



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

BRUNA EDUARDA MOREIRA FEIO

**RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM COM CAPIM MARANDU EM FUNÇÃO DA
ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA**

**Belém – PA
2025**

RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM COM CAPIM MARANDU EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, Programa de Pós-graduação em Agronomia como parte das exigências para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Sergio Bastos de Matos.

Coorientador: Prof. Dr. Marcos André Piedade Gama

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F297r Feio, Bruna Eduarda Moreira
 Recuperação de pastagem com capim-marandu em função da adubação nitrogenada e fosfatada / Bruna
 Eduarda Moreira Feio. - 2025.
 60 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Agronomia(PPGA), Campus Universitário
 de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2025.
 Orientador: Prof. Dr. Gilson Sergio Bastos de Matos
 Coorientador: Prof. Dr. Marcos André Piedade Gama.
1. Degradação. 2. Fertilização . 3. Forragem. I. de Matos, Gilson Sergio Bastos , *orient.* II. Título

CDD 631.422

BRUNA EDUARDA MOREIRA FEIO

**RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM COM CAPIM MARANDU EM FUNÇÃO DA
ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia. Área de concentração: Manejo e conservação de recursos ambientais.

29/08/2025

Data de defesa

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
GILSON SERGIO BASTOS DE MATOS
Data: 07/10/2025 17:08:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profº Dr. Gilson Sergio Bastos de Matos – Presidente

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA (UFRA)



Documento assinado digitalmente
GLEVIA KAMILA LIMA
Data: 07/10/2025 21:54:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dr. Glêvia Kamila Lima – 1º Examinador

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO (UFRPE)



Documento assinado digitalmente
ERIC VICTOR DE OLIVEIRA FERREIRA
Data: 07/10/2025 21:43:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profº. Dr. Eric Victor de Oliveira Ferreira – 2º Examinador

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA (UFRA- Capitão poço)



Documento assinado digitalmente
RONAN MAGALHAES DE SOUZA
Data: 08/10/2025 12:00:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profº. Dr. Ronan Magalhães de Souza – 3º Examinador

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA (UFRA- Tomé açu)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus por ter me dado força, sabedoria e discernimento, sendo o responsável por todo meu sustento durante todas as etapas da minha vida.

Faço essa dedicação também a minha família (Marido, Filho, Mãe e Pai), por todo suporte, carinho, amor e dedicação transmitidos. Além disso, queria agradecer a minha madrinha (Annete) pelo apoio e suporte que me foi fornecido durante esses dois anos. Através de todo amor recebido por vocês, o caminho se tornou mais leve.

Aos meus amigos de longa data (Mylena Gemaque, Nicolas Arrais, Felipe Sousa, Raissa Rodrigues, Diego Cardoso e José Marques) quero agradecer por todos esses anos juntos compartilhando da lealdade, carinho, respeito e amizade vividos na Universidade e na vida.

Aos meus amigos que tive o privilégio de conhecer durante o período de pós-graduação: Marcos viana, Felipe Ribeiro, Keila beatriz, Vinicius Pantoja, Yan nunes, Flavio Rodrigues, Juliane Silva e Matheus Augusto. Quero agradecer por cada sentimento compartilhado, cada desespero vivido, cada choro, cada sorriso, experiências compartilhadas e pela nossa parceria diária.

Quero agradecer também aos meus colegas de trabalho que fazem parte do grupo PROSOLUM e em especial dedicar aos meus Filhos/Amigos (Agatha, André, Carlos, Bedhalus) pela dedicação, paciência e companheirismo, pelo laço de amizade que foi construído, pela rotina, pelos perrengues divididos no trabalho e pelas conquistas compartilhadas. Vocês foram essenciais nesse processo.

Gostaria de demonstrar a minha eterna gratidão ao meu orientador Gilson Sergio Bastos de Matos, por todo conhecimento adquirido através dos seus ensinamentos, pela paciência e pela atenção demonstradas desde a graduação até a minha formação como mestre. Além disso, queria também agradecer especialmente ao meu coorientador Marcos André Piedade Gama, por toda partilha de conhecimento, pela cumplicidade, confiança e por ter me dado o privilégio de trabalhar ao seu lado, me fazendo evoluir no profissional e pessoal.

A minha gratidão também a Universidade Federal Rural da Amazônia, ao programa de pós-graduação em agronomia e a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA), pela colaboração e auxílio e suporte prestados durante esses dois anos de pós-graduação.

Por fim, agradecer a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste sonho, minha sincera gratidão.

“Consagre ao senhor tudo que faz e seus planos serão bem-sucedidos.”
(Provérbios 16:3)

RESUMO

O gênero *Urocloa brizantha* cv. Marandu destaca-se em áreas plantadas, ocupando cerca de 50 a 70 % das pastagens cultivadas no Brasil. Contudo, a falta de reposição de nutrientes tornou-se uma das principais causas de degradação das pastagens. Dessa forma, elementos como o N e P são os principais responsáveis pelo aumento de produtividade e manutenção das forrageiras. Mediante a combinação de N e P, objetivou-se estudar o efeito destes na recuperação de pastagens com capim-marandu. O experimento foi realizado em uma propriedade rural localizada no município de Bujaru, (PA), em 2023. O delineamento experimental foi estabelecido em blocos casualizados, em esquema de parcelas sub-divididas 4 x 4, com dezesseis tratamentos e três repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Sendo os tratamentos distribuídos da seguinte forma: quatro doses de N (0; 100; 200 e 300 kg ha⁻¹) e quatro doses de P (0; 50; 100 e 150 kg ha⁻¹). A fonte de N utilizada foi o sulfato de amônio (21% de N – primeira aplicação) e Ureia (45% de N) nas demais adubações e como fonte de P o superfosfato simples (18% P₂O₅). As aplicações dos tratamentos foram realizadas em junho/2023, sendo as plantas submetidas a sete cortes. Após o término do experimento, foram coletadas amostras de planta para análise de produção e tecido foliar, bem como amostras de solo com o auxílio de um trado holandês na profundidade de (0-20 cm), para avaliar o efeito da aplicação dos tratamentos sobre os seus atributos químicos do solo. Os resultados experimentais evidenciaram que a interação entre N e P influenciaram a produção de matéria seca, bem como o teor de matéria seca, na densidade de perfilho e na altura do capim. No entanto, o teor de N e P, tanto no solo quanto na planta, foi influenciado pelas doses individuais desses nutrientes. Dessa forma, a partir das variáveis citadas infere-se que as melhores respostas para P e N estão entre 90 a 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 200 e 250 kg ha⁻¹ respectivamente, proporcionando o aumento da produtividade do marandu, bem como demonstrando a importância do manejo de adubação nitrogenada e fosfatada para disponibilidade de nutrientes no sistema solo-planta.

Palavras-chaves: Degradação; Fertilização; Forragem.

ABSTRACT

The genus *Urocloa brinzantha* cv. Marandu stands out in the agricultural scenario, occupying approximately 50 to 70% of the pastures cultivated in Brazil. However, the lack of nutrient replacement has become one of the main causes of pasture degradation. Thus, macronutrients such as nitrogen and phosphorus are the main responsible for the increase in productivity and maintenance of forages. Through the combination of nitrogen and phosphorus, the objective was to study the effect of these macronutrients on the recovery of pasture with marandu grass. The experiment was carried out on a rural property located in the municipality of Bujaru, state of Pará. The experimental design was established in randomized blocks, in a 4 x 4 factorial scheme, with sixteen treatments and three replications, totaling 48 experimental units, with the treatments distributed as follows: four N doses (0; 100; 200 and 300 kg ha⁻¹) and four P doses (0; 50; 100 and 150 kg ha⁻¹). The N source used was ammonium sulfate (21% N - first application) and urea (45% N) in maintenance fertilization and as a P source, simple superphosphate (18% P₂O₅), in which the treatments were applied in June/2023, in which the plants were subjected to seven cuts. After the experiment was completed, soil samples were collected using a Dutch auger at a depth of 0-20 cm to evaluate the effect of the application of treatments on the chemical properties of the soil. The experimental results showed that the interaction between nitrogen and phosphorus influenced dry matter production, as well as dry matter content, tiller density and grass height. However, the accumulation of nitrogen and phosphorus, both in the soil and in the plant, was determined by the individual doses of these nutrients. Thus, based on the variables mentioned, it can be inferred that the best responses for phosphorus and nitrogen are between 90 and 150 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 200 and 250 kg ha⁻¹ respectively, providing an increase in the productivity of marandu grass, as well as demonstrating the importance of nitrogen and phosphorus fertilization management for soil fertility variables in the availability of nutrients in the soil-plant system.

Keywords: Degradation; Forage; Fertilization

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do processo de degradação de pastagens cultivadas.....	25
Figura 2 - Área de pastagem com capim marandu no município de Bujaru, PA. 2023.....	29
Figura 4 - Aspecto geral durante o preparo da área (A) e aplicação do calcário (B) na área experimental com capim- marandu estabelecido em Latossolo Amarelo, no município de Bujaru, Pará.	31
Figura 5 - Croqui das parcelas experimentais, com disposição dos tratamentos de adubação nitrogenada e fosfatada no capim-marandu estabelecido em Latossolo Amarelo, no município de Bujaru, Pará, 2023.....	32
Figura 6 - Aplicação dos tratamentos de adubação nitrogenada e fosfatada na área experimental com capim- marandu estabelecido em Latossolo Amarelo, no município de Bujaru, Pará (2023).....	33
Figura 7 -Avaliação da produtividade de Biomassa para determinação da produção de matéria seca por hectare (A; B) em experimento de capim-marandu estabelecido em Latossolo Amarelo No município de Bujaru Bujaru, Pará, 2023.....	34
Figura 8 - Aferição da altura dentro da área experimental com capim-marandu estabelecido em Latossolo Amarelo. Bujaru, Pará.....	35
Figura 9 - Contagem populacional de perfilho em experimento de capim-marandu estabelecido em Latossolo Amarelo no município Bujaru, Pará.....	35
Figura 10 - Amostragem de solo (A) e análises dos atributos da fertilidade do solo no laboratório de química do solo (B) do experimento de Capim marandu em Latossolo Amarelo, Bujaru, Pará.....	36
Figura 11 - Análise bromatológica (A) e nutricional (B) do capim-marandu com doses de N e P. Bujaru, Pará, 2024.....	38
Figura 12 - Produção de matéria seca (kg ha^{-1}) do capim-marandu, correspondente ao mês de outubro em função da adubação com nitrogênio e fosforo. Bujaru, Pará, 2024.....	41
Figura 13 - Teor de matéria seca (%) do capim marandu, correspondente ao mês de fevereiro em função da adubação com nitrogênio e fosforo. Bujaru, Pará, 2024.....	44
Figura 14 - Altura (cm) correspondente ao mês de agosto (A) e mês de dezembro (B) do capim-marandu, em função da interação de nitrogênio e fósforo. Bujaru, Pará, 2024.....	47
Figura 15 - densidade de perfilho (m^2) do capim-marandu, correspondente ao mês de janeiro em função da adubação com nitrogênio e fosforo. Bujaru, Pará, 2024.....	49

Figura 16 - Teor de proteína bruta (PB) na matéria seca do capim-marandu no mês de agosto e fevereiro em função da adubação nitrogenada. Bujaru, Pará, 2024. *Significativo pelo teste t de Student ($p < 0,05$).....52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise inicial e interpretação dos parâmetros da fertilidade do solo (0-20 cm) em experimento de adubação nitrogenada e fosfatada com capim-marandu cultivado em Latossolo Amarelo de Bujaru, Pará, 2023.....	30
Tabela 2 - Produção de matéria seca (kg ha^{-1}) do capim-marandu em função da adubação com P e N correspondente aos sete meses de avaliação. Bujaru, Pará, 2024.....	39
Tabela 3 - Teor de massa seca (%) do capim-marandu em função da adubação com P e N, correspondente aos sete meses de avaliação. Bujaru, Pará, 2024.....	42
Tabela 4 - Altura (cm) do capim-marandu em função da adubação com P e N, correspondente aos sete meses de avaliação. Bujaru, Pará, 2024.....	45
Tabela 5 - Densidade populacional de perfilhos (m^2) do capim-marandu em função da adubação com fósforo e nitrogênio correspondente aos sete meses de avaliação.....	48
Tabela 6 - Parâmetros da fertilidade de solo (0-20 cm) em função da adubação com fósforo e nitrogênio correspondente ao mês de fevereiro, em experimento com capim-marandu em Latossolo Amarelo de Bujaru, Pará, 2024.....	50

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	21
2. HIPÓTESE.....	22
3. OBJETIVOS.....	22
3.1 Objetivo Geral.....	22
3.2 Objetivos específicos.....	22
4. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	23
4.1 <i>Urochloa Brizantha</i> cv. Marandu.....	23
4.2 Degradação de pastagem na Amazônia.....	24
4.3 Métodos de recuperação das pastagens.....	25
4.4 Adubação Fosfatada.....	26
4.5 Adubação nitrogenada.....	27
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
5.1. Caracterização da área do estudo.....	28
5.2. Critério de seleção e preparo da área de estudo.....	30
5.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	31
5.4. Adubação e controle de invasoras.....	32
5.5. Avaliação da produtividade.....	33
5.6. Altura da forragem.....	34
5.7. Densidade populacional de perfilho.....	35
5.8. Coleta de solo.....	36
5.9. Índice de estabilidade estrutural do solo (IEES).....	37

5.10. Análise de tecido foliar.....	37
5.11. Procedimentos Estatísticos.....	38
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
7. CONCLUSÃO.....	56
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

As áreas de pastagem no Brasil desempenham um papel fundamental no cenário agrícola, abrangendo aproximadamente 154,96 milhões de hectares segundo MapBiomas (2024). Essas extensões são compostas principalmente por gramíneas forrageiras, que constituem uma das principais fontes de alimentos volumosos para a pecuária, tanto de corte quanto de leite (Souza *et al.*, 2016). Diante disso, entre as espécies de gramíneas tropicais, as *brachiarias* são as mais utilizadas na formação de pastagens, dentre elas a *Urochloa brizantha* cv. Marandu, ocupa cerca de 50 a 70 % das pastagens cultivadas no Brasil (Cabral *et al.*, 2016; Monteiro *et al.*, 2024).

Embora a base da alimentação de grande parte dos animais de produção seja demandada por recursos forrageiros, verifica-se que no território brasileiro mais da metade das áreas de pastagens cultivadas encontra-se com algum grau de degradação (Minighin *et al.*, 2017). A degradação de pastagens constitui-se da perda contínua de vigor, caracterizada pelo declínio de quantidade e qualidade da forragem. Dentre os principais fatores de insucesso no cultivo das gramíneas estão o preparo incorreto do solo, sementes de baixa qualidade, má formação inicial e principalmente a falta de reposição de nutrientes. Neste contexto, a restauração da fertilidade do solo é uma das principais ferramentas para reverter a realidade de algumas propriedades (Cruz *et al.*, 2018).

De forma geral, os solos brasileiros, principalmente de regiões tropicais, apresentam pH naturalmente abaixo de 5,0, valores elevados Al e Fe, bem como baixa disponibilidade de nutrientes (Francisco, 2017). Mesmo assim, a exploração de forrageiras tropicais destinadas à pecuária é realizada nestas condições sem o uso de corretivos e fertilizantes (Cantarella *et al.*, 2002). A formação e recuperação de pastagens degradadas requer práticas essenciais de calagem, gessagem e adubação. Nesse sentido, destaca-se o uso do fósforo (P) e o nitrogênio (N) na implantação e manutenção do pasto, sendo estes os nutrientes mais exigidos pelas plantas forrageiras (Lange *et al.*, 2018).

O P é essencial para ao crescimento radicular, absorção de N em condições limitantes, bem como perfilhamento das gramíneas e valor nutricional das plantas, porém sua disponibilidade em solos tropicais é reduzida devido à fixação em condições ácidas, exigindo

manejo eficiente da adubação fosfatada (Pinheiro *et al.*, 2014; Carneiro *et al.*, 2017; Pavinato *et al.*, 2020). Já o N é crucial para a produtividade e qualidade das pastagens, atuando na síntese de proteínas e clorofila, além de influenciar a produção de matéria seca. A deficiência deste elemento causa amarelecimento foliar, redução no perfilhamento e rebrota, comprometendo o valor proteico da forragem para os animais (Branco *et al.*, 2024; Leiser *et al.*, 2024).

Diversos fatores são considerados entraves para o alcance de elevadas produtividades, como a falta de investimento da fertilização dos solos de regiões tropicais. No cenário de produtividade, a maior parte dos rendimentos de forragem são alcançados em virtude da aplicação conjunta do fósforo e nitrogênio (COSTA, 2023).

Vale ressaltar que a baixa disponibilidade de P interfere diretamente na absorção de N, impactando na limitação de energia para a fase fotoquímica da fotossíntese e nos processos de carboxilação de CO₂ nas células da bainha (GASTAL & LEMAIRE, 2002). Considerando o valor elevado dos fertilizantes e a sua importância na cadeia de produção, é necessário garantir a máxima eficiência, por meio da determinação da dose que incrementará de forma mais significativa a produção (CARNEIRO *et al.*, 2011).

2. HIPÓTESE

A utilização de adubação com N e P contribui na recuperação de pastagem.

As doses de adubação fosfatada e nitrogenada recomendadas para manutenção de pastagem no Pará, são adequadas para áreas em recuperação.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a recuperação da pastagem com marandu em função da adubação com nitrogênio e fósforo.

3.2 Objetivos específicos

Avaliar as respostas do tecido foliar e fertilidade do solo do marandu a partir das doses de N e P.

Determinar dose de máxima eficiência técnica de N e P na produtividade do marandu.

4. REFERÊNCIAL TEÓRICO

4.1 *Urochloa Brizantha* cv. Marandu

As pastagens representam a principal fonte de alimento volumoso fornecido na alimentação de ruminantes, sendo o Brasil um dos principais países que apresenta maior potencial produtivo na criação de animais a pasto (Rodrigues Junior et al., 2015). Atualmente, a utilização de gramíneas tropicais compõe a fração mais econômica em um sistema de produção, pois proporciona alimento de boa qualidade e baixo custo, consequentemente competindo com a utilização de grãos e suplemento de volumoso na alimentação animal (Cardoso et al., 2015).

O gênero *Urochloa* (*Brachiaria*) abrange aproximadamente 100 espécies nas regiões tropicais e subtropicais, porém as espécies africanas que mais destacam-se são: *U. arrecta*; *U. decumbens*; *U. brizantha* e *U. humidicula* (Karia, 2006). A *U. brizantha* ‘marandu’, braquiarião ou brizantão, é originária do Zimbábue, nas regiões vulcânicas da África tropical, no entanto, a cultivar foi lançada no Brasil pelo Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte – CNPGC e Centro de Pesquisa Agropecuária dos – CPAC da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA em 1984, com o objetivo de diversificar as áreas de pastagens e substituir gradualmente as áreas de *Brachiaria decumbes* (Pedreira et al., 2014).

Segundo Moreira (2021) a cultivar marandu é uma forrageira de crescimento cespitoso, que atinge cerca de 1,5 a 2,5 m de altura, possui colmos prostrados, perfilho com crescimento ereto ao longo da touceira, com rizomas curtos e encurvados, bainhas pilosas e inflorescência tipo racemo.

Este material apresenta boa adaptação e produtividade adequada em solos de média fertilidade, sendo considerada uma forrageira adaptada às condições de médio e alto nível tecnológico, bem como boa capacidade de rebrota, raízes profundas, caracterizando uma gramínea resistente a cigarrinhas das pastagens, entretanto não tolerando solos encharcados (Valle et al., 2009). De acordo com DiasFilho (2006), o Marandu apresenta limitações no seu cultivo em locais de encharcamento do solo, pois ocorre o emurchecimento e a perda de vigor da gramínea, na qual essa problemática é conhecida como a “morte súbita do braquiarião”,

acarretada principalmente em solos de baixa permeabilidade, causando a falta de oxigênio nas raízes e deixando-a suscetível ao ataque de patógenos, como fungos.

As pastagens de capim marandu quando bem manejadas podem chegar a uma taxa de lotação de uma unidade animal (UA) no período seco e três UA no período chuvoso. Ademais, em condições de manejo adequado apresenta alta produção de biomassa, boa cobertura de solo e um rápido estabelecimento, resultando em uma produção anual de 8 a 20 t ha⁻¹ de matéria seca (Lima, 2013).

Ao avaliar a produtividade e a composição bromatológica do capim-marandu sob fontes e doses de N, Benett et al. (2008) observaram que houve uma influência das doses em relação aos cortes da forrageira, ocorrendo aumento nos teores de proteína bruta de acordo com o aumento das doses de N.

Sousa et al. (2013) ao avaliarem a produtividade do marandu em relação as doses de nitrogênio, observaram um efeito quadrático com uma produtividade máxima de 3,21 t ha⁻¹ de matéria seca, com a aplicação de 72,2 kg ha⁻¹ do adubo nitrogenado, correspondente a 773,1 kg ha⁻¹ ano.

Santos et al. (2015) avaliaram o potencial de estabelecimento da *brachiaria* Mulato II a dois níveis de fósforo (0; 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅), na forma de superfosfato simples, observando acréscimos significativos no perfilhamento da forrageira a partir da adubação fosfatada.

4.2 Degradação de pastagem na Amazônia

No bioma Amazônia, a pecuária de corte iniciou sua expansão na década de 1960 com a criação de bovinos a pasto, tendo como base baixo uso de tecnologias para produção animal. Em decorrência disso, o manejo deficitário e a fraca adaptabilidade das forrageiras empregadas, o resultado culminou em amplas áreas degradadas e insucesso produtivo (Dias-Filho, 2014; Dias-Filho, 2015).

De acordo com MapBiomas 2024, as áreas de pastagem no Brasil se desenvolveram de forma significativa, com um aumento de 78,71% entre os períodos de 1985 a 2023, fim do qual havia cerca de 164 milhões de hectares em áreas de pastagens, porém mais da metade apresentava condições de degradação. Dessa forma, podemos colocar em destaque o estado do Pará com cerca de 21,66 milhões de hectares e com municípios exibindo áreas com mais de 1 milhão de hectares de pastagens (MapBiomas, 2024). Desse modo, essa dinâmica de uso da terra tem se tornado um fator importante na atualidade, abrangendo tanto o bioma

amazônico quanto as outras regiões do Brasil, comprometendo a sustentabilidade e a produção animal (Pereira *et al.*, 2024).

A degradação da pastagem é definida como um processo evolutivo e gradativo que resulta na perda de produção da forragem, tornando-se incapaz de se recuperar naturalmente, ficando susceptível a pragas, doenças e plantas invasoras (Macedo & Zimmer, 1993; Borghi, 2018). A degradação da pastagem pode ser causada por fatores naturais ou antrópicos. Entre os principais fatores que originam ou intensificam tem-se: (1) altas taxas de lotação; (2) falta de reposição de nutrientes; (3) espécies inadequadas para a região; (4) má qualidade de sementes; e (5) ausência de práticas de conservação do solo, que podem proporcionar consequências primárias tais como, solo descoberto e surgimento de daninhas, que promovem redução da oferta da forragem (Paulo Junior, 2013).

O processo de degradação pode ser dividido em três fases: fase de manutenção, fase de degradação da pastagem e fase de degradação do solo. A ilustração abaixo (Figura 1) representa o processo contínuo de alterações das pastagens, demonstrando que na fase de manutenção ocorre uma queda de vigor e produtividade e que de acordo com a utilização dessa pastagem sem o uso de técnicas para manutenção dela, avança-se o processo de degradação. No final do processo, ocorre a degradação do solo, evidenciada pela compactação, erosão e alteração na sua estrutura (Macedo et al., 1999; Macedo *et al.*, 2013).

Figura 1 - Representação do processo de degradação de pastagens cultivadas.



Fonte: Adaptado de Macedo et al., 1999

4.3 Métodos de recuperação das pastagens

Independentemente da causa, grau ou tipo de degradação, é necessário que esse processo seja revertido e para isso são utilizadas técnicas de recuperação e renovação da pastagem (Carvalho *et al.*, 2017).

A recuperação consiste na adoção de estratégias de manejo visando manter a espécie ou cultivar de capim na área, sendo possível aplicar essa técnica quando a degradação se apresenta no estágio inicial. Enquanto a renovação, usa ações de manejo como o plantio de uma nova espécie, sendo recomendada para degradações moderadas e fortes (Dias filho, 2015).

A recuperação é subdividida em técnica direta ou indireta. A recuperação direta é aplicada sem o uso de nenhuma cultura anual, entretanto são usadas ações de ajuste na taxa de lotação, correção e adubação de manutenção nas pastagens, já que estas são consideradas as causas mais frequentes da degradação (De Andrade, 2019).

O ajuste na lotação pode ser feito com a redução da quantidade de animais ou repouso da pastagem, os quais proporcionam a recuperação da área foliar, reservas nutricionais e aumento da cobertura da matéria orgânica do solo. Contudo, o manejo da fertilidade do solo também é um componente importante na recuperação direta, visto que parte das forrageiras cultivadas está em solos de baixa fertilidade (Dias filho *et al.*, 2021). Dessa forma, a correção e adubação permitem a entrada de nutrientes, visando suprir as exigências nutricionais das plantas forrageiras, sendo ações circunstanciais para manter a perenidade e sustentabilidade do pasto (Santini *et al.*, 2015).

Todavia, a recuperação indireta é utilizada por meio do plantio direto de um pasto anual ou uma lavoura anual. Essa prática tem como principais objetivos o aproveitamento dos efeitos residuais da adubação das culturas anuais ou consórcios, para restabelecer a produtividade da cultura, bem como ser viável economicamente, resgatando parte dos custos da recuperação e gerando renda para os produtores por meio da produção de grãos e produção animal (Macedo, 2019).

4.4 Adubação Fosfatada

O fósforo é um macronutriente essencial as plantas, mas sua disponibilidade em solos tropicais é extremamente baixa devido ao intemperismo e à fixação por óxidos de ferro e alumínio em pH ácido, resultando em apenas 20-30% de aproveitamento do adubo aplicado (Faria, 2015; Nascimento, 2024).

A adubação fosfatada é utilizada principalmente nas espécies forrageiras na fase de estabelecimento, atuando no metabolismo das plantas, na indução do perfilhamento e no crescimento do sistema radicular, aumentando a produção da forragem e perenidade do pasto (Fageria et al., 2013a; Martuscello, 2020). Além disso, esse elemento desempenha um papel importante em diversas ações metabólicas nas plantas, como transferência de energia das células, compõe as moléculas de DNA e RNA, bem como sendo constituinte da fotossíntese e respiração das plantas (Taiz & Zeiger, 2017).

Nesse sentido, Porto (2012), ao verificar o efeito de seis níveis de adubação fosfatada em pastagem de capim-marandu em Montes Claros (MG), observou que doses entre 130 e 150 kg de P_2O_5 proporcionaram incrementos de 27 a 40% na matéria seca total e no número de perfilho, respectivamente, em relação ausência da adubação. Dessa forma, esses valores tornam-se representativos para a produção de forrageiras, visto que mais da metade das áreas de pastagens estão degradadas. Entretanto, no estudo feito por Dias et al. (2015), o incremento na produção de matéria seca do piatã em relação às doses de fósforo foram de 29% na dose de 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sendo superior ao trabalho citado anteriormente.

Rodrigues *et al.* (2018) avaliaram a composição química e rendimento do capim-piatã sob doses crescentes de P (0; 50; 100; 150; 200; 250 e 300 kg ha^{-1} de P_2O_5) na forma de superfosfato triplo. Os resultados demonstraram que a maior produção de massa seca ocorreu com a dose de máxima eficiência técnica de 155,7 kg ha^{-1} de P_2O_5 , inferindo que a eficiência de uso do fósforo é inversamente proporcional às suas doses aplicadas, certificando a lei dos incrementos decrescentes para eficiência do uso de doses menores pelas plantas.

Em outro estudo, Rezenda *et al.* (2016) avaliaram a resposta do capim-piatã a doses do fosfato natural reativo e observaram que na maior dose (500 mg dm^{-3}) houve um incremento de 79,05 % na produção de perfilho em relação ao tratamento sem o uso de adubação. Além disso, observaram resultados expressivos no número de folhas do capim, ou seja, o ajuste da dose, combinada a um fertilizante de fosfatado pouco reativo, e de menor custo, já melhora a resposta da pastagem.

4.5 Adubação nitrogenada

O nitrogênio é um macronutriente amplamente requerido nos cultivos agrícolas e na produção de forragens, sendo essencial na dinâmica de crescimento e metabolismo, desempenhando papel fundamental em processos fisiológicos, como divisão celular, atividades fotossintéticas, composição de proteínas e clorofila, além de maximizar o rendimento de matéria seca (Leghari *et al.*, 2016; Da Silva *et al.*, 2024).

A deficiência de nitrogênio é a principal causa do declínio de produção, bem como uma das principais causas de degradação das pastagens. Dessa forma, as ausências das adubações nitrogenadas em pastagens tornam-se aparentes, pois a deficiência em N proporciona clorose nas folhas, diminui a síntese de proteínas, atividade fotossintética, que consequentemente reduz área foliar e a produção de biomassa (BOURSCHEIDT *et al.*, 2019). Em gramíneas, essa deficiência é visualizada pela redução do crescimento na parte aérea, dificuldade de rebrota, menor produção de matéria seca e em fatores nutricionais relacionados à porcentagem de proteína bruta disponível (Ieiri *et al.*, 2010; Skonieski *et al.*, 2017).

A absorção de N pelas plantas ocorre principalmente na forma de nitrato (NO_3^-) ou amônio. No entanto, o seu aproveitamento pelas gramíneas depende do manejo da adubação nitrogenada, devido à dinâmica de transformação do N no solo (Taiz & Zeiger, 2013). Além disso, as pastagens degradadas podem também proporcionar modificações tanto estruturais como relacionadas a fertilidade do solo, como no conteúdo de matéria orgânica, ressaltando a importância da fertilização nitrogenada em gramíneas, pois o N é responsável por características produtivas e nutricionais das pastagens (Rezende, 2022).

Pavinato *et al.* (2014), avaliaram a produção e o valor nutritivo do azevém (*Lolium multiflorum*) sob doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) em um período de dois anos consecutivos, no estado do Paraná. Nessa pesquisa, foi observado um efeito linear no teor de proteína bruta a taxa de 120 kg ha⁻¹ de N proporcionou acúmulo de 874 e 759 kg ha⁻¹ de proteína no azevém aumentando a qualidade nutricional na forrageira e consequentemente influenciando em uma adequada suplementação de bovinos a pasto.

Adubações nitrogenadas para serem eficientes em pastagens precisam ser realizadas de forma estratégica, favorecendo melhores condições de crescimento e produtividade da forrageira. Nesse sentido, Santos *et al.* (2010), avaliando o valor nutritivo de perfilhos do capim-braquiária em função de doses N, observaram que o teor de proteína bruta (PB) da folha verde respondeu de forma linear ao aumento da disponibilidade do nutriente no solo.

Quadros *et al.* (2023) avaliaram a eficiência de uso do N em pastagens de capim-marandu em relação a doses de N e, observaram aumento no teor de proteína bruta e produção de matéria seca (MS), principalmente, para doses de 75 e 150 kg ha⁻¹.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Caracterização da área do estudo

O trabalho foi realizado entre maio de 2023 a fevereiro de 2024, compreendendo as épocas chuvosa e menos chuvosa do ano, em uma propriedade rural localizada no município de Bujaru-PA (Figura 2), com as coordenadas geográficas entre 1° 31' 15" S e 48° 2' 37" O. O solo predominante no município é o Latossolo Amarelo distrófico textura média.

Figura 2 - Área de pastagem com capim marandu no município de Bujaru, PA. 2023

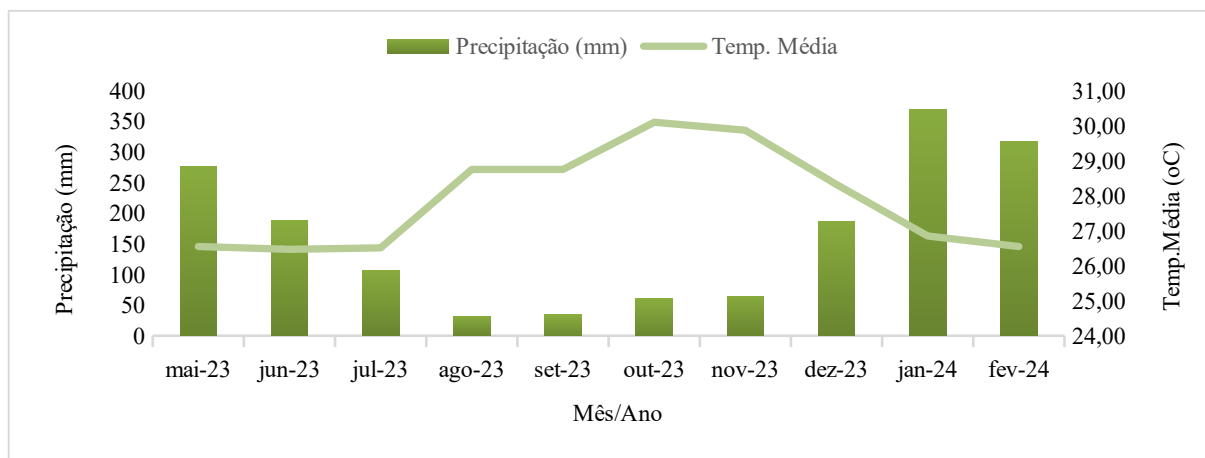


Fonte: Autor, (2025)

O município pertence a faixa climática Af, segundo a classificação de Köppen, sendo um clima quente e úmido, com estação chuvosa bem definida, apresentando um curto período de estiagem.

O período de avaliação experimental, no entanto, coincidiu com as condições climáticas atípicas que ocorreram nos anos de 2023 e 2024, principalmente no período menos chuvoso. Para os valores de temperatura e precipitação foram utilizados dados da plataforma Nasa power, pois o município de Bujaru não possui estação meteorológica. Dessa forma, apresentou uma precipitação e temperatura média anual de 163,78 mm e 27,8 °C, respectivamente durante o período de condução do experimento. (Figura 3).

Figura 3 - Precipitação (mm) e temperatura média (°C) diárias de agosto de 2023 a fevereiro de 2024.



Fonte: NASA POWER/UNESP

Para caracterização inicial (Tabela 1) foram coletadas amostras do solo com auxílio do trado holandês (0-20 cm de profundidade) da área experimental, as quais foram encaminhadas para análises químicas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFRA, campus Belém. Os parâmetros de fertilidade do solo e teor de argila considerados foram: acidez ativa (pH em água), teor de matéria orgânica (M.O.), P disponível, K, Ca, e Mg trocáveis, acidez trocável (Al^{+3}), acidez potencial (H^{+}Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), saturação por bases (V) e saturação por Al^{+3} (m).

Tabela 1 - Análise inicial e interpretação dos parâmetros da fertilidade do solo (0-20 cm) em experimento de adubação nitrogenada e fosfatada com capim-marandu cultivado em Latossolo Amarelo de Bujaru, Pará, 2023.

Atributos	Resultado análise	Classificação**
M.O - Matéria orgânica* g kg^{-1}	13,10	Baixo
pH em H_2O (acidez ativa)*	5,38	Acidez Média
P - (mg dm^{-3})*	2,69	Baixo
K - (mg dm^{-3})*	8,1	Baixo
Ca - ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)*	0,19	Baixo
Mg - ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)*	0,07	Baixo
Al - ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)*	0,62	Médio
H^{+}Al - ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)*	5,42	Alto
Soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,28	Baixo
CTC pH 7,0 ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	5,70	Médio
CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	8,98	Baixo
V%	4,92	Muito Baixo
m%	68,74	Alto
Argila %	24,2	Médio

*M.O (dicromato de sódio); *pH(água); *P e K(Melich); *Ca, Mg e Al (Cloreto de Potássio) e *H+Al (Acetato de cálcio) **Classificação feita de acordo com o livro de Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará (2020).

5.2. Critério de seleção e preparo da área de estudo

Para área experimental, foi selecionada uma área de pastagem de capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) com uso intensivo durante 15 anos, seguido de um período de pousio de cinco anos. Além disso, considerou-se que a pastagem apresentava sinais claros de degradação, podendo classificá-la como uma pastagem em degradação agrícola, em nível 2, com indicativo de pastagem ainda produtiva, mas com algumas áreas de solo descoberto e com presença de plantas invasoras.

No preparo da área experimental, o capim foi rebaixado de forma manual com facão e auxílio de moto roçadeira, quando possível. Todo material verde e seco foi retirado da área com auxílio de ancinhos e gadanhos (Figura 4). Esse procedimento foi importante para simular um corte raso do capim e retirar o material que pudesse interferir nos resultados. Após isso, foi realizada a aplicação do calcário dolomítico, com distribuição a lanço em área total sem incorporação. A dose de corretivo (1 t ha^{-1}) foi determinada pelo método da saturação por bases para elevar à 50%, considerando gramíneas de médio a alto nível tecnológico, conforme Cravo et al. (2020).

Figura 3 - Aspecto geral durante o preparo da área (A) e aplicação do calcário (B) na área experimental com capim- marandu estabelecido em Latossolo Amarelo, no município de Bujaru, Pará.



Fonte: Autor, (2025)

Fonte: Autor, (2025)

5.3. Delineamento experimental e tratamentos

A área da pastagem degradada utilizada neste estudo era composta pelo capim-marandu. Após o preparo da área o experimento foi estabelecido no delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, utilizando-se de um esquema fatorial 4 x 4, contendo 16 tratamentos e três repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi distribuída em parcelas de 9 m² (3m x 3m). Os tratamentos compostos da seguinte forma: nas sub-parcelas – quatro doses de P₂O₅ (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) aplicados com superfosfato simples (18% de P₂O₅) e nas parcelas – quatro doses de N (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹), aplicando-se como fonte de N o sulfato de amônio (21 % de N – primeira aplicação) e ureia (45% de N) nas adubações seguintes (Figura 5).

Figura 4 - Croqui das parcelas experimentais, com disposição dos tratamentos de adubação nitrogenada e fosfatada no capim-marandu estabelecido em Latossolo Amarelo, no município de Bujaru, Pará, 2023.

BLOCO 1				BLOCO 2			
N 0 kg	N 100 kg	N 200 kg	N 300 kg	N 0 kg	N 100 kg	N 200 kg	N 300 kg
P ₂ O ₅ 0kg	P ₂ O ₅ 50kg	P ₂ O ₅ 150kg	P ₂ O ₅ 100kg	P ₂ O ₅ 50kg	P ₂ O ₅ 0kg	P ₂ O ₅ 150kg	P ₂ O ₅ 100kg
P ₂ O ₅ 100kg	P ₂ O ₅ 150kg	P ₂ O ₅ 0kg	P ₂ O ₅ 50kg	P ₂ O ₅ 150kg	P ₂ O ₅ 100kg	P ₂ O ₅ 0kg	P ₂ O ₅ 50kg
P ₂ O ₅ 50kg	P ₂ O ₅ 0kg	P ₂ O ₅ 100kg	P ₂ O ₅ 150kg	P ₂ O ₅ 0kg	P ₂ O ₅ 0kg	P ₂ O ₅ 100kg	P ₂ O ₅ 150kg
P ₂ O ₅ 150kg	P ₂ O ₅ 100kg	P ₂ O ₅ 50kg	P ₂ O ₅ 0kg	P ₂ O ₅ 100kg	P ₂ O ₅ 150kg	P ₂ O ₅ 50kg	P ₂ O ₅ 0kg

BLOCO 3			
N 300 kg	N 100 kg	N 200 kg	N 0 kg
P ₂ O ₅ 150kg	P ₂ O ₅ 50kg	P ₂ O ₅ 100kg	P ₂ O ₅ 0kg

P ₂ O ₅ 0kg	P ₂ O ₅ 150kg	P ₂ O ₅ 50kg	P ₂ O ₅ 100kg
P ₂ O ₅ 100kg	P ₂ O ₅ 0kg	P ₂ O ₅ 150kg	P ₂ O ₅ 50kg
P ₂ O ₅ 50kg	P ₂ O ₅ 100kg	P ₂ O ₅ 0kg	P ₂ O ₅ 150kg

Fonte: Autor, (2025)

5.4. Adubação e controle de invasoras

A aplicação dos tratamentos foi realizada no período de junho de 2023, um mês após o preparo de área. As adubações nitrogenadas e fosfatadas foram aplicadas nas unidades experimentais de acordo os tratamentos a partir do final do período chuvoso amazônico.

A adubação fosfatada foi realizada de uma vez, ao passo que a adubação nitrogenada aplicada em três parcelas iguais, correspondentes aos meses de junho, agosto e janeiro do ano seguinte (na primeira aplicação foi usado o sulfato de amônio as demais com ureia) para o melhor aproveitamento do adubo, no intuito de reduzir as perdas por lixiviação e volatilização. A distribuição dos adubos foi feita manualmente, a lança nas parcelas, de forma uniformizada, sem a necessidade de incorporação (Figura 6).

Além do uso da adubação fosfatada e nitrogenada, foi necessária a utilização de adubação potássica para manutenção da forrageira com KCl (60 % de K₂O) em doses parceladas de 133,33 kg ha⁻¹ de K₂O, conforme análise do solo e recomendação de Lima & Maria (2020).

As plantas invasoras foram retiradas de forma manual e com auxílio de motoroçadeira, ocorrendo mensalmente. Não houve necessidade de uso de herbicidas ou agentes químicos para o controle das plantas indesejáveis e nem a necessidade de controle de pragas no período experimental.

Figura 5 - Aplicação dos tratamentos de adubação nitrogenada e fosfatada na área experimental com capim-marandu estabelecido em Latossolo Amarelo, no município de Bujaru, Pará (2023).



Fonte: Autor, (2025)

5.5. Avaliação da produtividade

As avaliações biométricas e de produtividade foram realizadas a cada 30 dias após a aplicação dos tratamentos perdurando por sete meses posteriores. Para isso, as variáveis avaliadas foram (1) densidade de perfilho, (2) altura, (3) teor de matéria seca e (4) produtividade de matéria seca.

Para as avaliações de produção foi simulado o pastejo, com corte do capim marandu utilizando moto roçadeira, a cada 30-40 dias, realizado nos sete meses após início do experimento. O capim foi cortado na altura de 15 cm em relação ao solo, tendo em vista que essa cultivar apresenta uma altura recomendada para a entrada dos animais para pastejo de 30 cm (Tesk et al., 2020).

Para a determinação da produtividade de matéria seca, as amostras foram coletadas com um auxílio de um quadrado de PVC de 1 x 0,5 m e uma tesoura de poda, de forma que o quadrado fosse lançado no local mais representativo dentro das parcelas, com a retirada de todas as plantas presentes no interior do quadrado a uma altura de 15 cm, embaladas em sacos de papel com suas respectivas identificações e levadas ao laboratório de fertilidade do solo da UFRA, campus Belém (Figura 7).

No laboratório o material vegetal foi pesado e a partir disso realizada a separação de 300 g que foram identificadas e acondicionadas em sacos de papel, que posteriormente foram colocadas em estufa com 65°C por 72 horas, para obtenção dos teores de matéria pré-seca (%)

MS) e consecutivamente a determinação da produtividade de matéria seca dos cortes e total por hectare, conforme a metodologia de Castagnara *et al.* (2011).

Figura 6 -Avaliação da produtividade de Biomassa para determinação da produção de matéria seca por hectare (A; B) em experimento de capim-marandu estabelecido em Latossolo Amarelo No município de Bujaru Bujaru, Pará, 2023.



Fonte: Autor, (2025)



Fonte: Autor, (2025)

5.6. Altura da forragem

Para avaliação mensal da altura, foi utilizada uma régua graduada em centímetros. Dessa forma, em cada parcela foi escolhido cinco pontos de forma aleatória tornando-se a altura média da planta, a medida foi tomada a partir do solo até a curvatura da última folha completamente expandida (Figura 8).

Figura 7 - Aferição da altura dentro da área experimental com capim-marandu estabelecido em Latossolo Amarelo. Bujaru, Pará.



Fonte: Autor, (2025)

5.7. Densidade populacional de perfilho

A densidade de perfilho foi avaliada com o auxílio de um quadrado de PVC de 1,0 x 0,5 m, a contagem foi feita pelo total de perfilhos por m² presentes do interior do quadrado amostral de (Figura 9), o quadrado foi lançado no local mais representativo dentro de cada parcelas.

Figura 8 - Contagem populacional de perfilho em experimento de capim-marandu estabelecido em Latossolo Amarelo no município Bujaru, Pará.



Fonte: Autor, (2025)

5.8. Coleta de solo

Para as variáveis de fertilidade do solo (0-20), foram coletadas amostras após 240 dias da implantação do experimento. Desse modo, foram recolhidas cinco amostras simples por parcela, na profundidade de (0-20 cm), coletadas com auxílio do trado sonda e posteriormente acondicionadas em sacos em recipientes plásticos com suas respectivas identificações.

As amostras coletadas foram colocadas para secar em uma estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 55 °C com duração de 48 horas. Posteriormente as amostras foram peneiradas a 2 mm para retirada de raízes, impurezas e concreções. Os parâmetros de fertilidade do solo considerados foram: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, matéria orgânica (M.O.), P disponível, K, Ca, e Mg trocáveis, a acidez trocável (Al^{+3}), a acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$), a soma de bases trocáveis (SB), a capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), saturação por bases (V) e saturação por Al^{+3} (m). Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFRA (Figura 10), de acordo com as recomendações de Teixeira et al. (2017).

Figura 9 - Amostragem de solo (A) e análises dos atributos da fertilidade do solo no laboratório de química do solo (B) do experimento de Capim marandu em Latossolo Amarelo, Bujaru, Pará.



Fonte: Autor, (2025)



Fonte: Autor, (2025)

5.9. Índice de estabilidade estrutural do solo (IEES)

O índice de estabilidade estrutural do solo possibilita avaliar o risco de degradação estrutural do solo, em que é categorizado de acordo com os seguintes valores: IEES > 9% estrutura estável; IEES 7-9% baixo risco de degradação estrutural; IEES 5-7% alto risco de degradação estrutural; IEES < 5% solo degradado estruturalmente, conforme apresentado na equação $IEE = [(COT * 1,7240) / (\text{silte} + \text{argila})] \times 100$; onde IEE é o índice de estabilidade estrutural (%), COT é o conteúdo de carbono orgânico do solo (g kg⁻¹) e 1,7240 = fator de conversão para matéria orgânica do solo (Pierri, 1992).

5.10. Análise de tecido foliar

As análises de planta foram realizadas através das amostras de matéria seca, em que o N no tecido vegetal foi digerido com ácido sulfúrico e determinado pelo método de Kjeldahl, enquanto para análises de P na planta (Figura 11) foram digeridos na solução nitro perclórica e determinadas no equipamento de absorção atômica, nas quais foram realizadas no Laboratório de Fertilidade da UFRA, campus Belém conforme descrito por (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997) e determinados conforme descrito por Teixeira et al. (2017).

A determinação do valor de proteína bruta (%) foi realizada a partir da análise de N na planta, usando o fator de conversão de 6,25 acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Figura 10 - Análise bromatológica (A) e nutricional (B) do capim-marandu com doses de N e P. Bujaru, Pará, 2024.



Fonte: Autor, (2025)



Fonte: Autor, (2025)

5.11. Procedimentos Estatísticos

Os resultados foram tabulados em planilhas eletrônicas e analisados estatisticamente por meio do software Rstudio versão 2022.02.2 (R Core Team, 2022). No banco de dados, realizou-se o teste de normalidade e homogeneidade ($p < 0,05$), bem como foram retirados outliers quando necessário.

Para avaliar o efeito dos tratamentos em cada mês de avaliação, executou-se inicialmente a análise de variância da regressão ($p < 0,05$). Nos casos de interação não-significativa, foram plotados gráficos de regressão simples, em que as variáveis biométricas constituíram o eixo Y e as doses de N ou P o eixo X, no qual a dose de máxima eficiência técnica foi calculada pela derivada da equação de regressão ($x = -b/2c$).

Para os casos de significância da interação $N \times P$, foram efetuadas análises de regressão por superfície de resposta, com auxílio do software statistica 8.0.

Os modelos foram ajustados considerando-se a significância dos coeficientes da equação pelo teste t de Student ($p < 0,05$) e o maior valor do coeficiente de determinação. Nos casos de ajuste quadrático foram calculadas as doses que proporcionaram a máxima eficiência técnica (DMET) tanto na regressão simples, quanto na superfície de resposta.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Produção e teor de matéria seca

A produção de matéria seca pelas adubações isoladas dos nutrientes sofreu efeitos quadráticos, sendo que a nitrogenada foi significativa nos meses de novembro e fevereiro, enquanto a adubação fosfatada afetou esses meses e o acumulado das avaliações (Tabela 2). Dessa forma, foi possível calcular as doses de máxima eficiência técnica (DMET) em função do atendimento da lei do Máximo e lei dos incrementos decrescentes de Eiliard Alfred Mitcherlich de 1909, não só para matéria seca, como para outras variáveis desses estudos. No mês de outubro, houve o único efeito da interação entre as doses da adubação nitrogenada e fosfatada ($N \times P_2O_5$) na matéria seca, também validando a importância do equilíbrio das doses dos adubos usados conjuntamente na recuperação da pastagem.

Tabela 2 - Produção de matéria seca ($kg\ ha^{-1}$) do capim-marandu em função da adubação com P e N correspondente aos sete meses de avaliação. Bujaru, Pará, 2024.

Mês	Fósforo	R ²	DMET	Nitrogênio	R ²	DMET	N x P
	Equação	%	kg ha ⁻¹	Equação	%	kg ha ⁻¹	Valor p
Ago	ns	ns	-	ns	ns	-	0,94026 ns
Set	ns	ns	-	ns	ns	-	0,24469 ns
Out	ns	ns	-	4670,4 - 4,8059*x	0,55	-	0,028353 *
Nov	2074 + 20,91x - 0,0997*x ²	0,97	104,86	2191,3 + 8,9844x - 0,022*x ²	0,87	204,19	0,75878 ns
Dez	ns	ns	-	ns	ns	-	0,98680 ns
Jan	ns	ns	-	ns	ns	-	0,63320 ns
Fev	869,61 + 13,008x - 0,0719*x ²	0,99	90,45	846,33 + 4,6433x - 0,0093*x ²	0,99	249,63	0,71568 ns
TOTAL	14541 + 89,808 - 0,4408*x ²	0,99	101, 86	ns	ns	-	0,112132 ns

^{ns} Não significativo; *significativo a 0,05; **significativo a 0,01 pelo teste t de Student. DMET: dose de máxima eficiência técnica. Fonte: Autor, (2025)

A resposta da matéria seca á adubação fosfatada mostrou que a DMET média ao longo dos meses foi de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 2). Ao se calcular o Y do vértice das equações, foi observado que no mês de novembro a matéria seca chegou a 3,169 kg ha⁻¹ e no mês seguinte de fevereiro o valor foi de 1,465 kg ha⁻¹. No Pará existem poucos estudos semelhantes ao presente, porém pesquisas de outras regiões ou Estados Brasileiros também validam doses bem próximas a 100 kg ha⁻¹ de fosfato promovendo melhores rendimentos de massa seca das pastagens, visto que a faixa de dose recomendada no manual de recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará está com valores inferiores ao encontrado na literatura. Porto *et al.* (2012), em experimento conduzido em casa de vegetação no município de Janaúba, Minas Gerais, observaram que o capim-marandu submetido a três cortes apresentou maior rendimento com a aplicação de 147 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Essa adubação resultou em um incremento de 24% na produção, quando comparada à ausência de fertilização fosfatada. Costa *et al.* (2017), em experimento conduzido no campo experimental da Embrapa Roraima, realizaram quatro cortes para avaliação da forrageira e identificaram uma resposta quadrática à adubação fosfatada, na qual a produção máxima de massa seca foi de 3,640 kg ha⁻¹, obtida com a aplicação de 96 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Um pouco mais discrepante, Vieira *et al.* (2019), ao estudarem a cultivar MG5 (*Uroclora brizantha* cv. MG5) cultivada em casa de vegetação na fazenda experimental pertencente a Universidade Federal de Rondônia, constataram máxima produção foliar com a dose de 588,45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ após 60 dias da implantação do experimento.

Em relação aos efeitos isolados da adubação nitrogenada, no mês de outubro esses valores se ajustaram ao modelo linear decrescente e o período de novembro e fevereiro demonstraram ajuste ao modelo quadrático (Tabela 2), expressando uma produção de massa seca de 3,108,56 e 1,425,9 kg ha⁻¹ pertencente DMET de 204,19 e 249,63 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Nesse cenário, a resposta positiva para as doses de nitrogênio nos meses novembro e fevereiro está relacionada a adubação de cobertura realizada com sulfato de amônio, pois o sulfato de amônio apesar de ser um fertilizante acidificante do solo é um produto que apresenta menores perdas por volatilização em relação a ureia, se tornando uma alternativa para melhorar a eficiência de uso de N pelas plantas (Bono *et al.*, 2019).

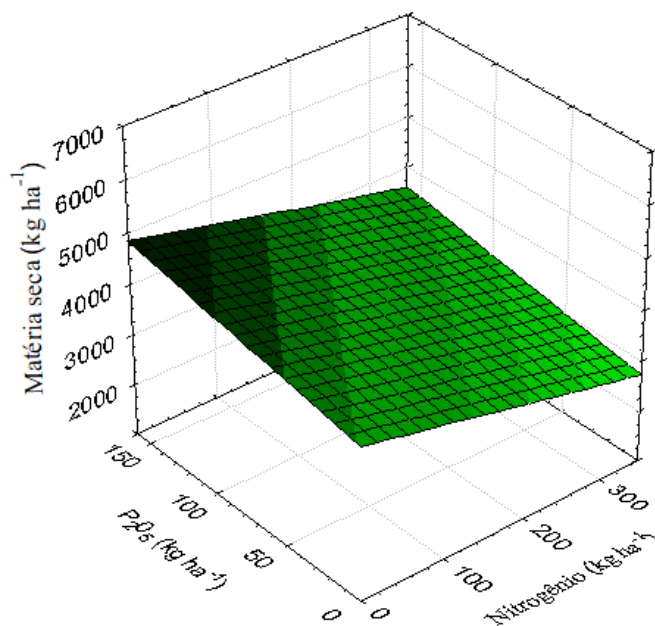
De forma semelhante aos resultados observados neste estudo, Wasselai *et al.* (2020), ao avaliarem diferentes doses de nitrogênio na produção de forragem do capim-piatã, verificaram uma resposta linear crescente. A produção máxima de matéria seca, correspondente à média dos meses avaliados (dezembro de 2017 a março de 2018), foi de 5,902 kg ha⁻¹.

Colmán Ribelatto *et al.* (2019), em estudo para avaliação dos atributos químicos do solo sob pastagem de capim-marandu submetida a diferentes regimes de adubação, observaram resultados significativos aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos. A maior produção de matéria seca, equivalente a 6,376 kg ha⁻¹, foi obtida com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N. Costa (2016) em análise da produtividade do capim marandu sob doses de N (0, 60, 120, 160, 240 kg ha⁻¹), verificou que a adubação nitrogenada interferiu na produção de matéria seca da cultivar, apresentando a maior produção de 3,772 kg de MSV ha⁻¹ na dose de 222 kg ha⁻¹ de N.

Dessa forma, a influência do N no aumento da matéria seca está ligado a vários processos metabólicos como síntese proteica, aumento de taxa fotossintética, além de aumentar o incremento de carbono na planta que consequentemente elevar a produção de matéria seca. Com isso, o nitrogênio é considerado nutriente responsável pelo alto potencial produtivo de forrageira, número de folhas, perfilhos, crescimento radicular e expansão da parte área da planta (Costa *et al.* 2008; Galindo, Buzetti, Teixeira Filho, Dupas, and Ludkiewicz 2018).

Considerando a interação N x P₂O₅ observou-se que a produção de matéria seca (Figura 12) aumentou com as doses de fósforo, porém teve efeito depressivo com o incremento da adubação nitrogenada, ou seja, uma relação antagônica entre as adubações. Esse efeito não era esperado pois as adubações nitrogenada e fosfatada tendem majoritariamente a serem sinérgicas para o desenvolvimento vegetal.

Figura 11 - Produção de matéria seca (kg ha⁻¹) do capim-marandu, correspondente ao mês de outubro em função da adubação com nitrogênio e fósforo. Bujaru, Pará, 2024



$$\text{Produção de Matéria seca} = 3985,65 - 3,585N + 5,333P$$

$$R^2 = 0,42$$

Fonte: Autor, (2025)

A esse respeito, Teixeira *et al.* (2018) verificaram que a aplicação combinada de N e P promoveu aumento na produção de matéria seca da *Urocloa híbrida* cv. Mulato II, com destaque para a dose de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ associada a 100 kg ha⁻¹ de N, que resultou em 2,822 kg ha⁻¹ de matéria seca total. De forma semelhante, Rodrigues *et al.* (2012) observaram maior rendimento do capim-xaraés (*Urocloa brizantha* cv. Xaraés) com 280 mg dm⁻³ de fósforo e 181 mg dm⁻³ de nitrogênio, reforçando a importância da adubação fosfatada e nitrogenada no desenvolvimento e estabelecimento de forrageiras.

Considerando as literaturas acima, indicando o sinergismo entre N x P, o efeito inesperado decrescente das doses de N na interação de outubro, pode estar relacionada a fatores não controlados. Importante ressaltar também, que o mês de outubro foi o com menor pluviosidade (Figura 12) no município do estudo, estresse que pode ter influenciado nessa interação antagônica. Uma interação N x P₂O₅ antagônica foi encontrada também por Grohskopf *et al.* (2019), em um de três ciclos de cultivo do milho. Segundo os autores, a relação entre esses nutrientes pode ser variável ao longo do tempo ou de ciclos de cultivos sendo influenciada por fatores inerentes ao solo e à espécie cultivada.

O teor de matéria seca sofreu efeito significativo das doses isoladas dos nutrientes aplicados. Nos meses de novembro e janeiro, as doses de P₂O₅ promoveram respostas quadráticas, enquanto a adubação nitrogenada ocasionou efeito linear em dezembro. A

interação N x P foi significativa apenas no último mês de avaliação, em fevereiro (Tabela 3). Para adubação fosfatada, os teores de matéria seca atingiram 43,0% e 42,8% nas DMET correspondentes a 101 e 103,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅, nos meses de novembro e janeiro, respectivamente (Tabela 3). Resultados semelhantes de adubação foram observados por Lopes de Sousa *et al.* (2021), ao analisarem as respostas agrônômicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) em relação ao P. Nesse trabalho, o teor de matéria seca do capim teve médias de 25,70 e 26,27% de matéria seca nas doses de 80 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Tais resultados comportam as melhores doses de fosfato encontradas na presente de pesquisa, entorno de 100 kg ha⁻¹.

Tabela 3 - Teor de massa seca (%) do capim-marandu em função da adubação com P e N, correspondente aos sete meses de avaliação. Bujaru, Pará, 2024.

Mês	Fósforo	R ²	DMET	Nitrogênio	R ²	DMET	N x P
	Equação	%	kg ha⁻¹	Equação	%	kg ha⁻¹	p-valor
Ago	ns	ns	-	ns	ns	-	0,34692 ns
Set	ns	ns	-	ns	ns	-	0,75383 ns
Out	ns	ns	-	ns	ns	-	0,42865 ns
Nov	37,918 – 0,101x + 0,0005*x ²	0,92	101	ns	ns	-	0,077088 ns
Dez	ns	ns	-	32,681 - 0,0156*x	0,86	-	0,93226 ns
Jan	37,453 – 0,1033x + 0,0005*x ²	0,78	103,3	ns	ns	-	0,36138 ns
Fev	ns	ns	-	ns	ns	-	0,02369 *

^{ns}Não significativo; *significativo a 0,05; **significativo a 0,01 pelo teste t de Student. DMET: dose de máxima eficiência técnica.

Fonte: Autor, (2025)

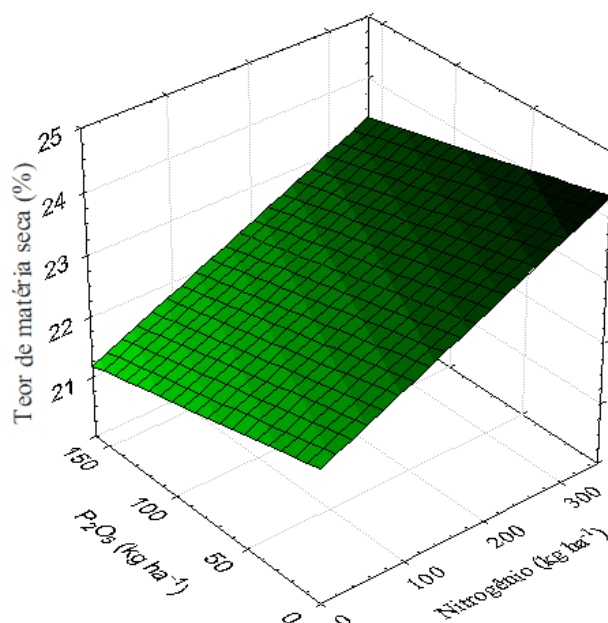
Em relação ao adubo nitrogenado, a resposta linear observada em dezembro demonstrou que o teor de matéria seca de 32,68% reduziu com as doses de N (Tabela 3). Tal efeito pode estar relacionado ao aumento de chuvas na região. Logo, a maior disponibilidade de N ocorre quando a adubação é realizada seguida de chuva, aumentando o crescimento de plantas e consequentemente a quantidade de água nos tecidos (Castagnara *et al.*, 2011). Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Vendruscolo (2021), que observaram efeito linear negativo do teor de matéria seca em função de doses de adubo nitrogenados em três cortes sucessivos de capim-Piatã (*Urocloa brizantha* cv. BRS Piatã). De acordo com esses autores há o aumento da oferta de N, quando associado a condições ambientais adequadas, temperatura e disponibilidade de água. Dessa forma, a produção de matéria seca está diretamente relacionada ao fornecimento de N, em conjunto com as condições climáticas e a disponibilidade hídrica. De acordo com Nabinger and Carvalho (2009) e Orrico Junior *et al.*

(2013), o nitrogênio desempenha papel fundamental no crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente por promover o incremento na fixação de carbono, resultando em maior acúmulo de matéria seca. Isso decorre da interação entre os metabolismos do nitrogênio e do carbono, visto que a fotossíntese é responsável por fornecer, de forma direta ou indireta, a energia necessária para a assimilação do N pelas plantas.

Em contrapartida, os estudos de Barros *et al.* (2022) e Sales *et al.* (2013) observaram que o aumento das doses de nitrogênio promoveu uma elevação linear no teor de massa seca em gramíneas forrageiras. O primeiro autor verificou que o capim Ipyorã alcançou até 38% de matéria seca com a aplicação de 500 kg ha⁻¹ de N, independentemente da época de aplicação, uma vez que foram realizadas adubações de manutenção após cada corte. Por sua vez, Sales *et al.* (2013) constataram que o capim-marandu respondeu positivamente às doses crescentes de nitrogênio, especialmente acima de 200 kg ha⁻¹ durante o verão, período em que a forrageira foi submetida à irrigação. Esses fatos corroboram a discussão apresentadas por Castagnara *et al.* (2011) e Cantarella *et al.* (2018), os quais destacam que a eficiência do aproveitamento do nitrogênio e sua maior disponibilidade no solo para as plantas estão diretamente associadas à adequada disponibilidade hídrica, bem como à realização de adubações de manutenção que repõem os nutrientes exportados pela cultura.

Considerando a interação N x P se observou que a matéria seca aumentou com as doses de nitrogênio, porém teve efeito depressivo com o incremento da adubação fosfatada, ou seja, uma relação antagônica entre as adubações (Figura 13).

Figura 12 - Teor de matéria seca (%) do capim marandu, correspondente ao mês de fevereiro em função da adubação com nitrogênio e fosforo. Bujaru, Pará, 2024



$$\text{Teor de matéria seca} = 22,1725 + 0,0061N - 0,0061P$$

$$R^2 = 0,50$$

Fonte: Autor, (2025)

Bonfá *et al.* (2020), observaram em um estudo de consórcio de capim-xaraés sob diferentes doses de fósforo (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) com uso de superfosfato simples, encontraram resultados semelhantes a este trabalho, no qual foi encontrado teores de matéria seca de 35,71 e 46,20% referentes as avaliações de fevereiro e abril.

Sousa *et al.* (2010) apresentaram resultados divergentes a este trabalho, pois ao analisar a interação de doses de nitrogênio e de P₂O₅ na composição química do capim Tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia), observaram aumento do teor de matéria seca em média de 25,7% para as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e nas doses de N, com uma oscilação de 26,2% e 24,5% com tendência de declínio nas doses mais elevadas, especialmente a de 300 kg ha⁻¹ de N.

De Rezende *et al.* (2011), encontraram resultados opostos a esse trabalho, em que para avaliação de características morfofisiológicas do capim-marandu sob doses de fósforo, foi observado que o teor de matéria seca do tratamento controle apresentou média superior aos demais tratamentos com adição de adubo fosfatado. Bonfá *et al.* (2020), observaram em um estudo de consórcio de capim-xaraés sob diferentes doses de fósforo (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) com uso de superfosfato simples, encontraram resultados semelhantes a este trabalho, no qual foi encontrado teores de matéria seca de 35,71 e 46,20% de matéria seca referentes as avaliações de fevereiro e abril.

6.2 Altura

Os resultados referentes à altura do capim marandu foram afetadas ($P < 0.05$) para as doses de nitrogênio e fósforo de forma independente (Tabela 4). No que se refere ao fósforo, o valor se ajustou ao modelo quadrático, com altura máxima registradas de 59 cm no mês de novembro correspondendo à DMET de 128 kg ha⁻¹. O crescimento do capim deve-se provavelmente pelo sistema radicular estar mais bem desenvolvido no período de avaliação referente ao mês de novembro, favorecendo maior absorção de nutrientes disponíveis no solo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lopes *et al.* (2011) em um estudo com capim-xaraés em consórcio com a estilosantes Mineirão, sob doses de adubo fosfatado. Nesse trabalho, foi observada uma taxa de crescimento da estilosantes em resposta à dose de 105 kg ha⁻¹ de P₂O₅, que resultou na altura máxima de 44 cm, demonstrando o efeito positivo do fósforo no desenvolvimento da planta.

Quando analisadas as respostas às doses de nitrogênio, observou-se que a altura do capim-marandu apresentou comportamento linear crescente nas avaliações realizadas nos meses de novembro e dezembro.

Tabela 4 - Altura (cm) do capim-marandu em função da adubação com P e N, correspondente aos sete meses de avaliação. Bujaru, Pará, 2024

Mês	Fósforo	R ²	DMET	Nitrogênio	R ²	DMET	N x P
	Equação	%	kg ha⁻¹	Equação	%	kg ha⁻¹	Valor p
Ago	64,012 + 0,6351x - 0,0029*x ²	0,99	109,5	71,838 + 0,1875x - 0,0004*x ²	0,54	234,37	0,0076**
Set	ns	ns	-	ns	ns	-	0,25261 ns
Out	ns	ns	-	ns	ns	-	0,95780 ns
Nov	47,572 + 0,179x - 0,0007*x ²	0,92	127,85	52,142 + 0,0157*x	0,64	-	0,167208 ns
Dez	50,936 + 0,2812x - 0,0013*x ²	0,98	108,15	54,103 + 0,0416*x	0,85	-	0,022671*
Jan	ns	ns	-	ns	ns	-	ns
Fev	ns	ns	-	ns	ns	-	ns

^{ns}Não significativo; *significativo a 0,05; **significativo a 0,01 pelo teste t de Student. DMET: dose de máxima eficiência técnica

Fonte: Autor, (2025)

Florentino *et al.* (2019) em um estudo com capim-mombaça sob doses de fósforo, obteve resultados negativos no crescimento da forrageira, em que a maior média se concentrou no tratamento com ausência de adubação. Esse resultado discorda com o que foi encontrado por Carneiro *et al.* (2017) em um experimento utilizando de doses e fontes de fósforo para o capim-mombaça, o qual verificou que a forrageira apresentou valores máximo de altura de 0,72 cm na dose de 190 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na fonte de superfosfato simples, com

superioridade de 36% ao tratamento sem adubação fosfatada indicando que o aumento das doses de nitrogênio promoveu, diretamente, o aumento da altura do capim.

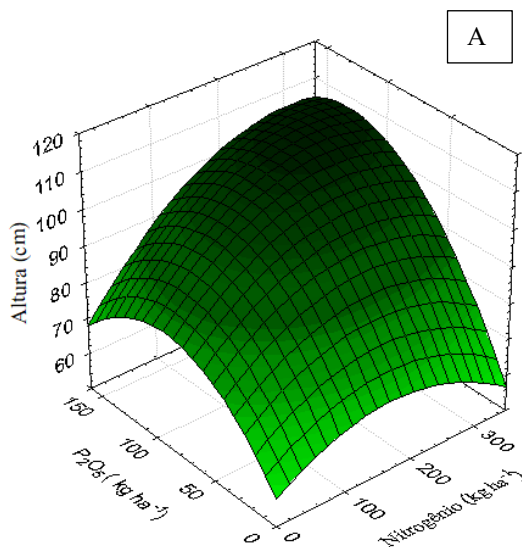
Essa tendência de resposta linear também foi observada por Nascimento *et al.* (2019), em um estudo com capim-paiaguás, no qual todas as avaliações apresentaram aumento progressivo da altura da forrageira em função do incremento das doses de nitrogênio. Corroborando esses resultados, Froehlich *et al.* (2019), também trabalhando com capim Paiaguás sob doses de nitrogênio, identificaram a altura máxima de 0,63 m na dose de 150 kg ha⁻¹ de N, no período das águas, confirmando o efeito estimulante do nitrogênio sobre o crescimento da planta.

Cabral *et al.* (2012) também em um experimento com doses de em capim-xaraés no período das águas, identificaram que os valores máximos de altura foram de 64 e 53 cm nas doses de 280,5 e 407,5 kg ha⁻¹ de N respectivamente no período das águas e ao longo do ano, esse fato demonstra que esses resultados refletem efeitos positivos do nitrogênio devido a maior disponibilidade de nitrogênio no solo e sua consequente absorção pela planta, acelerando o crescimento dos tecidos, consequentemente refletindo na altura das plantas (de Lima *et al.* 2021).

A altura do capim-marandu apresentou efeitos significativos na combinação de adubação de nitrogênio x fósforo ($p < 0.05$), referente ao período de agosto e dezembro, sendo esses resultados ajustados ao modelo quadrático (Figura 14).

De acordo com a equação de regressão da superfície de resposta, foi verificado que a dose de 275,3 kg ha⁻¹ de nitrogênio, associado a dose de 124,1 kg ha⁻¹ de adubação fosfatada, foram responsáveis pela altura máxima do capim-marandu de 108,57 cm no mês de agosto (Figura 14A), enquanto no período de dezembro o valor máximo foi de 63,99 cm e foi obtida com a combinação de 175,75 e 96,92 kg ha⁻¹ de nitrogênio e fósforo, nos respectivos meses (Figura 14B).

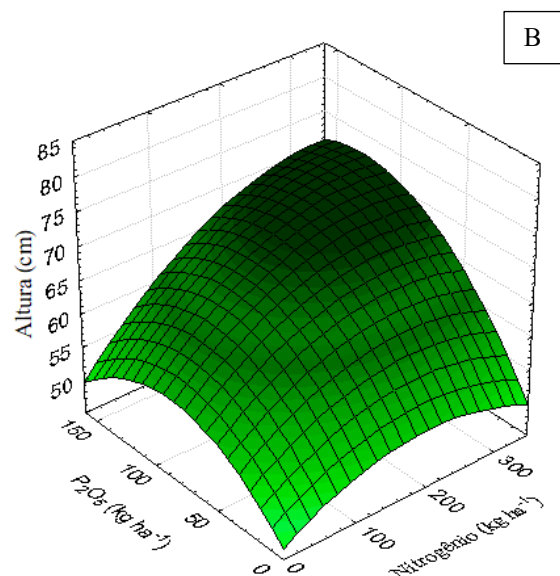
Figura 13 - Altura (cm) correspondente ao mês de agosto (A) e mês de dezembro (B) do capim-marandu, em função da interação de nitrogênio e fósforo. Bujaru, Pará, 2024



$$\text{Altura} = 57,533 + 0,1334\text{N} - 0,0004\text{N}^2 + 0,5271\text{P} - 0,0029\text{P}^2 + 0,0007\text{NP} - 0,0003\text{NP}$$

$$R^2 = 0,70$$

Fonte: Autor, (2025)



$$\text{Altura} = 46,5485 + 0,0703\text{N} - 0,0002\text{N}^2 + 0,2326\text{P} - 0,0012\text{P}^2 + 0,0003\text{NP}$$

$$R^2 = 0,70$$

Fonte: Autor, (2025)

Nesse sentido, essas respostas de interação entre nitrogênio e P_2O_5 nos meses correspondentes, podem ter ocorrido pelo fato da adubação com N e P_2O_5 realizada anteriormente ao mês de agosto e em dezembro essa resposta também foi significativa por estar apresentando um período com maior distribuição de chuvas, com maior absorção de nutrientes pela planta e o efeito das adubações de manutenção de N ao final do período chuvoso. Faria *et al.* (2015) utilizando adubação de cobertura com 100 kg ha^{-1} de N em capim-mombaça sob adubação fosfatada, verificaram que a maior altura alcançada pela planta foi de 100 cm na dose de 201 kg ha^{-1} de P_2O_5 utilizando-se da adubação de cobertura com nitrogênio.

6.3 Densidade de perfilhos

No período de avaliação, compreendido entre agosto a dezembro, a análise de variância indicou efeitos significativos das doses de P na avaliação de densidade de perfilho, com os resultados ajustados ao modelo linear de regressão. Entretanto, no mês de fevereiro, observou-se um efeito isolado das doses de fósforo sobre o número de perfilho, sendo os dados melhor representados pelo modelo quadrático (Tabela 5). Nessa condição, a adubação fosfatada na dose de $94,71 \text{ kg ha}^{-1}$ resultou no número máximo de perfilho, alcançando 189 perfilho m^2 .

O aumento do número de perfilhos em todas as avaliações é correspondente a função do fósforo em plantas forrageiras. Dias *et al.* (2015) explicaram que as plantas forrageiras possuem alta capacidade de rebrota com adição de fósforo, aumentando a atividade meristemática e emissão de folhas e perfilhos. Esse aumento no volume de perfilhos em gramíneas é responsável pela manutenção produtiva, perenidade das pastagens, bem como promove maior cobertura do solo, o que pode minimizar problemas de degradação da mesma (Faria *et al.* 2015; Rodrigues *et al.* 2020).

Os resultados concordam com Faria *et al.* (2015), que observaram efeito linear positivo em capim-mombaça nas doses de P sobre o número de perfilhos. Já Florentino *et al.* (2019) também em estudo sobre crescimento de Mombaça sob doses de P, encontraram resultados semelhantes a esse trabalho, onde o capim teve incremento positivo na produção de perfilhos de acordo com aumento das doses de fósforo.

Tabela 5 - Densidade populacional de perfilhos (m²) do capim-marandu em função da adubação com fósforo e nitrogênio correspondente aos sete meses de avaliação.

Mês	Fósforo	R ²	DMET	Nitrogênio	R ²	DMET	N x P
	Equação	%	kg ha⁻¹	Equação	%	kg ha⁻¹	Valor p
Ago	71,625 + 0,145*x	0,64	-	ns	ns	-	0,72711 ns
Set	74,958 + 0,305*x	0,87	-	ns	ns	-	0,44849 ns
Out	103,41 + 0,5157*x	0,83	-	ns	ns	-	0,108337 ns
Nov	159,26 + 0,6893*x	0,71	-	ns	ns	-	0,63916 ns
Dez	114, 03 + 0,4907*x	0,76	-	ns	ns	-	0,246602 ns
Jan	107,3 + 0,6135*x	0,9	-	ns	ns	-	0,045460 *
Fev	107,74 + 1,7239x - 0,0091*x ²	0,99	94,71	ns	ns	-	0,116328 ns

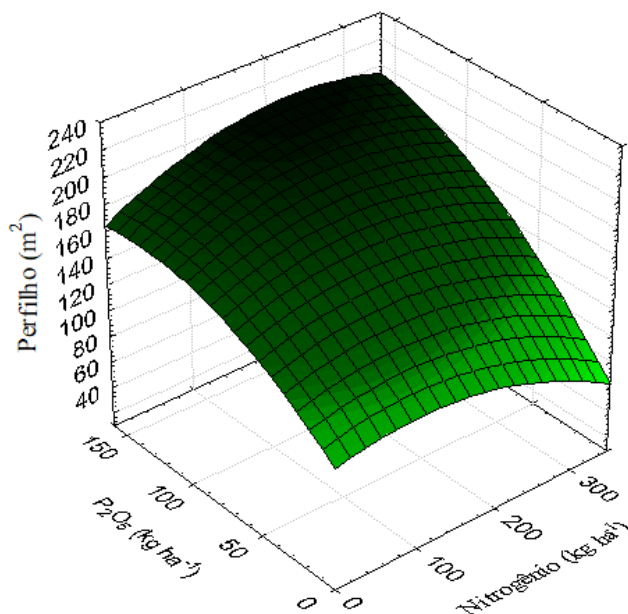
^{ns}Não significativo; *significativo a 0,05; **significativo a 0,01 pelo teste t de Student. DMET: dose de máxima eficiência técnica.

Fonte: Autor, (2025)

Dias *et al.* (2015) analisando doses e fontes diferentes de P₂O₅ em capim-piatã, observaram que para avaliação dos três cortes, o capim apresentou médias de 16, 27 e 24% de ganho de perfilhos em relação ao tratamento sem adubação. Dessa forma, indicando que a adubação fosfatada tem grande influência principalmente no estabelecimento de forrageiras, sendo responsável por 80% do perfilhamento de plantas forrageiras (Mesquita *et al.*, 2010).

Na avaliação realizada no mês janeiro, os resultados foram ajustados ao modelo polinomial de regressão (Figura 15). De acordo com o gráfico de superfície de resposta, verificou-se um aumento no número de perfilho, conforme foram sendo incrementadas as doses de fósforo, atingindo o número máximo de 202 perfilhos (m²), na combinação de doses de fósforo e nitrogênio de 169,74 e 223,49 kg ha⁻¹, respectivamente.

Figura 14 - densidade de perfilho (m^2) do capim-marandu, correspondente ao mês de janeiro em função da adubação com nitrogênio e fosforo. Bujaru, Pará, 2024



$$\text{Perfilho (m}^2\text{)} = 101,395 + 0,1539N - 0,0008N^2 + 0,9879P - 0,0037P^2 + 0,0012NP$$

$$R^2 = 0,76$$

Fonte: Autor, (2025)

A interação entre esses nutrientes pode estar associada ao período de realização da amostragem, pois no mês de janeiro (Figura 15) a região apresentava intensas chuvas, que são consideradas épocas em que gramíneas apresentam incremento na sua morfologia em resposta a maior disponibilidade de água e nutrientes.

Respostas semelhantes foram encontradas por Patês *et al.* (2007) com quatro doses de P e duas doses de N no capim-tanzânia. Dessa forma, foi observado a interação desses nutrientes de forma quadrática na densidade de perfilho, pois à medida que houve incremento de P em combinação com N, foi notado respostas significativas de 2,25; 6,50; 9,25 e 9,82 perfilho m^2 . Semelhante a esse estudo Eichler *et al.* (2008) também analisando doses de N e doses de P na estrutura do Mombaça, encontraram resultados com ajustes quadráticos a combinação desses nutrientes. A dose 317,20 $mg\ dm^{-3}$ de N associada à média das doses de P proporcionaram o máximo número de perfilhos (44,3 perfilhos $vaso^{-1}$).

6.4 Variáveis de fertilidade do solo

Para avaliação das variáveis de fertilidade do solo (Tabela 6), foram utilizados resultados da última avaliação experimental, referente ao mês de fevereiro de 2024. Diante

disso, as variáveis P, Ca e SB, foram afetadas ($p<0.05$) em relação as doses de fósforo, apresentando um comportamento linear crescente. Nesse sentido, os valores de fósforo no solo apresentaram aumento expressivo de 5,25 mg dm⁻³ a cada 100 kg de P, no entanto, esse valor ainda é considerado baixo para solos de textura média de acordo com a classificação da literatura (Ribeiro, 1999). Os valores de Ca também apresentaram um aumento de 0,07 cmolc dm⁻³ a cada 100 kg de adubo fosfatado aplicado, bem como para SB obteve um aumento também de 0,07 cmolc dm⁻³ a cada 100 kg de fertilizante fosfatado.

Selhorst *et al.* (2022) afirmaram que o uso de doses de fertilizantes fosfatados é capaz de aumentar a concentração de P nas camadas de 0-20 cm do solo, semelhante ao encontrado nesse trabalho. Além disso, esse aumento no Ca e na soma de bases tem relação com a fonte de fósforo utilizada. O superfosfato simples utilizado no experimento além de apresentar 18% de P₂O₅ também fornece 16% de cálcio, sendo assim, aumentando sua disponibilidade e consequentemente a Soma de bases do solo.

Tabela 6 - Parâmetros da fertilidade de solo (0-20 cm) em função da adubação com fósforo e nitrogênio correspondente ao mês de fevereiro, em experimento com capim-marandu em Latossolo Amarelo de Bujaru, Pará, 2024.

	Fósforo	R ²	DMET	Nitrogênio	R ²	DMET	N x P
	Equação	%	kg ha ⁻¹	Equação	%	kg ha ⁻¹	Valor p
pH	ns	ns	-	5,6726 – 0,0011*x	0,98	-	0,41436 ns
M.O	ns	ns	-	ns	ns	-	0,52028 ns
P	0,4177 + 0,0525*x	0,86	-	ns	ns	-	0,33377 ns
K	ns	ns	-	25,018 – 0,0182*x	0,91	-	0,055425 ns
Ca	0,2978 + 0,0007*x	0,45	-	0,4758 – 0,0008*x	0,98	-	0,96752 ns
Mg	ns	ns	-	0,1565 – 0,0002*x	0,73	-	0,207695 ns
Al	ns	ns	-	0,3099 – 0,0009*x	0,88	-	0,74751 ns
H+Al	ns	ns	-	ns	ns	-	0,16587 ns
SB	0,4619 + 0,0007*x	0,7	-	0,6489 – 0,0009*x	0,95	-	0,79443 ns
CTC	ns	ns	-	ns	ns	-	0,23199 ns
V%	ns	ns	-	11,938 – 0,0174*x	0,95	-	0,95784 ns
m%	ns	ns	-	32,522 – 0,0884*x	0,94	-	0,96746 ns

^{ns}Não significativo; *significativo a 0,05; **significativo a 0,01 pelo teste t de Student. DMET: dose de máxima eficiência técnica.

Fonte: Autor, (2025)

Avaliando o efeito das doses de nitrogênio, temos as variáveis de pH; Ca; K; Mg; Al; SB; V% e m%, apresentando resultados significativos em disposição das doses de nitrogênio, ajustando-se no modelo de regressão linear decrescente (Tabela 6), no qual foi identificado uma redução nos valores de pH; Ca; K; SB, e V% e um aumento nos teores de Al e no m% em consequência ao aumento das doses de nitrogênio.

Nenhuma variável de fertilidade do solo apresentou significância para interação de nitrogênio x fósforo (Tabela 6).

Nesse cenário, os fertilizantes nitrogenados utilizados no experimento apresentaram comportamento acidificante. O nitrogênio aplicado na forma de sulfato de amônio acidificou o solo pela liberação do hidrogênio (H^+) na solução. O sulfato de amônio no processo de nitrificação (transformação do NH_4^+ em NO_3^-) produz quatro moléculas de hidrogênio, que justificaria os resultados obtidos neste estudo, pois com o pH do solo baixo ocorre uma maior concentração de H^+ , corroborando com a solubilização do Al^{+3} retido nos coloides e deslocando para solução do solo (Rosado *et al.*, 2014).

Além disso, o N também reduziu a disponibilidade de cátions trocáveis no solo, que pode ter ocorrido pela troca do amônio (NH_4^+) ocupando a CTC no lugar do Ca; Mg e K, podendo provocar a dissolução desses cátions (Guarçoni *et al.*, 2023) e de acordo com Souza *et al.* (2007) o aumento do alumínio e da saturação por alumínio (m%) ocorreu pela liberação de íons H^+ pelas reações das fontes de N com o solo.

6.5 Índice de estabilidade estrutural do solo (IEES)

De acordo com a tabela abaixo (Tabela 7), o índice de estabilidade estrutural do solo (IEES) não apresentou resultados significativos nas doses de fósforo e nitrogênio, assim como não apresentou diferença ($p < 0.05$) na interação entre fósforo e nitrogênio. No entanto, os valores dos tratamentos de fósforo e nitrogênio ficaram na faixa de 8-10%, o que significa que o solo analisado apresenta baixo risco de degradação estrutural de acordo com a classificação de Pieri (1992).

Tabela 7 – Análise de variância e médias dos tratamentos do índice de estabilidade estrutural do solo em função da adubação com fósforo e nitrogênio correspondente ao mês de fevereiro, em experimento com capim-marandu em Latossolo Amarelo de Bujaru, Pará, 2024.

Quadro da análise de variância						Índice de estabilidade estrutural do solo (IEES)			
	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc	P	Média	N	Média
P	3	12.568	41.895	13.580	0.34201	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
Bloco	2	45.029	225.143	72.980	0.02472	0	8.52	0	10.04
Erro P	6	18.510	30.850			50	9.92	100	9.31
N	3	15.007	50.024	17.221	0.18917	100	9.46	200	8.50
P*N	9	33.669	37.410	12.879	0.29363	150	9.52	300	9.58
Erro N	24	69.715	29.048						
Total	47	194.498							

Fonte: Autor, (2025)

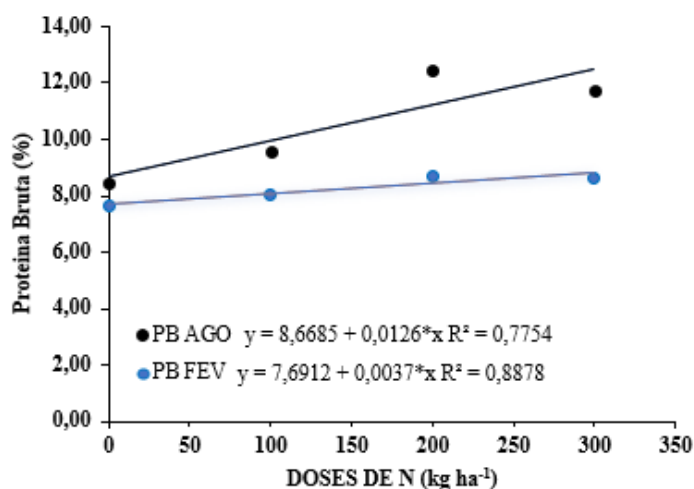
6.6 Teores de Nutrientes nas Plantas

Houve variação do teor de proteína bruta ($P < 0.05$) em função das doses de N no período de agosto e fevereiro (Figura 16). A equação linear demonstrou aumento de proteína em 1,26% de em agosto e 0,37% em fevereiro a cada adição de 100 kg ha de nitrogenado. A concentração de proteína bruta na massa seca do capim-marandu não apresentou interação significativa entre nitrogênio e fósforo para a recuperação da pastagem ($p < 0.05$).

Esse resultado pode estar ligado às adubações com ureia e sulfato de amônio aplicadas nos meses anteriores à avaliação da forrageira, uma vez que o nitrogênio é elemento essencial na constituição dos aminoácidos, os quais compõem estruturalmente as proteínas (Liu *et al.*, 2019). Entretanto, teores de proteína bruta abaixo de 7% reduzem o nível de digestibilidade da forragem em decorrência da limitação de nitrogênio disponível para os microrganismos ruminais, reduzindo sua população ocasionando menor ingestão de massa seca (Galindo, Buzetti, Teixeira Filho, Dupas, and da Cunha Carvalho 2018). Contudo, neste trabalho foi verificado teores acima de 7% de proteína bruta, o que contribui no atendimento de necessidades proteicas no organismo animal.

Marques *et al.* (2016) constataram que o aumento das doses de nitrogênio influenciou positivamente o teor de proteína bruta do capim-massai, especialmente no primeiro e no terceiro cortes. Os teores variaram de 10,23% nas plantas sem adubação para 15,80% nas que receberam a dose máxima de 120 mg dm⁻³ de N. Resultados semelhantes foram encontrados por Benett *et al.* (2008) no trabalho com fontes e doses de N no capim-marandu e verificaram variações média nos teores de proteína bruta de 10,65% para 17,67% do tratamento sem adubação para o de maior dose de N aplicado (200 kg ha⁻¹).

Figura 15 - Teor de proteína bruta (PB) na matéria seca do capim-marandu no mês de agosto e fevereiro em função da adubação nitrogenada. Bujaru, Pará, 2024. *Significativo pelo teste t de Student ($p < 0,05$)



Fonte: Autor, (2025)

Pereira *et al.* (2016), em um experimento com capim massai sob doses de N e diferentes alturas de corte, analisaram que o teor de proteína bruta da forrageira obteve resposta crescente em relação as doses de N aplicada, no qual a maior resposta foi no primeiro corte do com valor máximo de 15,2% de PB e no segundo corte com valor de 10,4% de PB, certificando de gramíneas independente do gênero respondem ao aumento de suprimento de N no solo.

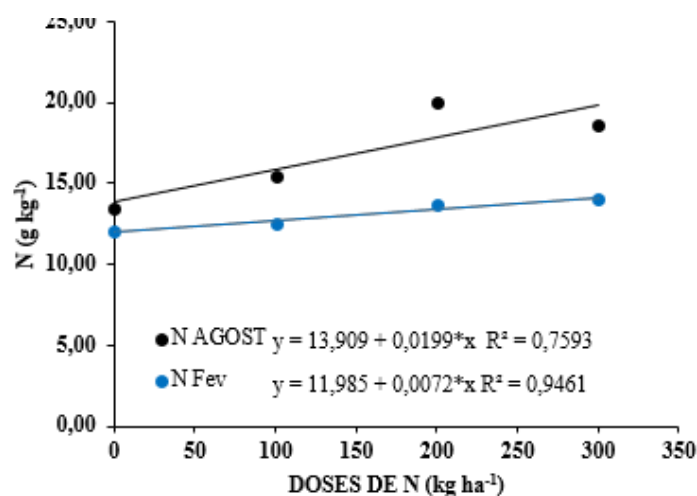
A concentração de nitrogênio na forrageira nos meses de agosto e fevereiro mostrou efeitos significativos apenas em resposta às doses de N, ajustando-se ao modelo linear de regressão (Figura 17). Conforme a equação encontrada, os teores de nitrogênio foliares aumentaram 1,99 g kg⁻¹ em agosto e 0,72 g kg⁻¹ em fevereiro para cada 100 kg de adubo nitrogenado aplicados. No entanto, a concentração de nitrogênio (g kg⁻¹) na matéria seca do capim-marandu não apresentou interação significativa entre a adubação nitrogenada e fosfatada.

Esse aumento de nitrogênio na forrageira, no mês de agosto, tem relação ao período de aplicação do fertilizante, o qual compreendeu no final do período chuvoso. Essa resposta também foi obtida no mês de fevereiro, pois correspondeu ao início do período chuvoso com condições pluviométricas favoráveis, demonstrando que as variações climáticas, aliadas ao manejo de adubação, podem gerar resultados significativos.

Dessa forma, para que a forrageira esteja adequada nutricionalmente para o fornecimento ao animal, é ideal que a faixa de concentração de N na planta esteja entre 13 a 20 g kg⁻¹ de N na matéria seca Oliveira *et al.* (2007), demonstrando que no presente estudo os valores de N ficaram na faixa recomendada para as plantas, o que vai resultar em adequada nutrição animal também.

Pinho Costa *et al.* (2009), ao avaliarem diferentes doses e fontes de N (na nutrição do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), foi observado efeito linear crescente na concentração de N na planta. Durante os três anos de experimento, constatou-se que, na maior dose aplicada (300 kg ha⁻¹ de N), as concentrações de N foliar foram de 18,86; 20,96 e 27,73 g kg⁻¹, respectivamente, nos anos de 2004, 2005 e 2006.

Figura 17 - Teores de nitrogênio (g kg^{-1}) na matéria seca do capim-marandu no mês de agosto e fevereiro em função da adubação nitrogenada. Bujaru, Pará, 2024. *Significativo pelo teste t de Student ($p < 0,05$)



Fonte: Autor, (2025)

Morais *et al.* (2016) verificaram que, nas duas primeiras avaliações do capim-piatã, houve efeito isolado do nitrogênio. No primeiro corte, a concentração de nitrogênio na planta seguiu uma resposta quadrática, com valor máximo de 35 g kg^{-1} estimado na dose de 311 mg dm^{-3} . No segundo corte, a resposta foi linear crescente, com aumento contínuo da concentração de nitrogênio conforme o acréscimo das doses aplicadas.

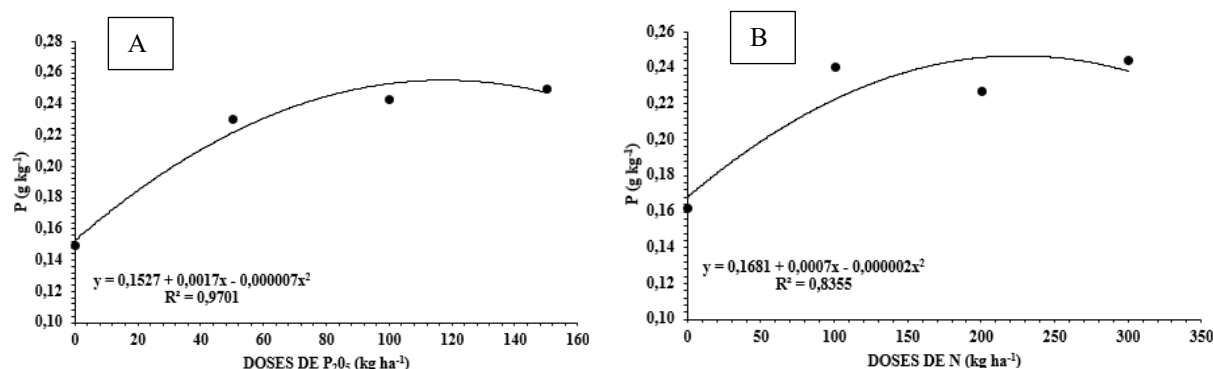
Heinrichs *et al.* (2013) avaliaram teores de nutrientes em *Brachiaria* sp. com fertilização de nitrogênio (0, 100, 200, 400 e 800 mg dm^{-3}) na forma de nitrato de amônio, em que verificaram que o teor de N aumentou linearmente nas plantas.

Na concentração de fósforo houve um efeito significativo no mês de novembro com resposta para doses de P_2O_5 e N. As médias foram ajustadas ao modelo quadrático de regressão (Figura 18). Com isso, observou-se que o teor máximo de fósforo foi de 0,25 e 0,22 g kg^{-1} na DMET de 121.42 e 175 kg ha^{-1} de adubo fosfatado e nitrogenado respectivamente. Contudo, para concentração de fósforo na planta (g kg^{-1}) não houve interação entre as doses de nitrogênio x fósforo ($p > 0.05$).

Todavia, a faixa de concentração adequada de fósforo na parte aérea de capins está entre $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ a $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ (Oliveira *et al.*, 2007; Melo *et al.*, 2018). Em contraposição, esse

trabalho apresentou concentrações abaixo da faixa recomendada, demonstrando a necessidade de adubação.

Figura 18 - Teores de fósforo (g kg^{-1}) na massa seca do capim-marandu no mês de novembro em função da adubação fosfatada (A) e nitrogenada (B). Bujaru, Pará, 2024.



Fonte: Autor, (2025)

Fonte: Autor, (2025)

Pinho Costa *et al.* (2009), em um estudo de doses de fontes de nitrogênio na nutrição do Marandu, exibiram resultados diferentes a esse trabalho, pois de acordo com o incremento de doses de N o teor de fósforo na planta foi reduzindo em todos os três períodos de avaliação. No entanto, mesmo com essa redução o teor de P se manteve na faixa recomenda (1,65; 1,93 e 1,78 g kg^{-1}).

Costa *et al.* (2023), utilizando doses de nitrogênio e fósforo em três de cultivares de *Megathyrus maximus* (BRS Quênia, Tamani e Zuri), verificaram que os teores de fósforo nas doses de nitrogênio apresentaram respostas distintas à encontrada neste trabalho, com resultados de forma linear positiva, alcançando valores para doses de N de 2,53; 2,29; 2,61 g kg^{-1} de P e para doses de P foi de 2,39; 2,33; 2,68 g kg^{-1} de P, respectivamente.

No entanto, Sodré Fernandes *et al.* (2020) avaliando a produção de massa seca e eficiência nutricional do Marandu e Massai, encontraram resultados semelhantes a este trabalho a partir de doses de adubo fosfatado (0,0; 60; 118; 177; 236 kg ha^{-1} de P). A concentração de fósforo na parte área o Marandu de 0,69 g kg^{-1} é um valor abaixo da faixa adequada de concentração (Oliveira *et al.*, 2007; Melo *et al.*, 2018). Sendo assim, para que a produtividade de biomassa das gramíneas expresse respostas significativas, ocorre a necessidade de uma quantidade mínima de nutriente que cada espécie ou variedade deve conter.

7. CONCLUSÃO

Aplicação de fósforo e nitrogênio contribuiu para recuperação da pastagem. Dessa forma, os efeitos isolados dos nutrientes foram majoritariamente positivos. No entanto, em casos pontuais as interações ocorreram de forma sinérgica e antagônica

As melhores respostas para adubação fosfatada situam-se entre as doses de 90 a 150 kg⁻¹ ha, enquanto para nitrogênio, os melhores resultados foram obtidos na faixa de 200 a 250 kg⁻¹ ha.

As doses para recuperação do marandu indicadas nesses estudos são superiores as quantidades recomendadas para fase de manutenção, tendo como referência o que é preconizado na Amazônia.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiec AB de indústrias exportadoras de carne (2022) Perfil da pecuária no Brasil. *Beef report*. Available at <https://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/> [accessed 24 June 2025]

Avelino Cabral CE, Cabral LDS, Bonfim-Silva EM, Carvalho KDS, Kroth BE, Cabral CHA (2016) Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a fertilizantes nitrogenados associados ao fosfato natural reativo. *Comunicata Scientiae* 7(1), 66. <https://doi.org/10.14295/cs.v7i1.964>

Barros W, Vendruscolo M, Francisco A (2022) Características produtivas do capim ipyporã sob doses de nitrogênio no quarto ano de produção. *Enciclopédia biosfera* 19(41). https://doi.org/10.18677/encibio_2022c3

Benett CGS, Buzetti S, Silva KS, Bergamaschine AF, Fabricio JA (2008) Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e agrotecnologia* 32, 1629–1636. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000500041>

Bonfá CS, Guimarães CG, Evangelista AR, Ribeiro KG, Castro GH de F (2020) Pastagem de capim Xaraés consorciada com estilosantes campo grande sob diferentes doses de fósforo. *Brazilian Journal of Development* 6(8), 60263–60271. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-444>

- Bono JAM, Rufino RDS, Gonçalves RC (2019) Fertilizantes Nitrogenados em Cobertura para Pastagem Marandu (*Brachiaria brizantha*) no Mato Grosso do Sul. *Uniciências* **23**(2), 127–132. <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2019v23n2p127-132>
- Branco J dos S, Matos MIS, Lima LSFR de, Rigo VM, Codognoto L da C, Conde TT (2024) Volatilização de amônia com utilização de redutores de urease em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. *Scientific Electronic Archives* **17**(4). <https://doi.org/10.36560/17420241936>
- Brasil EC, Cravo M da S, Viegas I (2020) ‘Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará.’ 2nd edn. (Brasília, DF).
- Cabral WB, Souza AL de, Alexandrino E, Toral FLB, Santos JN dos, Carvalho MVP de (2012) Características estruturais e agronômicas da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés submetida a doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia* **41**(4), 846–855. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000400004>
- Cantarella H, Otto R, Soares JR, Silva AG de B (2018) Agronomic efficiency of NBPT as a urease inhibitor: A review. *Journal of Advanced Research* **13**, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2018.05.008>
- Carneiro RFV, Martins MA, Araújo ASF, Nunes LAPL (2011) Inoculação micorrízica arbuscular e adubação fosfatada no cultivo de forrageiras consorciadas. *Archivos de Zootecnia* **60**(232), 1191–1202. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922011000400034>
- Carneiro JS da S, Silva PSS, Santos ACM dos, Freitas GA de, Silva RR da (2017) Resposta do capim mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação. *Journal of bioenergy and food science* **4**(1), 12–25. <https://doi.org/10.18067/jbfs.v4i1.117>
- Castagnara DD, Zoz T, Krutzmann A, Uhlein A, Mesquita EE, Neres MA, Oliveira PSR de (2011) Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. *Semina: Ciências Agrárias* **32**(4), 1617–1648. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1637>
- Colmán Ribelatto PJ, Marques Genú A, Campos Lustosa SB, Pott CA (2019) Atributos químicos do solo e produção de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. *Investigación Agraria* **21**(2), 108–116. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2019.diciembre.108-116>

Côrtes IHG, Jayme DG, Gonçalves LC, Ramirez MA, Menezes RA de, Oliveira AF de, Matos A de T, Magalhães FA, Pires FPA de A, Menezes GL, Borges AL da CC, Lopes LT, Ananias JVA (2022) *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*). In ‘Gramíneas forrageiras Trop.,’ 1st edn. (Eds DG Jayme, LC Gonçalves, MA Ramirez, RA de Menezes) pp. 225–248. (Fepe: Belo Horizonte - MG)

Costa N (2016) Produtividade de forragem e morfogênese de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob níveis de nitrogênio. *Pubvet* **10**(10). <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n10.731-735>

Costa KA de P, Faquin V, Oliveira IP de, Rodrigues C, Severiano E da C (2008) Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: I - alterações nas características químicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* **32**(4), 1591–1599. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400023>

Costa N de L, Jank L, Bendahan AB, Magalhães JA, Rodrigues BHN, Santos FJ de S (2023) Adubação nitrogenada e fosfatada em cultivares de *Megathyrsus maximus* nos cerrados de Roraima. *Contribuciones a las ciencias sociales* **16**(10), 22177–22190. <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.10-206>

Costa NL, Jank L, Magalhães JA, Fogaça FHS, Rodrigues ANA (2017) Acúmulo de forragem e morfogênese de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça sob níveis de fósforo. *Pubvet* **11**(11), 1163–1168.

Cruz NT, Lucas Santos Dias D, Deitos Fries D, Rodrigues Jardim R, Maia de Lana Sousa B, Vieira Pires AJ, Pacheco Ramos BL (2022) Alternatives for the recovery and renewal of degraded pastures. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha* **28**(1), 15–35. <https://doi.org/10.36812/pag.202228115-35>

Dias DG, Pegoraro RF, Alves DD, Porto EM V., Santos Neto JA dos, Aspiazú I (2015) Produção do capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **19**(4), 330–335. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p330-335>

Eichler V, Seraphin ES, de Aquino Portes T, Rosa B, de Araújo LA, Santos G (2008) Produção de massa seca, número de perfílios e área foliar do capim mombaça cultivado em diferentes níveis de nitrogênio e fósforo. *Ciência Animal Brasileira / Brazilian Animal Science* **9**(3), 617–626.

- Faria ÁJG de, Freitas GA de, Georgetti ACP, Ferreira Júnior JM, Silva MCA da, Silva RR da (2015) Adubação nitrogenada e potássica na produtividade do capim Mombaça sobre adubação fosfatada. *Journal of Bioenergy and Food Science* 98–106. <https://doi.org/10.18067/jbfs.v2i3.24>
- Florentino L, Santos R, Oliveira A, Landes T, Picazevicz A (2019) Crescimento do capim *Panicum maximum* cv. “Mombaça” em resposta a adubação fosfatada na Amazônia ocidental. *Enciclopédia Biosfera* 16(30), 153. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2019B17
- Francisco EAB, Bonfim-Silva EM, Teixeira RA (2017) Aumento da produtividade de carne via adubação de pastagens. *Informações Agronômicas* (158), 6–12.
- Froehlich GC, Vendruscolo MC, Alves DS, Mexi AA (2019) Produtividade de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás em diferentes doses de nitrogênio. *Campo Digit@l: Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias* 14(1), 22–34.
- Galindo FS, Buzetti S, Teixeira Filho MCM, Dupas E, da Cunha Carvalho F (2018) Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. *Revista de ciências agrárias* 41(4), 900–913.
- Galindo FS, Buzetti S, Teixeira Filho MCM, Dupas E, Ludkiewicz MGZ (2018) Acúmulo de matéria seca e nutrientes no capim-mombaça em função do manejo da adubação nitrogenada. *Revista De Agricultura Neotropical* 5(3), 1–9. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i3.2132>
- Gastal F, Lemaire G (2002) N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany* 53(370), 789–799. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.370.789>
- Grohskopf MA, Corrêa JC, Fernandes DM, Teixeira PC, Cruz CV, Mota SCA (2019) Interaction between Phosphorus and Nitrogen in Organomineral Fertilizer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 50(21), 2742–2755. <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1678632>
- Guarçoni A, Esposti MDD, Caetano LCS (2023) Doses de nitrogênio e potássio para fertirrigação do morangueiro e sua influência em características químicas do solo. *Scientia Plena* 19(8). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2023.080201>
- Heinrichs R, Grano FG, Bueno LGDF, Soares Filho C V., Fagundes JL, Rebonatti MD, Oliveira KD (2013) *Brachiaria* sp yield and nutrient contents after nitrogen and sulphur

fertilization. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* **37**(4), 997–1003. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400017>

Junior, Paulo Roberto Rocha; SILVA, Victor Maurício; GUIMARÃES, Gabriel. Degradação de pastagens brasileiras e práticas de recuperação. *Enciclopédia biosfera*, v. 9, n. 17, 2013.

Lange A, Buchelt AC, Borsa CD, Capeletti ME, Schoninger EL, Zandonadi RS (2018) Uso de corretivos e fertilizantes em pastagem no bioma Amazônico. *Nativa* **6**(6), 631–638. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i6.6330>

Leiser AW, Zanão Júnior LA, Pinto J de S, Hubner V, Machado DA, Zanão MPC, Bassegio D (2024) Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* **13**(5), e3901. <https://doi.org/10.55905/rcssv13n5-004>

de Lima RO, Vendruscolo MC, Dalbianco AB (2021) Características agronômicas do capim BRS Piatã submetido a doses de nitrogênio e cortes. *Pubvet* **15**(03), 168. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n03a765.1-13>

Liu G, Hou P, Xie R, Ming B, Wang K, Liu W, Yang Y, Xu W, Chen J, Li S (2019) Nitrogen Uptake and Response to Radiation Distribution in the Canopy of High-Yield Maize. *Crop Science* **59**(3), 1236–1247. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.09.0567>

Lopes de Sousa W, Da Luz Milhomem JP, De Sousa Pereira J, Dos Santos Pereira BR, De Deus da Silva S (2021) Desempenho agronômico do *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça submetido a adubação fosfatada com e sem calagem em manutenção. *Agri-environmental sciences* **7**(1), 11. <https://doi.org/10.36725/agries.v7i1.4883>

Lopes J, Evangelista AR, Pinto JC, Queiroz DS, Muniz JA (2011) Doses de fósforo no estabelecimento de capim-xaraés e estilosantes Mineirão em consórcio. *Revista Brasileira de Zootecnia* **40**, 2658–2665.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira SA de (1997) ‘Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações’ (Potafos: Piracicaba).

MAPBIOMAS. Plataforma Brasil MapBiomas: cobertura de uso e cobertura do solo – ano 2024. Disponível em: https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/coverage/coverage_lclu?

[t\[regionKey\]=brazil&t\[ids\]](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/coverage/coverage_lclu?)

[\[\]=11&t\[divisionCategoryId\]=4&t\[id\]=1&t\[themeKey\]=coverage&t\[subthemeKey\]=coverage_lclu&t\[pixelValues\]\[\]=15&t\[legendKey\]=default&t\[year\]=2024](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/coverage/coverage_lclu?). Acesso em: 25 set. 2025.

- Marques MF, Romualdo LM, Martinez JF, Lima CG, Lunardi LJ, Luz PHC, Herling VR (2016) Momento de aplicação do nitrogênio e algumas variáveis estruturais e bromatológicas do capim-massai. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **68**(3), 776–784. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8500>
- Melo MP, Lima RCP, Freitas GF, Oliveira LB, Lima SO (2018) Produção do capim piatã submetido a fontes e doses de fósforo. *Tecnologia & Ciência Agropecuária* **12**(3), 15–23.
- Mesquita EE, Neres MA, Oliveira PSRD, Mesquita LP, Schneider F, Teodoro Júnior JR (2010) Teores críticos de fósforo no solo e características morfogênicas de *Panicum maximum* cultivares Mombaça e Tanzânia-1 e *Brachiaria* híbrida Mulato sob aplicação de fósforo. *Rev. bras. saúde prod. anim* **11**(2), 292–302.
- Minighin D, Carlos Gonçalves L, Francisca Quirino Villanova D, Martins Mauricio R, Vitarele Gimenes Pereira R, Carvalho WTV (2017) Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. *Pubvet* **11**(10). <https://doi.org/10.22256/PUBVET.V11N10.1036-1045>
- Monteiro RC, Santos CA dos, Rezende C de P, Pereira JM, Macedo R de O, Alves BJR, Homem BGC, Urquiaga S, Zaman M, Boddey RM (2024) Impact of a forage legume or nitrogen fertilizer application on ammonia volatilization and nitrous oxide emissions in *Brachiaria* pastures. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* **48**. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20240012>
- Morais LPVXC de, Bonfim-Silva EM, Pacheco AB, Abreu JG de, Silva TJA da, Polizel AC (2016) Nitrogen and potassium in the cultivation of Piatã grass in Brazilian Cerrado soil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **20**(11), 984–989. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p984-989>
- Nabinger C, Carvalho PCDF (2009) Ecofisiología de Sistemas Pastoriles: Aplicaciones para su Sustentabilidad. *Agrociencia* **13**(3), 18–27.
- Nascimento D do, Vendruscolo MC, Dalbianco AB, Daniel DF (2019) Produtividade de capim Paiguás sob doses de nitrogênio e cortes. *Pubvet* **13**(05), 1–15. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n5a321.1-15>
- Oliveira PPA, Marchesin W, Luz PDC, Herling VR, Marchesin W, Luz PHDC, Herling VR (2007) Guia de identificação de deficiências nutricionais em *Brachiaria brizantha* cv. marandu. Embrapa Pecuária Sudeste

Orrico Junior MAP, Orrico ACA, Centurion SR, Sunada N da S, Vargas Junior FM de (2013) Características morfogênicas do capim-piatã submetido à adubação com efluentes de abatedouro avícola. *Ciência Rural* **43**(1), 158–163. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000125>

Patês NM da S, Pires AJV, Silva CCF da, Santos LC, Carvalho GGP de, Freire MAL (2007) Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia* **36**(6), 1736–1741. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800005>

Pavinato PS, Rocha GC, Cherubin MR, Harris I, Jones DL, Withers PJA (2021) Map of total phosphorus content in native soils of Brazil. *Scientia Agricola* **78**(6). <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2020-0077>

Pereira GAC, Lima LR, Silva JA, Galati RL, Zervoudakis JT, Abreu JG, Jesus LP de, Santos VAC dos, Ceni I De, Cabral LS (2016) Dry matter production and chemical composition of Massai grass submitted to nitrogen rates and cutting heights. *Semina: Ciências Agrárias* **37**(4Supl1), 2487–2498. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2487>

Pieri CJMG (1992) ‘Fertility of Soils: A future for farming in the west African Savannah’ (Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg).

Pinho Costa KA de, Faquin V, de Oliveira IP, da Costa Severiano E, de Oliveira MA (2009) Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu. *Science, Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal* **10**(1), 115–123.

Porto EM V., Alves DD, Vitor CMT, Gomes VM, Da Silva MF, David AMS de S (2012) Rendimento forrageiro da *Brachiaria brizantha* cv. marandu submetida à doses crescentes de fósforo. *Scientia Agraria Paranaensis* **11**(3), 25–34. <https://doi.org/10.18188/sap.v11i3.4238>

Rezende AV de, Lima JF de, Rabelo CHS, Rabelo FHS, Nogueira DA, Carvalho M, Barbosa L de Á (2011) Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta a adubação fosfatada. *Agrarian* **4**(14), 335–343.

Ribeiro AC (1999) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. *Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais*.

Rodrigues HVM, Costa Leite R, Araújo de Freitas G, Moreira de Oliveira I, Oliveira Lima S (2020) Aspectos produtivos do capim marandu submetido à adubação fosfatada em níveis de

saturação por bases. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* **10**(1), 25–32. <https://doi.org/10.21206/rbas.v10i.8710>

Rodrigues RC, Saramuzza WLMP, Jesus APRD, Lima DDOS, Siqueira JCD, Plese LPDM, Cabral LDS (2012) Produção e morfofisiologia do capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés sob doses de nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* **2**(1), 124–131.

Rosado TL, Gontijo I, Almeida MS de, Andrade FV (2014) Fontes e doses de nitrogênio e alterações nos atributos químicos de um latossolo cultivado com capim-mombaça. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* **38**(3), 840–849. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300015>

Sales ECJ, Reis ST dos., Monção FP, Antunes AP da S, Oliveira ER de., Matos VM, Delvaux A de S (2013) Produção de biomassa de capim-marandu submetido a doses de nitrogênio em dois períodos do ano. *Agrarian* **6**(22), 486–499.

Selhorst BS, Schlindwein JA, Marcolan AL, da Silva Pansonato B, da Silva Valois CA (2022) Formas de P em Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagem após dois e sete anos da adubação fosfatada. *Revista de Ciências Agrárias* **45**(1–2), 14–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.19084/rca.19451>

Silva DJ, Queiroz AC (2002) ‘Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.’ 3rd edn. (UFV: Viçosa).

Sodré Fernandes AL, Brachtvogel EL, Reis LL (2020) Produção de massa seca, volume radicular e eficiência nutricional de fósforo em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e Massai (*Panicum maximum* x *P. infestum*). *PesquisAgro* **2**(2), 32–49. <https://doi.org/10.33912/pagro.v2i2.582>

Sousa RS, Pires AJV, Carvalho GGP de, Silva FF da, Magalhães AF, Veloso CM (2010) Composição química de capim-tanzânia adubado com nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Zootecnia* **39**(6), 1200–1205. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000600006>

Souza FM de, Lemos BJM, Oliveira Junior RC de, Magnabosco CU, Castro LM de, Lopes FB, Brunet LC (2016) Introdução de leguminosas forrageiras, calagem e fosfatagem em pastagem degradada de *Brachiaria brizantha*. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* **17**(3), 355–364. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000300003>

Souza DMG, Miranda LN, Oliveira SA (2007) Acidez do solo e sua correção. In 'Fertil. do solo.' (Eds RF Novais, V v. H Alvarez, NF Barros, RLF Fontes, RB Cantarutti, JCL Neves) pp. 205–274. (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa, MG)

Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A, Teixeira WG (2017) 'Manual de métodos de análise de solo' (Embrapa Informação Tecnológica: Brasília, DF).

Teixeira SO, Teixeira RO, Santos VBD, Carvalho MACD, Yamashita OM (2018) Doses de fósforo e nitrogênio na produção de *Brachiaria* híbrida cv. Mulato II. *Revista Ceres* **65**(1), 28–34.

Tesk CRM, Cavalli J, Pina DS, Pereira DH, Pedreira CGS, Jank L, Sollenberger LE, Pedreira BC (2020) Herbage responses of Tamani and Quênia guineagrasses to grazing intensity. *Agronomy Journal* **112**(3), 2081–2091. <https://doi.org/10.1002/agj2.20189>

Venables WN, Smith DM, Team RCD (2024) An Introduction to R: Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. *Practical Graph Mining with R* **2**, 103. <https://doi.org/10.1201/b15352-7>

Vendruscolo M (2021) Características agronômicas do capim BRS Piatã submetido a doses de nitrogênio e cortes. *Pubvet* **15**(03). <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n03a765.1-13>

Vieira ADS, Silva MP da, Bins LK, Figueredo JC (2019) Efeito da adubação fosfatada no desenvolvimento vegetativo da *Brachiaria brizantha* cv. mg-5. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia* **11**(3), 280. <https://doi.org/10.18361/2176-8366/rara.v11n3p280-291>

Wasselai JHT, Vendruscolo MC, Dalbianco AB, Daniel DF, Corrêa SV (2020) Produção de forragem e características agronômicas de capim-Piatã sob doses de nitrogênio. *Boletim de Indústria Animal* **77**, 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1473>

BENETT Cleiton Gredson Sabin et al. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e agrotecnologia*, v. 32, p.1629-1636, 2008.

BORGHI, Emerson et al. Recuperação de pastagens degradadas. *Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação*. Brasília, DF: Embrapa, v. 4, p.105-138, 2018.

BOURSCHEIDT, M. L. B. et al. Estratégias de fornecimento de nitrogênio em pastagens: fertilizante mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro. 2019.

CARDOSO, JM dos S. et al. Fontes e doses de nitrogênio na produtividade do capim Marandu. 2015.

CARVALHO, Wellington Tadeu Vilela et al. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2017.

DA SILVA, Matheus Hashimoto et al. A relação do nitrogênio com o desenvolvimento das plantas e suas formas de disponibilidade. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar- ISSN 2675-6218, v. 5, n. 1, p. e514762-e514762, 2024.

DE ANDRADE, Carlos Mauricio Soares; VALENTIM, Judson Ferreira. Manejo da fertilidade do solo na reforma e recuperação de pastagens na Amazônia. 2019.

DE SOUSA, Admilson Ribeiro et al. Produtividade do Capim-Marandu sob diferentes doses de nitrogênio. 2013.

DIAS FILHO, Moacyr Bernardino. Estratégias de recuperação de pastagens degradadas na Amazônia brasileira. 2015.

DIAS, Daniel G. et al. Produção do capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n. 4, p. 330-335, 2015.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. Editora MBDF, 4 Edição. 215p. 2015.

DIAS-FILHO, M. B. et al. Fertilidade do solo em pastagem: como construir e monitorar. 2021.

DIAS-FILHO, Moacyr B. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. Ao alagamento do solo e à síndrome da morte do capim-marandu. 2006.

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Diagnóstico das pastagens no Brasil. 2014.

FAGERIA, N. K., MOREIRA, A. & SANTOS, A. B. (2013a). Phosphorus uptake and use efficiency in field crops. *Journal of Plant Nutrition* 36(13):2013–2022.

FARIA, Á. J. G. de, FREITAS, G. A. de, GEORGETTI, A. C. P., FERREIRA JÚNIOR, J. M.,

SILVA, M. C. A. da, & SILVA, R. R. da. (2015). Adubação nitrogenada e potássica na produtividade do capim Mombaça sobre adubação fosfatada. *Journal of Bioenergy and Food Science*, 98–106. <https://doi.org/10.18067/jbfs.v2i3.24>

GIL, A. C. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA SOCIAL. 6. ED. SÃO PAULO: ATLAS, 2008.

IEIRI, A. Y., LANA, R. M. Q., KORNDÖRFER, G. H., & PEREIRA, H. S. (2010). Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com brachiaria. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(5), 1154–1160. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000500011>.

JUNIOR, Paulo Roberto Rocha; SILVA, Victor Maurício; GUIMARÃES, Gabriel. Degradação de pastagens brasileiras e práticas de recuperação. *Enciclopédia biosfera*, v. 9, n. 17, 2013.

KARIA, Cláudio Takao; DUARTE, João Batista; DE ARAÚJO, Ana Cláudia Guerra. Desenvolvimento de cultivares do gênero *Brachiaria* (trin.) Griseb no Brasil. 2006.

LEGHARI, S. J., WAHOCHO, N. A., LAGHARI, G. M., HAFEEZLAGHARI, A., MUSTAFABHABHAN, G., HUSSAINTALPUR, K., & LASHARI, A. A. Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209-219. 2016.

LIMA, Carla Lailane Dias de. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem dos capins piatã e marandu sob pastejo com ovinos. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MACEDO, M.C.M. Degradação de pastagens: conceitos e métodos de recuperação. In:SIMPÓSIO SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1999, Goiânia. Anais... Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Goiânia: Serrana Nutrição Animal, 1999. p. 37-150.

MACEDO, Manuel Cláudio Mota et al. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. Encontro de Adubação de Pastagens da Scot Consultoria. Ribeirão Preto: Scot Consultoria, v. 1, p. 158-181, 2013.

MACEDO, Manuel Claudio Motta; DE ARAÚJO, Alexandre Romeiro. Sistemas de produção em integração: alternativa para recuperação de pastagens degradadas. 2019.

Martuscello, J. A., Santos, M. E. R., & Alves. J. R. (2020). Formação de pastagens. São João del-Rei: UFSJ. E-book. ISBN 978-65-00-10971-9. 56p.

MOREIRA, Bruno Costa. Utilização do gênero *Urochloa* na produção animal-revisão bibliográfica. 2021.

NASCIMENTO, D. B. do, LOPES, M. L. S., IZIDRO, J. L. P. S., BEZERRA, R. C. A., GOIS, G. C., AMARAL, T. N. E. de, Dias, W. da S., Barros, M. M. L. de, Oliveira, A. R. d S.,

FARIAS SOBRINHO, J. L. DE, & COÊLHO, J. J. (2024). Nitrogen, phosphorus, and potassium cycling in pasture ecosystems. *Ciência Animal Brasileira*, 25. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v25e-76743e>.

PAVINATO, Paulo Sergio et al. Production and nutritive value of ryegrass (cv.Barjumbo) under nitrogen fertilization. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, p. 230-237, 2014.

PEDREIRA, Carlos Guilherme Silveira et al. Manejo de pastagens tropicais para intensificação da produção. 2014.

PEREIRA, L. E. T., NISHIDA, N. T., CARVALHO, L. da R., & HERLING, V. R. (2021). Recomendações para correção e adubação de pastagens tropicais. Universidade de São

Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos.
<https://doi.org/10.11606/9788566404227>.

PEREIRA, M. de A., BUNGENSTAB, D. J., EUCLIDES, V. P. B., MALAFAIA, G. C., BISCOLA, P. H. N., MENEZES, G. R. O., ABREU, U. G. P. de, LAURA, V. A., NOGUEIRA, É., MAURO, R. de A., DA SILVA, M. P., NICACIO, A. C., ALMEIDA, R. G. de, GOMES, R. da C., SILVA, J. C. B., & DE SOUZA, V. F. (2024). From Traditionally Extensive to Sustainably Intensive: A Review on the Path to a Sustainable and Inclusive Beef Farming in Brazil. *Animals*, 14(16), 2340. <https://doi.org/10.3390/ani14162340>

PORTO, Edson Marcos Viana et al. Rendimento forrageiro da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a doses crescentes de fósforo. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 11, n. 3, p. 25-34, 2012.

QUADROS, Fernando Luiz Ferreira de et al. Nitrogen efficiency in marandupalisadegrass pastures under increasing nitrogen levels. *Ciência Rural*, v. 54, n. 3, p. e20230049, 2023.

REZENDE, C. G. B., BONFIM-SILVA, E. M., SILVA, T. J. A., CABRAL, C. E. A., & SCHLICHTING, A. F. (2017). Fosfato natural reativo na adubação do capim *piatã* em Latossolo Vermelho do Cerrado. *Agrarian*, 9(31), 55–62. Recuperado de <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/3583>

REZENDE, P. R., RODRIGUES, L. M., BACKES, C., TEODORO, A. G., SANTOS, A. J. M., FERNANDES, P. B., GIONGO, P. R., RIBON, A. A., & BESSA, S. V. (2022). Productivity and nutrient extraction by *Paiaguás palisadegrass*, single and intercropping with pigeon pea, submitted to doses of nitrogen. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 74(6), 1151–1160. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12827>

RODRIGUES JÚNIOR, C. T., CARNEIRO, M. S. de S., MAGALHÃES, J. A., PEREIRA, E. S., RODRIGUES, B. H. N., COSTA, N. D. L., PINTO, M. D. S. de C., Andrade, A. C., Pinto, A. P., Fogaça, F. H. dos S., & Castro, K. N. de C. (2015). Produção e composição bromatológica do capim-Marandu em diferentes épocas de diferimento e utilização. *Semina:*

Ciências Agrárias, 36(3Supl1), 2141. <https://doi.org/10.5433/16790359.2015v36n3Supl1p2141>.

ROTHER, E. T. REVISÃO SISTEMÁTICA X REVISÃO NARRATIVA. ACTA PAULISTA DE ENFERMAGEM, V. 20, N. 2, P. V-VI, 2007. SANTOS, L. M., SIQUEIRA, F. L. T., SIQUEIRA, G. B., & CALÇADO, J. P. A. (2015).

POTENCIAL DE ESTABELECIMENTO DA BRACHIARIA HÍBRIDA CULTIVAR MULATO II (CONVERT HD364) NO ESTADO DO TOCANTINS. Nativa, 3(4), 224–232. <https://doi.org/10.14583/2318-7670.v03n04a01>

SANTOS, Manoel Eduardo Rozalino et al. Valor nutritivo de perfilhos e componentes morfológicos em pastos de capim-braquiária diferidos e adubados com nitrogênio. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, p. 1919-1927, 2010.

Skonieski, F. R., VIÉGAS, J., MARTIN, T. N., NÖRNBERG, J. L., MEINERZ, G. R., Tonin, T. J., Bernhard, P., & Frata, M. T. (2017). Effect of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality. Revista Brasileira de Zootecnia, 46(9), 722–730. <https://doi.org/10.1590/s1806-92902017000900003>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 918p. 2013

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 918p. 2017

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. Revista Ceres, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.