marandu grass. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 184, 2013.

HALLS, L.K. (1954) The approximation of cattle diet through herbage sampling. *Rangel. Ecol. Manag. Range Manag Arch*, 7:269-270.

IBGE. Censo agropecuário. 2017. Rio de Janeiro, 2017. p.1-108. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro\\_2017\\_resultados\\_preliminares.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf)> Acesso em 01 de julho de 2020.

KOSCHECK, J. F. W.; ROMANZINI, E. P.; BARBERO, R. P.; DELEVATTI, L. M.; FERRARI, A. C.; MULLINIKS, J. T.; MOUSQUER, C. J.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. 2020. How do animal performance and methane emissions vary with forage

management intensification and supplementation. *Animal Production Science.* , v.1, p.1.

LEITE, R. G.; CARDOSO, A. D. S.; FONSECA, N. V. B.; SILVA, M. L. C.; TEDESCHI, L. O.; DELEVATTI, L. M.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of Marandu palisadegrass. *Scientific Reports*, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2021.

LIMA, L. O.; ONGARATTO, F; FERNANDES, M H M DA R; CARDOSO, ABMAEL DA SILVA; LAGE, JOSIANE; SILVA, LUIS; REIS, R A; MALHEIROS, E.B. Response of pasture nitrogen fertilization on greenhouse gas emission and net protein contribution of Nelore young bulls. *ANIMALS*. v.1, p.1 -, 2022.

LIMA, L. O.; ANGARATTO, F; DALLANTONIA, E E ; LEITE, R G; ARGENTINI, G P; FERNANDES, M H M DA R; REIS, R A; VYAS, D; MALHEIROS, E. B. N-fertilization of tropical pastures improves performance but not methane emission of Nelore growing bulls. *JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE*. v.1, p.1-, 2022.

MOTT, Gerald O., and Henry L. LUCAS. "The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures." *International grassland congress*. Vol. 6. No. 1952. 1952.

ONGARATTO, F.; FERNANDES, M.H.M.D.R.; DALLANTONIA, E.E.; LIMA, L.D.O.; VAL, G.A.D.; CARDOSO, A.D.S.; RIGOBELLO, I.L.; GOMES, L.M.; REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C; MALHEIROS, E. B. Effect of the Interaction between Excreta Type and Nitrogen Fertilizer on Greenhouse Gas and Ammonia Emissions in Pastures. *Atmosphere*, v. 14, n. 3, p. 492, 2023.

RAPOSO, E., BRITO, L. F., JANUSCKIEWICZ, E. R., OLIVEIRA, L. F., VERSUTI, J., ASSUMPÇÃO, F. M., CARDOSO, A. S., SINISCALCHI, D., DELEVATTI, L. M., MALHEIROS, E. B., REIS, R. A., RUGGIERI, A. C. Greenhouse gases emissions from tropical grasslands affected by nitrogen fertilizer management. *Agronomy Journal*, v. 112, n. 6, p. 4666-4680, 2020.

REETZ, H. F Jr. *Fertilizers and their Efficient Use*. International Fertilizer Industry Association - IFA. 1ª ed, IFA, Paris, França, 2016. ISBN 979-10-92366-04-4.

REIS, R. A.; ROMANZINI, E. P.; BARBERO, R. P. A Suplementação como ferramenta no ajuste da taxa de lotação. In: Encontro dos encontros da Scot Consultoria, 2017, Ribeirão Preto. Anais do Encontro dos encontros da Scot Consultoria. São Carlos: Suprema, v. 1. p. 165-175, 2017.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. D.; GOMES, V. M.; GOMIDE, C. A. D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. D.; QUEIROZ, D. S. (2011). Capim-braquiária sob lotação contínua e com altura única ou variável durante as estações do ano: morfogênese e dinâmica de tecidos. Revista Brasileira de Zootecnia, 40, 2323-2331.

SILVA, M.F.; PORTO, E.M.V.; ALVES, D.D.; VITOR, C.M.T.; ASPIAZÚ, I. Morphogenetic characteristics of three Brachiaria brizantha cultivars submitted to nitrogen fertilization. An. Acad. Bras. Ciênc. 2013, 85, 371–377.

SIMPLICIO, S. S.; SANTOS, V. L. A.; CAMPOS, W. R. A.; GUIMARÃES, D. G.; GONSALVES, A. A.; ARAÚJO, C. R. M. (2021). Nitrato de Amônio: mocinho ou vilão. Revista Virtual de Química, Artigo, 13(1), 156-166.

SINISCALCHI, D.; CARDOSO, A. D. S.; CORRÊA, D. C. D. C.; FERREIRA, M. R.; ANDRADE, M. E. B.; DA CRUZ, L. H. G.; RUGIERRI, A. C; REIS, R. A. Effects of condensed tannins on greenhouse gas emissions and nitrogen dynamics from urine-treated grassland soil. Environmental Science and Pollution Research, v. 29, n. 56, p. 85026-85035, 2022.

TIMILSENA, Y. P.; ADHIKARI, R.; CASEY, P.; MUSTER, T.; GILLA, H.; ADHIKARI, B. Enhanced efficiency fertilisers: a review of formulation and nutrient release patterns. Journal of Science Food Agriculture, v. 95, n. 6, p. 1131-1142, 2015.

WEDEKIN I., PINAZZA L. A., LEMOS F. K., VIVO V. M. Economia da Pecuária de Corte Fundamentos e o ciclo de preços, 33–35, 2017.

VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, p.285, 1997.

## CAPÍTULO 3 – BOLSA ESTÁGIO PESQUISA EXTERIOR – BEPE FAPESP

### RESUMO

A forragem é a fonte primária de alimento para a produção pecuária no Tennessee, e a integração de tecnologias como o manejo da fertilidade pode aumentar a produtividade das pastagens. O uso de bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) oferece potencial adicional para melhorar a produção de forragem. Este projeto visou avaliar a inoculação de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 em capim-colchão (*Digitaria spp.*). O experimento foi realizado em Knoxville, TN – Experimentos em casa de vegetação e Spring Hill, TN – Experimento de campo. No primeiro experimento em casa de vegetação, as bandejas foram semeadas com capim-colchão (*Digitaria spp.* cv Mojo) com tratamentos *A. brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 em diferentes métodos de inoculação: líquido ou pó (quarenta e duas células de bandeja por tratamento). No segundo experimento em casa de vegetação, foram utilizados potes, semeados com a mesma cultivar, onde os tratamentos foram a associação ou não entre *A. brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 e doses de Nitrogênio. No campo, os mesmos tratamentos foram estabelecidos em parcelas e associados ou não a 50 ou 67 kg de nitrogênio por hectare (blocos casualizados completos com quatro repetições). Em casa de vegetação, foram determinados o peso da parte aérea e da raiz, e o comprimento da raiz para os dois experimentos conduzidos, no experimento de campo, a produtividade de forragem e o valor nutritivo [proteína bruta (PB) e a digestibilidade in vitro da matéria seca verdadeira em um período de 48 horas (IVTDMS48h) usando NIRS (Near-infrared spectroscopy). A análise dos dados utilizou o software estatístico SAS (SAS Studio, v. 9.4) com nível de significância de 5%. No primeiro experimento em casa de vegetação, o peso da parte aérea foi afetado pelos tratamentos, onde a inoculação líquida foi melhor que a controle, 0,40 g e 0,34 g, respectivamente ( $p = 0,0223$ ), mas entre os tratamentos inoculados, não houve diferença. O peso e o comprimento da raiz não foram afetados pelos tratamentos. No segundo experimento em casa de vegetação, os tratamentos que receberam doses de N, independentemente do inoculante, apresentaram melhor peso e altura da parte aérea, quando comparados ao tratamento controle e inoculante ( $p < 0,0001$ ). Entretanto, comparando o valor nutritivo, a digestibilidade, os macros e micronutrientes das plantas, entre todos os tratamentos que receberam doses de N com inoculante ou não, não houve diferença apresentada. No experimento de campo,

a combinação de N e PGPRs não afetou a produção de forragem, CP e IVTDMS48h. O efeito em CP foi observado com o aumento da dose de N, independentemente da inoculação ( $p < 0,0001$ ). Por outro lado, a fertilização com N via fertilizante mineral produziu rendimento e qualidade semelhantes. O uso de inoculantes demonstra potencial promissor; no entanto, pesquisas adicionais são necessárias para dar suporte a recomendações específicas de aplicação.

Palavras-chave: Capim-colchão, Bactérias promotoras do crescimento de plantas, Doses de nitrogênio.

## 1. Introdução e justificativa

Pasto é uma importante fonte de alimentação para a produção pecuária no Tennessee. A maioria dos pastos e campos de feno no Tennessee contém Tall Fescue (*Festuca spp.*), Orchardgrass (*Dactylis spp.*) ou Timothy (*Phleum spp.*). Portanto, há uma necessidade de explorar forragens alternativas para diversificar a produção pecuária. O Crabgrass (*Digitaria spp.*, “capim-colchão”) é uma alternativa para produzir forragem, aumentando significativamente a lucratividade geral em comparação com outros sistemas de forragem. Além disso, o capim-colchão apresenta altas respostas quando submetido a aplicações de nitrogênio (N) (TEUTSCH et al 2005; SOSINSKI et al., 2022).

As práticas de manejo da fertilidade desempenham um papel importante em pastagens que afetam diretamente o acúmulo de forragem (AF) e o valor nutritivo, especialmente em campos de feno, onde a remoção de nutrientes tende a ser maior do que em sistemas de pastejo. A fertilização com N aumenta o perfilhamento, a massa da raiz e o AF (FARIA et al., 2018), e pode melhorar a proteína bruta (PB) da forragem e os nutrientes digestíveis totais (NDT) (LIMA et al., 2022; LEITE et al. 2021; PEDREIRA et al., 2023).

O N é o nutriente mais limitante para o crescimento das plantas em todo o mundo. Além disso, a fertilização mineral é uma prática comum para aumentar a taxa de lotação, o desempenho animal e a produtividade do sistema para sistemas de forragem-pecuária (SILVA et al., 2020). No entanto, o fertilizante mineral possui alto custo e contribui para as emissões de gases de efeito estufa por esses sistemas (BOURSCHEIDT et al., 2019). Com uma demanda de intensificação dependente de N, as bactérias promotoras do crescimento de plantas (PGPB) se tornaram uma tecnologia promissora para aumentar a produtividade e a sustentabilidade de milhões de hectares de pastagens.

O uso de PGPB tem sido considerado uma excelente estratégia para o setor, pois pode levar a melhorias qualitativas e quantitativas na produção de forragem e, conseqüentemente, aumentar a produtividade e reduzir o uso de insumos químicos, gerando menor impacto ambiental (FUKAMI et al., 2018). Essas bactérias podem atuar no crescimento da planta hospedeira por meio da produção de ácido cianídrico, fitormônios, enzimas como ACC desaminase (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico), mineralização de nutrientes, solubilização de fosfato, fixação biológica de

nitrogênio, entre outros (MARIANO et al., 2013; HUNGRIA et al., 2010, 2016; FUKAMI et al., 2018).

Ao estudar o potencial dessas BPCPs, novas oportunidades podem ser exploradas para apoiar e recomendar práticas de inoculação de pastagens e contribuir para alcançar sistemas de produção mais sustentáveis e produtivos. Este projeto teve como objetivo avaliar os efeitos da inoculação de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 via inoculação de sementes e/ou folhas, no estabelecimento do capim-colchão, valor nutritivo e desenvolvimento estrutural da planta em casa de vegetação e acúmulo de forragem e valor nutritivo no campo.

## **2. Hipóteses e objetivos**

A hipótese desse projeto é que a fertilização nitrogenada associada à inoculação bacteriana seja capaz de substituir parte da fertilização nitrogenada quando aplicada em pastagens subtropicais em condições de casa de vegetação ou campo

Este projeto tem como objetivo avaliar os efeitos da inoculação de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e Ab-V6, via semente e/ou pulverização foliar, no estabelecimento do capim-colchão, no acúmulo de forragem e no valor nutritivo.

### **Objetivos Específicos**

Avaliar a inoculação de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e Ab-V6, via semente e pulverização foliar, no estabelecimento do capim-colchão, no acúmulo de forragem e no valor nutritivo em campo.

Avaliar a inoculação de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e Ab-V6, via semente, no estabelecimento e no valor nutritivo do capim-colchão em casa de vegetação.

## **3. Materiais e métodos**

### **3.1. Material biológico**

Foram utilizados inoculantes disponíveis comercialmente. A inoculação das sementes foi realizada em sacos plásticos, para cada tratamento, aplicando-se a dose proporcional de PGPB recomendada pelos fabricantes do inoculante (MicroAZ-ST Dry, TerraMax , Eagan, MN, EUA ).

## **3.2. Experimentos em casa de vegetação**

### **3.2.1. Local de estudo**

Dois experimentos foram realizados em casa de vegetação na Universidade do Tennessee, em Knoxville, estado do Tennessee, sul dos Estados Unidos (35°56'40"N 83°56'13"W).

### **3.2.2. Experimento 1 – Diferentes métodos de inoculação com PGPB**

O primeiro experimento foi conduzido em bandejas de poliestireno branco, contendo um substrato composto de Miracle-Gro potting Mix (Miracle-Gro, Marysville, OH, EUA). As bandejas foram semeadas com capim-colchão (*Digitaria* spp. cv Mojo) com os tratamentos *A. brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 em diferentes métodos de inoculação de sementes: (i) Líquido – inoculado numa proporção de 200ml de inoculante por 1kg de semente, (ii) Pó – inoculado numa dose de 4,5g de inoculante por 1 Kg de semente, (iii) um grupo sem inoculação (controle).

As sementes foram semeadas nas bandejas com três sementes por célula e quarenta e duas células da bandeja por tratamento. Cinco dias após a emergência, as plantas foram desbastadas para uma planta por célula.

### **3.2.3. Experimento 2 – Associação entre PGPB e Doses de Nitrogênio**

O segundo experimento foi conduzido em vasos de plástico reciclado preto (9 cm x 9 cm x 10 cm), contendo 415 g (variação de 400 g a 430 g) de substrato composto de uma mistura com Lambert Peat moss e Lambert Perlit. O inoculante líquido, utilizado neste ensaio, foi adicionado nas sementes nos tratamentos que continham PGPB na proporção de 200 ml de inoculante para 1 kg de sementes.

Os tratamentos foram (i) sem inoculação e sem N (controle), (ii) inoculado e sem N, (iii) não inoculado com 75% da dose recomendada de N (50 Kg/ha<sup>-1</sup> de N); (iv) não inoculado com 100% da dose recomendada de N (67 Kg/ha<sup>-1</sup> de N); (v) inoculado com 75% de N (50 Kg/ha<sup>-1</sup> de N); (vi) inoculado com 100% de N (67 Kg/ha<sup>-1</sup> de N). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis repetições. A dose recomendada de N é de 67 Kg de N por hectare.

As sementes foram semeadas em 3 sementes por vaso. Cinco dias após a emergência, as plantas foram desbastadas para uma planta por vaso.

#### **3.2.4. Colheita e análise estrutural das plantas**

Trinta e cinco dias após a emergência (DAE), as plantas foram removidas das bandejas e vasos, e parte aérea e raízes foram separados para análises. O sistema radicular foi lavado com água da torneira, após isso parte aérea e raízes foram medidos com uma fita métrica na mesa.

### **3.3. Experimento de campo - Associação entre PGPB e Doses de Nitrogênio**

#### **3.3.1. Local de estudo**

O experimento de campo foi realizado de abril a setembro de 2024, no Middle Tennessee AgResearch and Education Center em Spring Hill, TN, EUA (35°43'16"N 86°57'54"W). O tipo de solo é franco-siltoso de Huntington, fase fosfática depressiva; franco-argiloso-siltoso de Braxton, fase erodida em declive; e franco-siltoso de Maury, fase erodida em declive suave.

#### **3.3.2. Delineamento experimental, tratamentos e avaliação de campo**

As parcelas, de 1,5m x 6m, foram semeadas em 13 de maio de 2024, a uma taxa de semeadura de 7 kg/ha de capim-colchão (*Digitaria* spp. cv Mojo, Barenbrug USA). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram os mesmos citados no segundo experimento em casa de vegetação, *A. brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 associados ou não a 50 ou 67 Kg de nitrogênio por hectare, porém, o inoculante foi aplicado via semente e pulverização.

As parcelas foram colhidas nos dias 3 de julho e 4 de agosto de 2024 e, após a primeira colheita, o inoculante foi pulverizado via foliar na proporção de 1,5 litro por hectare (solução de 240 litros) com *A. brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 (MicroAZ-ST Liquid).

Durante a colheita foi utilizada uma colhedora de forragem (RCI Engineering, Mayville, WI) com uma faixa de 0,91 m a 0,1 m de altura de restolho. Após a pesagem no campo, uma sub-amostra foi levada ao laboratório para determinar matéria seca e demais análises.

### **3.4. Análise do valor nutritivo**

As amostras colhidas dos experimentos em casa de vegetação (parte aérea e raízes) e de campo (sub-amostra de forragem) de cada repetição foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa a 55 °C por 72 h até atingir um peso constante. Os pesos secos foram registrados como uma estimativa do rendimento de biomassa de forragem.

Todas as amostras experimentais secas foram então moídas usando um moinho Wiley (Thomas-Wiley Laboratory Mill Modelo 4, Arthur H. Thomas Co., Filadélfia, PA) passando por uma peneira de 2 mm; seguido por um moinho de amostra ciclone (Foss Cyclotec, Foss North America, Eden Prairie, MN) moído para passar por uma tela de 1 mm (MCINTOSH et al., 2022). A secagem adicional da amostra preparada em um forno de ar forçado a 55 °C foi concluída para garantir umidade consistente para varredura em um espectrômetro de infravermelho próximo (NIRS) para menos variabilidade nos resultados previstos em todas as amostras (MCINTOSH et al., 2022).

As amostras foram escaneadas em um espectrômetro FOSS DS2500F NIR usando ISIScan Nova v. 8.0.6.2 (Foss North America, Eden Prairie, MN). Os espectros foram então aplicados à calibração de feno de capim de 2024 fornecida e licenciada pelo NIRS Forage and Feed Consortium (NIRSC, Berea, KY). Os testes estatísticos globais e de vizinhança foram monitorados e analisados quanto à precisão em todas as previsões com todo o conjunto de dados ajustando as calibrações dentro do limite de ajuste ( $H < 3,0$ ) e relatados adequadamente (MURRAY e COWE, 2004). As unidades de medida para análises nutritivas são apresentadas em 100% de matéria seca (MS) para o parâmetro de qualidade PB, IVTDMD48h, fibra em detergente ácido (FDA), cálcio (Ca), fósforo (P) e nutrientes digestíveis totais (NDT).

### **3.5. Análise de dados**

A análise dos dados foi conduzida pelo método de modelos mistos com estrutura paramétrica na matriz de covariância (nível de significância de 5%), por meio dos procedimentos MIXED do software estatístico SAS (SAS Studio, v. 9.4). (LITTEL et al., 2006) utilizando o método restrito de máxima verossimilhança (REML). Para o

experimento de campo, as variáveis de resposta foram analisadas como medidas repetidas (colheitas).

#### **4. Resultados e Discussão**

O nitrogênio é o nutriente limitante para o crescimento das plantas em todo o mundo, e o uso de novas tecnologias de fertilizantes nos sistemas forrageiro-pecuário pode aumentar a produtividade (SILVA et al., 2020). O PGPB pode ser uma excelente alternativa entre essas tecnologias, devido aos diversos benefícios para o crescimento das plantas, como fixação de nitrogênio, mineralização de nutrientes, aumento na produção de forragem e outros (MARIANO et al., 2013; HUNGRIA et al., 2010).

##### **4.1. Experimento em casa de vegetação 1 – PGPB em diferentes métodos de inoculação**

No primeiro experimento, onde avaliamos diferentes métodos de inoculação, conforme mencionado anteriormente, a biomassa foi afetada pelos tratamentos, mostrados na Figura 1, onde a inoculação líquida foi melhor que o controle, 0,40 g e 0,34 g, respectivamente ( $p = 0,0223$ ), mas entre os tratamentos inoculados, não houve diferença.

O desenvolvimento das células vegetais, como alongamento e diferenciação, é modificado pela síntese de fitormônios pelo PGPB, com a divisão celular e formação de novos tecidos regulados pelo equilíbrio de auxinas e citocininas (FUKAMI et al., 2018; COSTACURTA et al., 1995), conseqüentemente, essa interação é responsável por afetar a produção de biomassa, conforme demonstrado em nossos resultados experimentais.

A altura do broto, o peso e o comprimento da raiz não foram afetados pelos tratamentos.

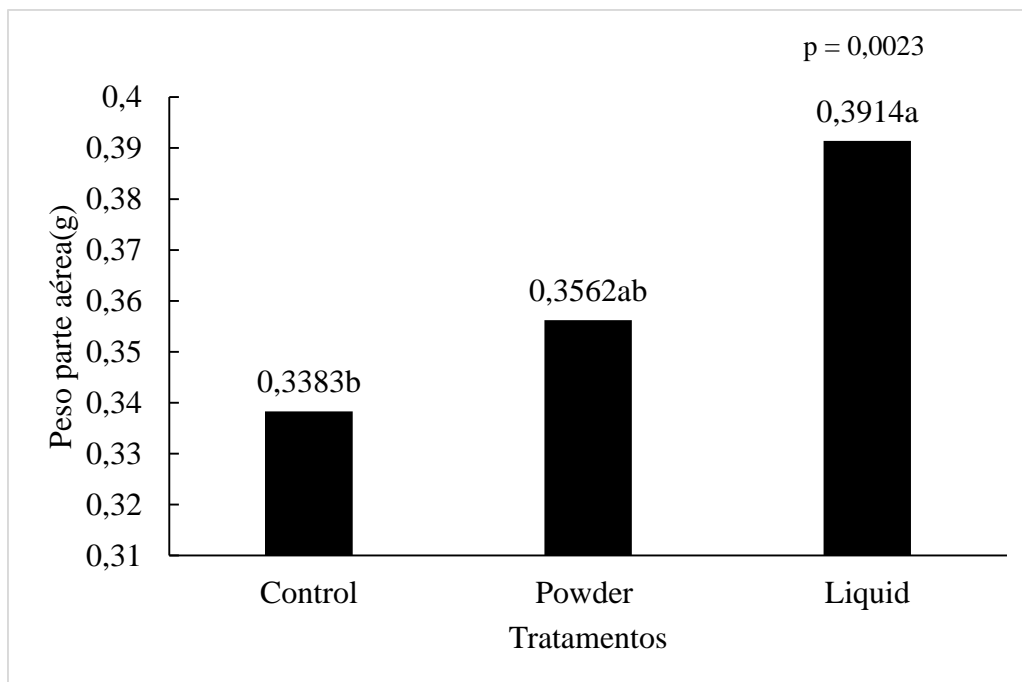


Figura 1. Gráfico da produção de biomassa em condições de estufa

Ao avaliar o valor nutritivo, a digestibilidade, os macro e micronutrientes nas plantas experimentais, o único efeito observado foi no K (potássio — %), onde o tratamento controle foi melhor que o líquido ou o pó ( $p = 0,0013$ ), com valores de 3,81, 3,6688 e 3,6688, respectivamente.

#### 4.2. Experimento em casa de vegetação 2 – Associação entre PGPB e doses de Nitrogênio

No segundo experimento, com a associação entre doses de BPCP e N, avaliando a estrutura da planta, houve diferença entre os tratamentos, apresentando efeito no peso e comprimento da parte aérea e no peso e altura da raiz ( $p < 0,0001$ ; Tabela 1).

tabela 1. Produção de parte aérea e raiz com associação entre PGPB e doses de N em condições de casa de vegetação.

TRATAMENTOS	VARIÁVEL			
	Parte aérea		Raiz	
	Peso (g)	Altura (cm)	Peso (g)	Comprimento (cm)
Controle (sem inoculante, 0% N)	0,0335b	23,92b	0,0088c	8,9 d
Inoculado (sem N)	0,0305b	21.34b	0,0083c	10,67cd
75% taxa de N	0,2961a	44.03a	0,0633a	18,20ab
75N + inoculante	0,2358a	47.84a	0,0462ab	20.11a
100% taxa N	0,2234a	41.28a	0,0445b	15bc
100% taxa de N + noculante	0,2166a	40.22a	0,0468ab	19,05ab
Valor P	<0,0001	<0,0001	< 0,0001	<0,0001

Os tratamentos que receberam doses de N, independentemente do inoculante, apresentaram melhor peso e altura da parte aérea, quando comparados ao tratamento controle e inoculante ( $p < 0,0001$ ; Tabela 1), onde os valores médios para essas variáveis foram 0,24g e 43,33cm (tratamentos com dose de N), enquanto o controle e inoculante apresentaram, em média, 0,03g e 22,86 cm, para peso e altura da parte aérea, respectivamente. Além disso, quando comparados apenas os tratamentos com doses de N, não houve diferença entre si.

No peso da raiz, o melhor valor foi apresentado no tratamento com 75% da dose recomendada de N, 0,0633g, enquanto os tratamentos controle e inoculado apresentaram os menores valores, 0,0085g, em média. Já o comprimento da parte aérea teve o melhor valor apresentado por 75% da dose de N + inoculante, 20,11 cm, enquanto apenas o tratamento controle (sem dose de N e sem inoculante) apresentou o menor valor, 8,9 cm (Tabela 1).

A resposta positiva à inoculação com *A. brasilense* varia dependendo do genótipo da planta hospedeira, como observado em diferentes cultivares de *Brachiaria* e *Megathyrsus maximus* (GOMES et al., 2017; GUIMARÃES et al., 2023). Além disso, a aplicação de fertilizantes nitrogenados pode suprimir os efeitos benéficos da

inoculação, uma vez que a alta disponibilidade de N reduz a necessidade de fixação biológica de nitrogênio (REPKE et al., 2013). Portanto, uma combinação de fatores como especificidade genotípica e uma interação com doses de N podem explicar nossos resultados de inoculação com *A. brasilense* neste ensaio.

Segundo Costa et al. (2023), a eficiência de uso do nitrogênio (ENU) em forragens cultivadas em estufas tende a diminuir à medida que aumentam as doses de fertilizantes nitrogenados. Embora doses maiores promovam maior produção de biomassa, a eficiência de conversão de nitrogênio pelas plantas reduz proporcionalmente, indicando um limite máximo na ENU, o que pode explicar as melhores variáveis da parte aérea em todos os tratamentos que receberam doses de N, independentemente do inoculante, e a não diferença quando comparamos apenas os tratamentos com N.

Comparando o valor nutritivo, a digestibilidade, os macro e micronutrientes das plantas, entre todos os tratamentos que receberam doses de N (dose de 75% N; dose de 75% N + inoculante; dose de 100% N; dose de 100% N + inoculante), com inoculante ou não, não houve diferença apresentada.

#### **4.3. Experimento de campo – Associação entre BPCP e doses de Nitrogênio**

No ensaio de campo, onde foi possível verificar a diferença na produção e qualidade da forragem, o Acúmulo Total de Forragem (ATF) foi afetado pelos tratamentos ( $p = 0,0221$ ), onde os tratamentos que receberam doses de N apresentaram valores maiores que os tratamentos sem N (inoculante e controle). Pedreira et al. (2023) relataram que a fertilização nitrogenada aumenta significativamente o acúmulo de forragem quando aplicada em pastagens de *digitaria spp.*, aumentando a produção de biomassa. Além disso, Sosinski et al., (2022) e Teutsch et al. (2005) observaram o mesmo efeito positivo no acúmulo de forragem em pastagens de capim-colchão sob fertilização com N, corroborando com nossos resultados.

Comparando-se apenas os tratamentos com N, não houve diferença entre eles (Tabela 2). Segundo Volenec & Nelson, (1984), esses efeitos no acúmulo de forragem decorrem da capacidade do nitrogênio de aumentar a atividade enzimática, estimular os processos metabólicos das plantas e influenciar as propriedades morfogênicas e estruturais do dossel.

Embora o ATF tenha sido afetado pelas doses de N, a entrada química de N no solo pode ter resultado em fixação ineficiente de nitrogênio pelo PGPB, como ocorreu no experimento em estufa. A disponibilidade de N reduz a necessidade de fixação biológica de nitrogênio (REPKE et al., 2013).

A massa de forragem foi afetada pela interação tratamento x colheita ( $p = 0,0014$ ). Na primeira colheita, valores menores foram observados no controle e inoculado do que nos outros tratamentos. Na segunda colheita, não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 2). No geral, o inoculante não melhorou a produtividade, e a fertilização com 50 kg ou 67 kg de N/hectare resultou em valores semelhantes (Tabela 2).

Tabela 2. Média de acúmulo total de forragem de capim-colchão e produtividade

Variável	Tratamentos						valor p
	Controle	Inoculado	50N	50Ni	67N	67Ni	
Acúmulo total de forragem	1,37b*	1.31b	2.97a	2.49a	2.32ab	2.54a	0,0221
Produtividade	0,6525b	0,6863b	1.3145a	1.2450a	1.3621	1.2663a	< 0,0001
					a		
Colheita	Controle	Inoculado	50N	50Ni	67N	67Ni	
Primeiro	0,34 Bb	0,18 Bb	1,33 Aa	1,24 Aa	1,59 Aa	1,27 Aa	0,0014
Segundo	1,02 Aa	1,12 Aa	1,29 Aa	1,25 Aa	1,12 Aa	1,25 Aa	

(toneladas/hectare) para as duas colheitas em Spring Hill, TN.

\*Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas na linha são significativamente diferentes pela probabilidade de ( $P < 0,05$ ).

Na avaliação da qualidade da forragem, a PB foi afetada pelo tratamento ( $p < 0,001$ ; Figura 2) e pela colheita ( $P < 0,001$ ). Na primeira colheita, a PB foi de 13,5% enquanto na segunda colheita foi de 11,3%. Ambos os valores de PB ficaram acima de 7%, que é o mínimo recomendado para a manutenção dietética adequada de um rúmen (NRC, 2001). Todos os tratamentos que receberam adubação nitrogenada apresentaram maior PB quando comparados ao controle e à inoculação ( $p < 0,001$ ; Figura 2), corroborando com Pedreira et al. (2023).

A fertilização nitrogenada aumenta o teor de proteína bruta (PB) de gramíneas tropicais, influenciando diretamente na qualidade da forragem. Pedreira et al., (2023) relataram que o capim-caranguejo fertilizado com nitrogênio apresentou frações proteicas e de carboidratos melhoradas, aumentando seu valor nutricional. Da mesma forma, Lima et al. (2022) observaram que a fertilização nitrogenada em pastagens tropicais melhorou o desempenho animal ao fornecer maior teor de PB, destacando a importância do manejo do nitrogênio na otimização dos níveis de proteína da forragem e na produtividade geral da pastagem.

Embora o IVTDMS48h tenha sido maior na primeira colheita (76,9%) do que na segunda (72,9%) ( $P < 0,001$ ), não houve efeito do tratamento ( $p = 0,4780$ ).

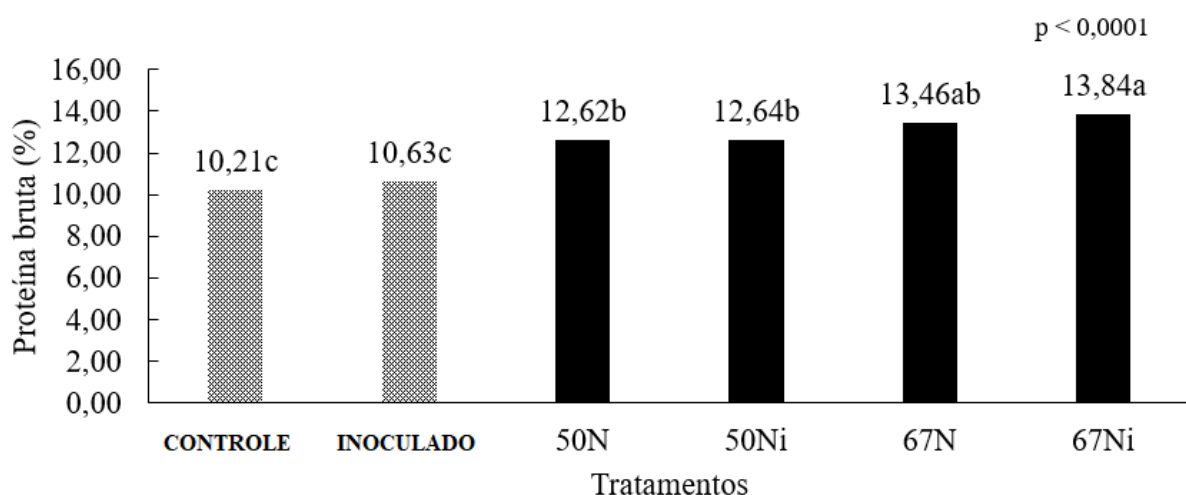


Figura 2. Proteína bruta (PB) média do capim-coxão nas duas colheitas em Spring Hill, TN.

O NDF foi afetado pelo tratamento e pela colheita ( $p = 0,0042$ ;  $p < 0,0001$ ), onde todos os tratamentos que receberam adubação nitrogenada apresentaram maior FDN quando comparados ao controle e inoculados ( $P < 0,0042$ ). No efeito de colheita, a FDN da primeira colheita foi menor que a da segunda, apresentando valores de 59% e 70%, respectivamente (Tabela 3). Diferentemente, não houve efeito do tratamento para a variável FDA ( $P = 0,1801$ ). No entanto, o maior valor foi na primeira colheita (36,27%) do que na segunda (44,57%) ( $P < 0,001$ ).

Leite et al., (2021) encontraram melhora nos parâmetros de digestibilidade, quando aumentaram os níveis de N em pastagens de marandu. Entretanto, nossos resultados mostraram maiores valores de FDN nos tratamentos com adubação nitrogenada quando comparados ao tratamento controle e inoculado, devido à adição

de N, promovendo melhor desenvolvimento das plantas e melhor AGT nesses tratamentos.

Tabela 3. Valor nutritivo e componentes da planta para as duas colheitas em Spring Hill, TN.

Variável	Tratamentos							Colheita		
	Controle	Inoculado	50N	50Ni	67N	67Ni	Valor p	1	2	Valor p
FDN	62,91c	63,16 a.C.	65.44a	66.02a	65.70a	64.96a	0,0042	59,05	70,03	< 0,0001
ADF	<i>Somente efeito de colheita</i>							36.27a	44.57b	< 0,0001
N%	1,64c	1,70c	2.02b	2.02b	2.15ab	2.21a	<,0001	2.1a	1,81b	< 0,0001
P%	<i>Nenhum efeito observado</i>									
K%	<i>Somente efeito de colheita</i>							2.64b	2,99a	0,0094
Ca%	<i>Somente efeito de colheita</i>							0,66a	0,43b	< 0,0001
mg%	0,21c	0,22 a.c.	0,31a	0,28 ab	0,30a	0,36a	0,0014	<i>Somente efeito do tratamento</i>		

A associação de tecnologias como fertilização nitrogenada e número de colheitas são responsáveis por melhorar a qualidade da forragem quando N é aplicado em capim-colchão, melhorando TFA, Proteína Bruta e recuperação de N (PEDREIRA et al., 2023). No entanto, os macronutrientes analisados nos dados de campo não mostraram um padrão claro em resposta à fertilização com N.

O N (%) foi afetado pelo tratamento e pela colheita ( $p < 0,0001$ ;  $p < 0,0001$ ), onde com o aumento da dose de N foi observado melhora nesta variável e todos os tratamentos que receberam doses de N, apresentaram melhores valores que o controle e o tratamento inoculante. Na primeira colheita, o N (%) foi de 2,10% enquanto na segunda colheita foi de 1,81%.

Não foi observado efeito em P (%), onde o valor médio entre todos os tratamentos foi de 0,2943.

A concentração de K foi melhor na segunda colheita quando comparada à primeira, 2,99% e 2,64% ( $p = 0,0094$ ), respectivamente, além disso não houve efeito

do tratamento ( $p = 0,7966$ ). Por outro lado, o Ca foi maior na primeira colheita (0,6584%) do que na segunda (0,4287%) ( $P < 0,001$ ), mas, assim como a concentração de K, não houve efeito do tratamento ( $P = 0,0533$ ).

Todos os tratamentos que receberam adubação nitrogenada apresentaram maior teor de Mg quando comparados ao controle e à inoculação ( $P = 0,0014$ ), mas comparando apenas os tratamentos que receberam doses de N, não foi observado efeito.

## 5. Conclusão

O uso de PGPB com fertilização nitrogenada em *Digitaria spp.* não apresentou ganhos significativos em produtividade ou qualidade da forragem. Embora essas bactérias promovam a fixação de nitrogênio em algumas gramíneas, seus efeitos variam de acordo com a espécie e o manejo. A falta de resposta sugere que as interações de *A. brasilense* com *Digitaria spp.* não são totalmente compreendidas, exigindo mais pesquisas para otimizar a inoculação e a aplicação de nitrogênio. Melhorar a eficiência nessas áreas pode ajudar a reduzir custos, mantendo ou aumentando a produção de forragem, beneficiando os agricultores economicamente.

## Referências

Balasko, JA, GW Evers e RW Duell. 1995. Bluegrasses, Ryegrasses e Bentgrasses. pág. 363-366. Em RF Barnes, et. al., (ed.) Forragens. Uma introdução à agricultura de pastagens. Vol. 1. 5ª ed. Imprensa da Universidade Estadual de Iowa. Ames, IA. LA.

Bourscheidt, MLB, Carneiro e Pedreira, B., Pereira, DH, Zanette, MC, Devens, J., 2019. Estratégias de aporte de nitrogênio em pastagens: adubo mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro. Ciência. Elétron. Arco. 12, 137. <https://doi.org/10.36560/1232019784> .

Costa, NDL, Paulino, VT, Magalhães, JA, Rodrigues, BHN, Santos, FDS Eficiência do nitrogênio, produção de forragem e morfogênese do capim-massai sob adubação. Núcleo, v. 13, n. 2, pág. 173-182, 2016.

Costacurta, A.; Vanderleyden, J. Síntese de fitohormônios por bactérias associadas a plantas. Crit. Rev. Microbiol. 1995, 21, 1–18.

de Asevedo Soares, D.; Modesto, VC; Nakao, AH; Soares, WR; Freitas, LA; Dickmann, L.; Pascoaloto, IM; Andreotti, M. Rendimento e nutrição da soja cultivada na palha de sorgo granífero inoculado com *Azospirillum brasilense* e consorciado com capim BRS Paiaguás. *Plants* 2023, 12, 2007. <https://doi.org/10.3390/plants12102007>

Duarte, CFD; Cecato, U.; Biserra, TT; Mamédio, D.; Galbeiro, S. *Azospirillum* spp. em gramíneas e forragens. *Análise. Rev. Ciência. Pecu.* 2020, 11, 223–240.

Faria BM, Morenz MJF, Paciullo DSC, Lopes FCF e Gomide CAM (2018) Crescimento e características bromatológicas de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria ruziziensis* sob sombreamento e nitrogênio. *Revista Ciência Agronômica* 49 , 529–536. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180060>.

Fukami, J.; Cerezini, P.; Hungria, M. *Azospirillum* : benefícios que vão muito além da fixação biológica de nitrogênio. *AMB Express* , v. 1, pág. 73, 2018.

Gomes, LBE. Inoculação Da Estirpe Sp 245 De *Azospirillum* Brasileiro Em Diferentes Genótipos De *Brachiaria*. 2017.

Guimarães, GS, Rondina, ABL, de Oliveira Junior, AG, Jank, L., Nogueira, MA, Hungria, M. Inoculação com bactérias promotoras de crescimento vegetal melhora a sustentabilidade de pastagens tropicais com *Megathyrsus maximus*. *Agronomia*, v. 13, n. 3, p. 734, 2023.

Heinrichs, R., Meirelles, GC, Santos, LF de M., Lira, MV da S., Lapaz, A. de M., Nogueira, MA, Bonini, C. dos SB, Soares Filho, CV, & Moreira, A. (2020). Inoculação do *Azospirillum* em sementes de capim Marandu: efeitos na produção de forragem e estado nutricional. *Semina: Ciências Agrárias*, 41(2), 465–478.

LEITE, RG; CARDOSO, ADS; FONSECA, NVB; SILVA, MLC; TEDESCHI, LO; DELEVATTI, LM; RUGGIERI, AC; REIS, RA Efeitos da adubação nitrogenada nas frações proteicas e carboidratos do capim-marandu. *Relatórios Científicos* , v. 1, pág. 1-8, 2021.

LIMA, LO; ANGARATTO, F; DALLANTÔNIA, EE; LEITE, RG; ARGENTINI, GP; FERNANDES, MHM DA R; REIS, RA; VYAS, D; MALHEIROS, EB A fertilização com N em pastagens tropicais melhora o desempenho, mas não a emissão de metano, de touros Nelore em crescimento. *REVISTA DE CIÊNCIA ANIMAL*. v.1, p.1-, 2022.

Littell, RC, GA Milliken, WW Stroup, RD Wolfinger e O. Schabenberger. 2006. SAS para modelos mistos. SAS Institute. Inc., Cary, NC: 814.

Lolato, RP; Marburger, D.; Tomlinson, P.; Edwards, J. Trigo de dupla proposta: manejo para produção de forragem e grãos. Um produto do Great Plains Grazing, 2017.

Mariano, RL R; Silveira, EB; Assis, SMP; Gomes, AMA; Nascimento, ARP; Donato, VMTS Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica , v. 89-111, 2013.

McIntosh, D., BJ Anderson-Husmoen, R. Kern-Lunbery, P. Goldblatt, R. Lemus, T. Griggs, L. Bauman, S. Boone, G. Shewmaker e C. Teutsch. 2022. Diretrizes para uso ideal de calibrações de forragem e ração do NIRSC em laboratórios de associação (segunda edição). The University of Tennessee Press, Knoxville, TN.

Conselho nacional de pesquisa, comitê de nutrição animal e subcomitê de nutrição de gado leiteiro. (2001). Requisitos nutricionais de gado leiteiro: 2001. National Academies Press.

MÜLLER, T. M.; SANDINI, I. E.; RODRIGUES, J. D.; NOVAKOWISKI, J. H.; BASI, S.; KAMINSKI, T. H. Combinação de métodos de inoculação de *Azospirillum brasilense* com adubação nitrogenada a lanço aumenta a produtividade do milho. *Ciência Rural*, v. 46, n. 2, p. 210–215, 2016.

Nunes SG, Boock A, Penteado MDO, Gomes DT (1984) *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*. Embrapa Gado de Corte, 31 p. (Embrapa Gado de Corte, Documentos (INFOTECA-E)).

Peters, EJ, e SA Lowance. 1974. Fertilidade e tratamentos de manejo para controlar a vassoura em pastagens. *Ciência de ervas daninhas*

PEDREIRA, B. C.; BARBOSA, P. L.; PEREIRA, L. E. T.; MOMBACH, M. A.; DOMICIANO, L. F.; PEREIRA, D. H.; FERREIRA, A.. Tiller density and tillering on *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 69, n.4, p.1039-1046, 2017.

Pedreira, BC, Yasuoka, JI, Barros, ITMD, Helwig, D., Farney, JK, Sassenrath, GF Estratégias de manejo para melhorar o acúmulo de forragem e o valor nutritivo em

campos de feno de capim-caranguejo. *The Journal of Agricultural Science*, v. 161, n. 4, p. 581-588, 2023.

Repke, RA, Cruz, SJS, Silva, CJD, Figueiredo, PG, Bicudo, SJ Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. 2013.

Santos, MS, Nogueira, MA, Hungria, M., 2021. Impacto marcante das linhagens de *azospirillum brasilense* ab-v5 e ab-v6 na agricultura brasileira: lições que os agricultores estão receptivos à adoção de novos inoculantes microbianos. *Cienc. Solo* 45, 1–31. [https://doi.org/10.36783/18069657RBCS20200128\\_](https://doi.org/10.36783/18069657RBCS20200128_).

Silva, FS, Domiciano, LF, Gomes, FJ, Sollenberger, LE, Pedreira, CGS, Pereira, DH, Pedreira, BC, 2020. Acúmulo de forragem, valor nutritivo e produção de bovinos de corte em pastagens de capim-marandu em sistemas integrados. *Agrofor. Syst.* <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00508-3> .

Sosinski, S, Castillo, MS, Kulesza, S e Leon, R (2022) Efeitos da cama de frango e do fertilizante de nitrogênio na produtividade e no valor nutritivo do capim-caranguejo. *Crop Science* 62, 2039–2569.

Souza, W. L. d.; Romanzini, E. P.; Delevatti L. M.; Leite, R. G.; Bernardes, P. A.; Cardoso, A. d. S.; Reis, R. A.; Malheiros, E. B. Economic Evaluation of Nitrogen Fertilization Levels in Beef Cattle Production: Implications for Sustainable Tropical Pasture Management. *Agriculture* 2023, 13, 2233. <https://doi.org/10.3390/agriculture13122233>

Hungria, M.; Campo, RJ; Souza, EM; Pedrosa, FO Inoculação com linhagens selecionadas de *Azospirillum brasilense* e *A. lipoferum* melhora produtividades de milho e trigo no Brasil. *Plant and Soil* . v. 331, p. 413-42, 2010.

Hungria, M.; Nogueira, MA; Araujo, RS Inoculação de *Brachiaria* spp. com a bactéria promotora de crescimento vegetal *Azospirillum brasilense* : um componente ambientalmente amigável na recuperação de pastagens degradadas nos trópicos. *Agricultura, Ecossistemas & Meio Ambiente* , v. 221, p. 125-131, 2016.

Hungria, M.; Rondina, ABL; Nunes, ALP; Araujo, RS; Nogueira, MA Inoculação de PGPR via semente e via foliar em braquiárias (*Urochloa* spp.) como oportunidade

econômica e ambiental para melhorar o crescimento das plantas, a produção de forragem e o estado nutricional. *Plant and Soil*, v. 463, p. 171-186, 2021.

Teutsch, CD, Fike, JH e Mac Tilton, W (2005) Rendimento, digestibilidade e valor nutritivo do capim-caranguejo conforme impactado pela taxa e fonte de fertilização com nitrogênio. *Agronomy Journal* 97, 1640–1646.