

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

**CAPIM-MARANDU SOB DOSES CRESCENTES DE
NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM SOLO ÁCIDO**

Ana Beatriz Graciano da Costa

CAMPO GRANDE

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

**CAPIM-MARANDU SOB DOSES CRESCENTES DE
NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM SOLO ÁCIDO**

Ana Beatriz Graciano da Costa

Orientador: Prof. Dr. Gelson dos Santos Difante

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo de Faria Theodoro

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, como requisito à obtenção do
título de Mestra em Ciência Animal.

Área concentração: Produção Animal

CAMPO GRANDE, MS

2021



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Certificado de aprovação

ANA BEATRIZ GRACIANO DA COSTA

Capim-marandu sob doses crescentes de nitrogênio e potássio em solo ácido

Marandu grass under growing nitrogen and potassium doses in acid soil

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestra em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

Aprovada em: 19-02-2021

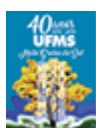
BANCA EXAMINADORA:

Dr. Gelson dos Santos Difante
(UFMS) – (Presidente)

Dr. Alexandre Menezes Dias
UFMS

Dr. Gustavo de Faria Theodoro
UFMS

Dr. João Virginio Emerenciano Neto
UFRN



Documento assinado eletronicamente por **Gelson dos Santos Difante, Professor do Magisterio Superior**, em 19/02/2021, às 18:26, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **João Virginio Emerenciano Neto, Usuário Externo**, em 19/02/2021, às 18:29, conforme horário oficial de Mato



Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Menezes Dias, Professor do Magisterio Superior**, em 19/02/2021, às 18:33, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo de Faria Theodoro, Professor do Magisterio Superior**, em 19/02/2021, às 19:39, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2417025** e o código CRC **7B25ACC4**.

**COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
ANIMAL**

Av Costa e

Silva, s/nº -

Cidade

Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todos os dias me conceder o fôlego de vida e me guiar em todos os meus passos até a concretização dos meus sonhos.

A toda a minha família por todo incentivo e apoio em todas as áreas da minha vida desde o início da minha formação acadêmica, em especial a minha mãe, Francineide Graciano da Costa por ser a minha maior incentivadora e ajudadora.

Ao corpo docente do curso de mestrado em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul por todo conhecimento e aprendizado adquirido durante a minha jornada acadêmica.

Em especial ao meu orientador, o Professor Dr. Gelson dos Santos Difante, pelo incentivo, apoio, correções, conselhos, confiança, ensinamentos que vão além da vida acadêmica, que sempre irão fazer parte de todo o meu crescimento profissional e pessoal.

Aos integrantes do GEFOR- RN, Brenda, Ádalla, Márcio, Flávio, Eric e Yanka que contribuíram na estruturação e execução das avaliações, e aos integrantes do GEFOR – MS, Carolina, Leandro e Patrick que muito me ajudaram na escrita e tiveram paciência de repassar os seus conhecimentos.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelas bolsas de estudos concedida a mim e aos bolsistas de Iniciação Científica.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelos recursos financeiros para condução do projeto e análises.

À UFRN e à UFMS pelo apoio para a execução do projeto e elaboração das publicações.

Enfim, a todas as pessoas que contribuem para o meu crescimento cotidiano, muito obrigado.

RESUMO

COSTA, A. B. G. Capim-marandu sob doses crescentes de adubação nitrogenada e potássica em condições de elevada acidez. 2021. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021.

O cultivo de pastagens em solos menos férteis aliado a ausência ou inadequada fertilização, afetam significativamente a persistência e produção das plantas forrageiras. Assim, objetivou-se avaliar o efeito do nitrogênio e o potássio sob as características morfogênicas, estruturais e produtivas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. O experimento foi dividido em dois testes, ambos delineados em blocos ao acaso. Teste 1: cinco doses de N (0, 75, 125, 175 e 225 mg dm⁻³); Teste 2: cinco doses de potássio (K) (0, 25, 50, 75, 100 mg dm⁻³). Foram avaliadas as características morfogênicas, estruturais e produtivas. No teste 1: As doses de N induziram uma resposta linear em TAIF, CFF e NFV, que aumentaram 0,006 cm/perfilho, 0,032 cm e 0,010 folhas/perfilho, respectivamente, com cada mg dm⁻³ de N adicionado. As doses de N causaram efeito quadrático na TApF, TAIC, DVF, filocrono, TSeF e DPP. Com base na derivada da equação, a maior TApF (0,09 folhas/perfilho.dia) foi estimado à taxa de 150,00 mg dm⁻³; a maior TAIC (0,10 cm/dia) a 83,33 mg dm⁻³; a maior DVF (110,94 dias) a 148,33 mg dm⁻³; e a maior TSeF (1,43 cm/dia) na taxa de 160,71 mg dm⁻³. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu responde linearmente à dose de N até 225 mg dm⁻³, o que promove aumentos em suas características morfogênicas, estruturais e de produção em um Neossolo Quartzarênico.. No teste 2: Não foi observado efeito das doses de K (P>0,05) para as variáveis morfogênicas, estruturais e produtivas do capim-marandu em Neossolo Quartzarênico. Em condições de acidez, em um Neossolo Quartzarênico, as diferentes doses de K não alteraram (P<0,05) as características morfogênicas, estruturais e produtivas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, cloreto de potássio, solo arenoso, ureia, morfogênese

ABSTRACT

COSTA, A. B. G. Marandu grass under increasing doses of nitrogen and potassium fertilization under conditions of high acidity. 2021. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021.

Pasture cultivation in poorer soils, combined with the absence or inadequate fertilization, significantly affect the persistence and production of forage plants. Thus, the objective was to evaluate the effect of nitrogen and potassium under the morphogenic, structural and productive characteristics of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu in Neossolo Quartzarênico. The experiment was divided into two tests, both outlined in random blocks. Test 1: five doses of N in the form of urea (0, 75, 125, 175 and 225 mg dm⁻³); Test 2: five doses of potassium (K) in the form of potassium chloride (0, 25, 50, 75, 100 mg dm⁻³). Morphogenic, structural and productive characteristics were evaluated. In test 1: N doses induced a linear response in LER, FLL and NLL, which increased 0.006 cm/tiller, 0.032 cm and 0.010 leaves/tiller, respectively, with each milligram of N added. N doses had a quadratic effect on LAR, SER, LLS, phyllochron, LSR and TD. Based on the derivative of the equation, the highest LAR (0.09 leaves/tiller.dia) was estimated at the rate of 150.00 mg dm⁻³; the highest SER (0.10 cm/day) at 83.33 mg dm⁻³; the highest LLS (110.94 days) at 148.33 mg dm⁻³; and the highest LSR (1.43 cm/day) at the rate of 160.71 mg dm⁻³. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu responds linearly to the dose of N up to 225 mg dm⁻³, which promotes increases in its morphogenic, structural and production characteristics in a Quartzene Neossol. These values may not be repeated in the most fertile soils and with greater capacity to supply N. In test 2: No effect of K doses ($P > 0.05$) was observed for the morphogenic, structural and productive variables of marandu grass in Quartzarenic Neossol. Under acidity conditions, in a Neossolo Quartzarênico, the different doses of K did not alter ($P < 0.05$) the morphogenic, structural and productive characteristics of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, potassium chloride, sandy soil, urea

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	09
2. OBJETIVOS.....	10
2.1. Objetivo geral.....	10
2.2. Objetivo específico.....	10
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3.1. Neossolo Quartzarênico.....	11
3.2. <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	11
3.3. Relação das características morfogênicas com a adubação.....	11
3.4. Adubação nas pastagens.....	12
3.4.1. Adubação nitrogenada.....	13
3.4.2. Adubação potássica.....	14
3.5. Referências.....	15
4. ARTIGO - CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS, ESTRUTURAIS E PRODUTIVAS DO CAPIM-MARANDU SOB DOSES DE NITROGÊNIO EM NEOSSOLO.....	22
4.1. Resumo.....	23
4.2. Introdução.....	23
4.3. Materiais e métodos.....	24
4.4. Resultados.....	27
4.5. Discussão.....	29
4.6. Conclusão.....	31
4.7. Referências.....	32
5. ARTIGO – CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS, ESTRUTURAIS E PRODUTIVAS DO CAPIM-MARANDU SOB DOSES DE POTÁSSIO EM SOLO ARENOSO ÁCIDO.....	37
5.1. Resumo.....	38
5.2. Introdução.....	38
5.3. Materiais e métodos.....	39
5.4. Resultados e discussão.....	42
5.5. Conclusão.....	46
5.6. Referências.....	46

1. INTRODUÇÃO

Os Neossolos são o terceiro maior tipo de solo no Brasil, com 14,57%, dos quais 42% são de Neossolos Quartzarênicos (SANTOS et al., 2013). Esses solos são de textura muito arenosa (FREITAS et al., 2012), naturalmente menos férteis (SORATTO et al., 2011), com baixa capacidade de retenção de água, elevada erodibilidade (ZUO et al., 2008), além de elevada acidez e baixa disponibilidade de nutrientes (SILVA et al., 2010).

Devido às características desses solos, eles são considerados de baixa aptidão agrícola, principalmente para culturas perenes (LIMA et al., 2000). Porém com a expansão da fronteira agrícola, culminou com a incorporação destes solos no cultivo das pastagens (CARDOSO et al., 2019).

As cultivares de *Brachiaria brizantha* apresentam alta plasticidade fenotípica e são recomendadas a diversas condições edafoclimáticas (PHILP et al., 2019; VERAS et al., 2020). Porém, para que ocorra a persistência dessas plantas é necessário o manejo de adubação, devido a menor fertilidade natural dos solos arenosos (BEZERRA et al., 2017).

Para essas plantas expressarem plenamente seu potencial produtivo é necessário o suprimento adequado de nutrientes, em especial o nitrogênio (N), pois o N integra as estruturas como as membranas dos tilacóides dos cloroplastos e participa de complexos de proteínas, pigmentos e dos transportadores de elétrons (TAIZ & ZEIGER, 2013). O potássio é o segundo mineral mais importante requerido pelas plantas, sendo vital para fotossíntese (SILVA et al., 2020), ativação enzimática, abertura e fechamento dos estômatos, melhor regulação dos processos fisiológicos e resistência ao déficit hídrico (CABRAL et al., 2017).

O crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras esta diretamente associada às características físicas e químicas do solo (BEZERRA et al., 2020). O estudo dos atributos químicos do solo e das características morfológicas e produtivas das plantas possibilita o diagnóstico preciso na orientação do uso eficiente do solo (DAVATGAR et al., 2012), e por consequência o uso eficiente de fertilizantes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Objetivou-se avaliar o efeito das doses de adubação nitrogenada e potássica sob as características morfogênicas, estruturais e produtivas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar o efeito das doses de adubação nitrogenada sob as características morfogênicas, estruturais e produtivas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico.

- Avaliar quais níveis de adubação potássica alteram as características morfogênicas, estruturais e produtivas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em solo arenoso e ácido do nordeste brasileiro.

1 3. REVISÃO DE LITERATURA

2 3.1. Neossolo Quartzarênico

3 O semiárido brasileiro abrange 70% da área da região Nordeste, mais o norte de
4 Minas Gerais. A região é coberta por solos rasos de baixa fertilidade, esses solos, em
5 sua maioria, são classificados como Neossolos.

6 Os Neossolos são o terceiro maior tipo de solo no Brasil, com 14,57%, dos quais
7 42% são de Neossolos Quartzarênicos (SANTOS et al., 2013). Esses solos possuem
8 como características baixa fertilidade natural, baixa capacidade de retenção de água
9 (COELHO et al., 2002), são compostos principalmente por areia (89%), caracterizando-
10 se como solos de elevada permeabilidade e erodibilidade (OLIVEIRA et al., 2015).

11 Devido às características desses solos, eles são considerados de baixa aptidão
12 agrícola, principalmente para culturas perenes (LIMA et al., 2000). Porém com a
13 expansão da fronteira agrícola, culminou com a incorporação destes solos no cultivo das
14 pastagens (CARDOSO et al., 2019). Sendo necessária a utilização de calagem e
15 adubação a fim de que se possa ter adequada produtividade, reduzindo o impacto das
16 gotas de chuva, com mínimas perdas de solo pela erosão, medida chave para exploração
17 agropecuária em Neossolos Quartzarênicos (LIMA et al., 2000; SALES et al., 2010).

18

19 3.2. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

20 O gênero *Brachiaria* representa mais de 70% das pastagens cultivadas
21 (ZIMMER et al. 2007), pois apresentam boa adaptação a solos ácidos, de baixa
22 fertilidade, tolerância a altos teores de alumínio (Al) e baixos teores de cálcio (Ca) e
23 fósforo (P) no solo (RAO et al., 1996). São os mais cultivados no Brasil, devido à
24 diversidade de espécies e suas diferenças morfofisiológicas (DUARTE et al., 2019).

25 Dentre o gênero *Brachiaria*, destaca-se a espécie *Brachiaria brizantha* a qual
26 predomina a cultivar Marandu (MACEDO et al., 2013). Esta cultivar é evidenciada
27 devido a sua alta resistência a cigarrinha das pastagens, elevada produção, qualidade de
28 forragem e boa cobertura de solo, sendo a forrageira mais plantada no país (BEZERRA
29 et al., 2020).

30

31 3.3. Relação das características morfogênicas com a adubação

O crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras está diretamente associada às características físicas e químicas do solo (BEZERRA et al., 2020). O estudo dos atributos químicos do solo e das características morfológicas e produtivas das pastagens possibilita o diagnóstico preciso na orientação do uso eficiente do solo (DAVATGAR et al., 2012), e por consequência o uso eficiente de fertilizantes.

A morfogênese é descrita por quatro características principais em forrageiras tropicais: taxa de aparecimento de folhas, taxa de alongamento de folhas, vida útil da folha e taxa de alongamento do colmo (LEMAIRE et al., 2009). Esta pode ser definida como a dinâmica de geração e expansão de folhas no tempo e espaço (LEMAIRE et al., 2011) e desempenha como uma ferramenta para auxiliar na definição de estratégias de manejo da pastagem (PEREIRA, 2013; ALMEIDA, 2015; COSTA et al., 2014).

Apesar de serem determinadas pelo genótipo da planta forrageira, as características morfogênicas são afetadas por diversos fatores, tais como estações do ano, balanço hormonal, estágio de desenvolvimento, condições ambientais e disponibilidade de nutrientes, principalmente o nitrogênio, fósforo e potássio, devido seus efeitos significativos no fluxo de biomassa (PEREIRA, 2013; CAVALLI, 2016).

O nitrogênio é o principal nutriente para a manutenção da produtividade e persistência de uma pastagem, sendo o principal constituinte das proteínas que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos que formam a estrutura do vegetal, responsável por características estruturais da planta (comprimento final da folha, densidade de perfilhos e folhas por perfilho), além das características morfogênicas (taxas de aparecimento, alongamento e senescência foliar) (LEMAIRE et al., 2011; SANTOS et al., 2012; SANTOS et al., 2019).

A fertilização estratégica com nitrogênio tem um substancial efeito sobre as características de crescimento do pasto, aumentando a produção de forragem (SOUSA et al., 2012). De acordo com Caminha et al. (2010), a fertilização com nitrogênio aumenta a renovação de perfilhos via aumento da taxa de aparecimento e altera o perfil etário da população.

3.4. Adubação nas pastagens

A fertilização inadequada das pastagens afeta significativamente a persistência e produção das plantas forrageiras, o que impede as plantas chegarem ao seu pleno

64 potencial produtivo (GARCEZ & MONTEIRO, 2016). Pois as características
65 morfológicas e estruturais são influenciadas pela adubação, principalmente, pela
66 adubação nitrogenada (MARTUSCELLO et al., 2019).

67 A fertilização dos pastos brasileiros, geralmente não periódica, é feita de forma
68 equivocada, visto que aqueles que o fazem, priorizam a fertilização nitrogenada em
69 detrimento de outros nutrientes (CABRAL et al., 2017). O nitrogênio (N) e o potássio
70 (K) são os nutrientes mais extraídos pelas gramíneas forrageiras (COSTA et al., 2010),
71 portanto, é essencial que se faça a adubação para melhorar a quantidade e qualidade de
72 forragem disponível.

73

74 3.4.1. Adubação nitrogenada

75 Os efeitos dos fertilizantes nos processos microbianos podem ser complexos,
76 visto que podem envolver tanto efeito direto como indireto resultantes de aumentos nas
77 entradas de matéria orgânica causados por maior produtividade (CURTIN et al., 2019).

78 O nitrogênio é um nutriente essencial e proporciona mudança na dinâmica do
79 crescimento e produção das plantas forrageiras (ALEXANDRINO et al., 2005;
80 FAGUNDES et al., 2005). A ausência desse macronutriente compromete, tanto a
81 permanência da pastagem, quanto a produtividade, pois a adubação nitrogenada
82 influencia de forma positiva no perfilhamento (FAGUNDES et al., 2006).

83 Este é o elemento mineral mais abundante nas plantas, pois é constituinte de
84 aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas e nucleotídeos (MARENCO & LOPES,
85 2009). A absorção do N ocorre principalmente na forma de nitrato (NO_3^-) ou de amônio
86 (NH_4^+); como componente da clorofila, participa diretamente da fotossíntese,
87 desempenhando, entre outros papéis, o de aumentar o teor da proteína nas plantas
88 (RAIJ, 1991; SOUSA & LOBATO, 2002).

89 O nitrogênio integra as estruturas como as membranas dos tilacóides dos
90 cloroplastos e participa de complexos de proteínas, pigmentos e dos transportadores de
91 elétrons (TAIZ & ZEIGER, 2013), além de compor o DNA, ácido nucléico que define a
92 síntese proteica (LIU et al., 2019). O nitrogênio também é um dos principais
93 componentes da molécula de clorofila, do ATP (fonte de energia para muitos processos
94 metabólicos), e é componente essencial na ativação da Rubisco (TAIZ & ZEIGER,
95 2013). Em função disso, a deficiência de N tem grande influência na taxa fotossintética,

resultando em mais uma forma de autorregulação do metabolismo vegetal em elevadas concentrações de CO₂ na atmosfera, segundo BAE & SICHER (2004), se o suprimento de N é suficiente, a aclimação à fotossíntese é mínima.

A adubação nitrogenada determina o ritmo de crescimento e qualidade das forragens produzidas (QUARESMA et al., 2011), acelerando o crescimento, o perfilhamento, a produção foliar e, conseqüentemente, a expansão da parte aérea e sistema radicular (GALINDO et al., 2017). Martuscello et al. (2019) ao avaliar o comportamento da cultivar Tamani sob doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação, concluíram que a adubação nitrogenada influencia de forma linear nas taxas de aparecimento foliar (TApF), alongamento foliar (TAIF), senescência foliar (TSeF), filocrono, no número de folhas vivas (NFV) e na densidade populacional de perfilhos (DPP) até a dose de 200 mg/dm³ de N.

Ao avaliar o capim-mombaça sob níveis de sombreamento associado com a adubação nitrogenada André et al. (2020) observou que apenas a taxa de aparecimento foliar (TApF), a taxa de alongamento de colmo (TAIC) e o número de folhas vivas (NFV) apresentaram resposta linear, concluindo que a pleno sol a recomendação é de 100 Kg/ha de N para a cultivar Mombaça.

Quanto as cultivares de *Brachiaria brizantha*, Souza et al. (2017) e Germano et al. (2018) recomendaram doses de 100 a 250 Kg/ha de N como forma de manejo, sendo esse valor parcelado e fornecido as plantas após o corte ou desfolhação dessas cultivares.

3.4.2. Adubação potássica

Além do nitrogênio, o potássio (K) é um nutriente mineral absorvido em grande quantidade pelas plantas (COSTA et al., 2011). O K é o cátion mais abundante nas plantas e tem importante função no estado energético, na translocação e no armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais (MEURER et al., 2018).

O potássio atua na fotossíntese, mantém o turgor das células, regula a abertura e o fechamento dos estômatos, promove a absorção de água, regula a translocação de nutrientes na planta, favorece o transporte e o armazenamento de carboidratos, incrementa a absorção do N e a síntese de proteínas e participa da síntese de amido nas

folhas (MARSCHNER, 1995; TAIZ E ZEIGER, 2004, ERNANI et al., 2007; LEMAIRE et al., 2011).

Quando presente na solução do solo, movimenta-se verticalmente, principalmente pela água de drenagem. Em função deste movimento, este elemento pode ser perdido por lixiviação, ou seja, transportado para profundidades além daquelas ocupadas pelas raízes (OLIVEIRA & VILLAS BOAS, 2008). Esta movimentação do potássio no perfil do solo depende, principalmente, do tipo de solo, textura (NEVES et al., 2009), capacidade de troca catiônica (CTC), regime hídrico da dose e solubilidade do fertilizante (ROSOLEM et al., 2006). Em solos bem drenados e com menor CTC, a lixiviação é maior (RAIJ, 2011).

A adubação potássica afeta positivamente o rendimento da forragem, as características morfogênicas e estruturais das gramíneas, a composição química e a extração de macronutrientes (COSTA et al., 2016; COSTA et al., 2017). Em latossolo amarelo, para *Axonopus aureus*, a dose de máxima eficiência na produção de massa seca verde (MSV) foi determinada em 180,7 Kg de K₂O ha⁻¹ (COSTA et al., 2019).

Diante do exposto foram elaborados dois artigos científicos que buscam trazer respostas sobre o efeito das doses de adubação nitrogenada e níveis de adubação potássica nas características morfogênicas, estruturais e produtivas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico, sob títulos: "Características morfogênicas, estruturais e produtivas do capim-marandu sob doses de nitrogênio em Neossolo" e "Características morfogênicas, estruturais e produtivas do capim-marandu sob doses de potássio em solo arenoso ácido".

151

152 3.5 Referências

153

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO-JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; MOSQUIM, P. R.; ROCHA, F. C.; SOUZA, D. P. (2005). Características morfogênicas e estruturais de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de corte. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 21, n. 1, p. 17-24.

- 158 ALMEIDA, O. G. (2015). *Morfogênese e produção de acessos de Panicum maximum*.
159 43f. Monografia. (Bacharelado em Zootecnia). Universidade Federal de São João del
160 Rei
- 161 ANDRÉ, T. B.; OLIVEIRA, L. B. T.; SANTOS, A. C.. Growth and development of
162 mombassa grass grown in full sun and shade under nitrogen levels. **Revista**
163 **Engenharia na Agricultura - Reveng**, [S.L.], v. 28, p. 11-23, 29 jan. 2020.
164 <http://dx.doi.org/10.13083/reveng.v28i.932>.
- 165 BAE, H.; SICHER, R. Changes of soluble protein expression and leaf metabolite levels
166 in *Arabidopsis thaliana* grown in elevated atmospheric carbon dioxide. **Field Crops**
167 **Research**, v.90, n.61-73, 2004.
- 168 BEZERRA, J. D. V.; EMERENCIANO NETO, J. V.; ALVES, D. J. S.; BATISTA
169 NETA, I. E.; GALDINO NETO, L. C.; SANTOS, R. S.; DIFANTE, G. S. (2020).
170 Productive, morfogenic and structural characteristic sof *Brachiaria brizantha* cultivars
171 grown in two types of soil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7,
172 e129972947, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.2947>
- 173 CABRAL, C. E. A.; PESQUEIRA-SILVA, L. C. R.; BARROS, L. V.; BEHLING
174 NETO, A.; ABREU, J. G.; CABRAL, C. H. A.; SILVA, F. G.; GALATI, R. L.; FIORI,
175 A. M. R.; SILVA JUNIOR, C. A.. Defoliation height and potassium fertilization of
176 Mulato II grass. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 41, p. 2719-2726, 2017.
177 <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4supl1p2719>.
- 178 CAMINHA, F. O.; SILVA, S. C. da; PAIVA, A. J.; PEREIRA, L. E. T.; MESQUITA,
179 P.; GUARDA, V. D. Estabilidade da população de perfilhos de capim-marandu sob
180 lotação contínua e adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.
181 45, n. 2, p. 213-220, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000200013
- 182 CARDOSO, W. P. S.; FREITAS, S.; CREMON, C.; MANDARINO, A. P.; CASTRO,
183 P.; BASTOS, L. G. (2019). Atributos químicos de um Neossolo e sua influência na
184 expansão circular da síndrome da morte súbita das pastagens. **Global Science and**
185 **Technology**, v.12, n.01, p.228-240.

- 186 CAVALLI, J. (2016). *Estratégias de manejo do pastejo de Panicum maximum cvs.*
 187 *Quênia e Tamani*. 96f. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Zootecnia).
 188 Universidade Federal do Mato Grosso.
- 189 COELHO, M. R.; SANTOS, H. G.; SILVA, E. F.; AGLIO, M. L. D. O Recurso Natural
 190 do Solo. In: MANZATTO, C. V. (Org.). **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. Rio de
 191 Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p.1-12.
- 192 COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.;
 193 SAMPAIO, F. M. T.; CARRIJO, M. S.; RODRIGUES, C. R.. Extração de nutrientes
 194 pela fitomassa de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio. **Ci. Anim.**
 195 **Bras.**, v. 11, n. 2, p. 307-314, 2010. DOI: 10.526/cab.v11i2.4043
- 196 COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; SEVERIANO, E. C.; GUIMARÃES,
 197 K. C.; MOREIRA, J. F. M.; BENTO, J. C. (2011). Adubação nitrogenada e potássica na
 198 produção de massa seca e composição bromatológica do capim-xaraés. **Global Science**
 199 **and Technology**, v. 04, n. 01, p.51-60.
- 200 COSTA, N. DE L., MORAES, A., CARVALHO, P. C. F., MONTEIRO, A. L. G.,
 201 MOTTA, A. C. V., SILVA, A. L. P. & OLIVEIRA, R. A. (2014). Morfogênese de
 202 *Trachypogon plumosus* sob calagem, adubação e idades de rebrota. **Archivos de**
 203 **Zootecnia**, v. 63, p. 109-120. <http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922014000100011>
- 204 COSTA, N. L.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; GIANLUPPI, V.;
 205 MAGALHÃES, J. A.. Resposta de pastagens de *Trachypogon plumosus* consorciadas
 206 com *Stylosanthes capitata* cv. Lavradeiro a níveis de fósforo e potássio. **Pubvet**, [S.L.],
 207 v. 11, n. 10, p. 1046-1056, 2017. <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n10.1046-1056>.
- 208 COSTA, N. L.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; MAGALHÃES, J. A..
 209 Rendimento de forragem e morfogênese de *Trachypogon plumosus* sob níveis de
 210 potássio. **PUBVET**, v.10, n.5, p.394-398, 2016.
- 211 COSTA, N. L.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; MAGALHÃES, J. A.;
 212 RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. S.. Acúmulo de forragem e morfogênese de
 213 *Axonopus aureus* sob adubação potássica. **Research, Society And Development**,
 214 [S.L.], v. 8, n. 8, p. e49881270, 2019. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i8.1270>.

- 215 DAVATGAR, N.; NEISHABOURI, M. R.; SEPASKAH, A.R. (2012). Delineation of
 216 site specific nutrient management zones for apaddy cultivated area
 217 based on soil fertility using fuzzy clustering, **Geoderma**, v.173-174, n.2, p.111-118.
- 218 DUARTE, C.F.D.; PROCHERA, D.L.; PAIVA, L.M.; FERNANDES, H.J.; BISERRA,
 219 T.T.; CASSARO, L.H.; FLORES, L.S.; FERNANDES, R.L. (2019). Morfogênese de
 220 braquiárias sob estresse hídrico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e**
 221 **Zootecnia**, v.71, n.5, p.1669-1676. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-10844>
- 222 ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. (2007). Potássio. Fertilidade do
 223 Solo, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 551-594.
- 224 FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C.; MORAIS, R.V.; VITOR,
 225 C.M.T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; CASAGRANDE, D.R.;
 226 COSTA, L.T. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em
 227 pastagem adubada com nitrogênio avaliada nas quatro estações do ano. **Revista**
 228 **Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.21-29, 2006. [http://dx.doi.org/10.1590/S1516-](http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000100003)
 229 [35982006000100003](http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000100003)
- 230 GALINDO, F. S., BUZETTI, S., DUPAS, E., & LUDKIEWICZ, M. G. Z.. Application
 231 of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in mombasa guinegrass
 232 ('*Panicum maximum*' cv. mombasa) at dry and rainy seasons. **Australian Journal of**
 233 **Crop Science**, v. 11, p.1657-1664, 2017. [https://doi.org/](https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.12.pne907)
 234 [10.21475/ajcs.17.11.12.pne907](https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.12.pne907).
- 235 GARCEZ, T. B.; MONTEIRO, F. A. Nitrogen use of *Panicum* and *Brachiaria* cultivars
 236 vary with nitrogen supply: I. Differences in plant growth. **Australian Journal of Crop**
 237 **Science**, v. 10, p. 614-621, 2016. <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.05.p6853A>
- 238 GERMANO, L. H. E.; VENDRUSCOLO, M. C.; DANIEL, D. F.; DALBIANCO, A.
 239 B.. Produtividade e características agronômicas de *Brachiaria brizantha* cv. Paiguás
 240 submetida a doses de nitrogênio sob cortes. **Boletim de Indústria Animal**, [S.L.], v.
 241 75, p. 1-14, 2018. <http://dx.doi.org/10.17523/bia.2018.v75.e1419>.
- 242 LEMAIRE, G., HODGSON, J. & CHABBI, A. Grassland productivity and ecosystem
 243 services. Cabi, Wallingford, 2011.

- 244 LEMAIRE, G.; SILVA, S. C.; AGNUSDEI, M.; WADE,M.; HODGSON, J.
 245 Interactions between leaf life span and defoliation frequency in temperate and tropical
 246 pastures: a review. **Grass and Forage Science**, v. 64, n. 4,p. 341-353, 2009.
- 247 LIMA, A.A.C.; OLIVEIRA, F.N.S.; AQUINO, A.R.L.de. Solos e aptidão agrícola das
 248 terras do Estado do Tocantins. **Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical**, p. 27,
 249 2000. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 31).
- 250 LIU, T., HUANG, R., CAI, T., HAN, Q & DONG, S. Optimum leaf removal increases
 251 nitrogen accumulation in kernels of maize grown at high density. **Scientific Reports**, v.
 252 7, p. 39-44, 2017. <https://doi.org/10.1038/srep39601>
- 253 MACEDO, M. C. M., ZIMMER, A. H., KICHEL, A. N., ALMEIDA, R. G. &
 254 ARAÚJO, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e
 255 formas de mitigação. In: Encontro de adubação de pastagens da scot consultoria-tec-
 256 fértil. Ribeirão Preto: Scot Consultoria, 2013.
- 257 MARENCO, R. A.; LOPES, N. F.. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações
 258 hídricas e nutrição mineral. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009.
- 259 MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. London: **Academic**
 260 **Press**, 1995.
- 261 MARTUSCELLO, J. A.;RIOS, J. F.;FERREIRA, M. R.;ASSIS, J. A.;BRAZ, T. G. S.;
 262 VIEIRA CUNHA,D. N. F.Produção e morfogênese de capim brstamanisob diferentes
 263 doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. **Boletim de Indústria Animal**, v.76,
 264 p.1-10, 2019. <https://doi.org/10.17523/bia.2019.v76.e1441>
- 265 MEURER, E.J.; TIECHER, T.; MATIELLO, L. Potássio. In: FERNANDES, M.S.;
 266 SOUZA, S.R.; SANTOS, L.A. (2018). (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. 2 ed.,
 267 Viçosa: SBCS, p. 429-464.
- 268 NEVES, L. S.; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos
 269 decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do**
 270 **Solo**, v. 33, n. 1, p. 25-32, 2009.

- 271 OLIVEIRA, L.B.T.; SANTOS, A.C.; LIMA, J.S.; NEVES NETO, D.N. Variabilidade
272 espacial das respostas produtivas e morfológicas do capim-Marandu em função dos
273 atributos químicos e topográficos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**,
274 v.16, n.4, p 772-783, 2015.
- 275 OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do
276 potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Engenharia**
277 **Agrícola**, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.
- 278 PEREIRA, V. V. A importância das características morfogênicas sobre o fluxo de
279 tecidos no manejo de pastagens tropicais. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**,
280 v. 6, p. 289-309, 2013.
- 281 QUARESMA, J. P. S., ALMEIDA, R. G., ABREU, J. G., CABRAL, L. S., OLIVEIRA,
282 M. A., CARVALHO, D. M. G.. Produção e composição bromatológica do capim-tifton
283 85 (*Cynodon spp.*) submetido a doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum Animal**
284 **Sciences**. V. 33, p. 145-150, 2011. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i2.9261>
- 285 RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, p. 343, 1991.
- 286 RAIJ, B. V. (2011). *Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes*. Piracicaba:
287 **International Plant Nutrition Institute**.
- 288 RAO, I. M., KERRIDGE, P. C. & MACEDO, M. C. M. Nutrition al requirements of
289 *Brachiaria* and adaptation to acid soils. In: MILES, J. W., MAASS, B. L., VALLE, C.
290 B. & KUMBLE, V. (eds.). *Brachiaria: biology, agronomy, and improvement*. Campo
291 Grande: CIAT, 1996.
- 292 ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no
293 solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada.
294 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, 2006.
- 295 SALES, L.R.O.; CARNEIRO, M.A.C.; SEVERINO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.;
296 FERREIRA, M.M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes
297 sistemas de uso agrícola. **Ciência Agrotecnológica**, v. 34, n. 3, p. 667-674, 2010.

- 298 SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA,
299 J.B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro**
300 **de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 306, 2013.
- 301 SANTOS, J. N., SOUZA, A. L., CARVALHO, M. V., FERRO, M. M. & ZANINE, A.
302 M. Productive and structural responses of *Urochloa brizantha* cv. Piatã subjected to
303 management strategies. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, p. 1555-1564, 2019.
304 <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n4p1555>
- 305 SANTOS, M. E. R., FONSECA, D. M., GOMES, V. M., SILVA, P. S., SILVA, G. P. &
306 CASTRO, M. S. Correlações entre características morfogênicas e estruturais em pastos
307 de capim-braquiária. **Ciência Animal Brasileira**, v. 3, p. 49-56, 2012.
308 <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/13041>
- 309 SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina:
310 Embrapa Cerrados, p. 416, 2002.
- 311 SOUZA, B. A.; VENDRUSCOLO, M. C.; MEXIA, A. A.; ALVES, D. S..
312 Produtividade de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã em diferentes doses de nitrogênio.
313 **Veterinária em Foco**, v.15, n.1, p. 21-38, 2017.
- 314 TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5 Ed. Porto Alegre: Artmed. p. 954, 2013.
- 315 TAIZ, L.; ZEIGER, E.. Fisiologia vegetal. 3ª ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2004. P. 720.
- 316 ZIMMER, A., VERZIGNASSI, J., LAURA, V., VALLE, C., JANK, L., & MACEDO,
317 M. Escolha das forrageiras e qualidade de sementes. **Curso de Pastagens**, p. 22-47,
318 2007.

ARTIGO I**CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS, ESTRUTURAIS E PRODUTIVAS DO
CAPIM-MARANDU SOB DOSES DE NITROGÊNIO EM NEOSSOLO**

Esse artigo será submetido na revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia

19

22

Cultivares da espécie *Brachiaria brizantha* se destacam por sua persistência e alta capacidade de produção de forragem (Calvano et al., 2011; Euclides et al., 2019), bem como alta plasticidade fenotípica em solos arenosos e em ambientes semiáridos (Veras et al., 2020). No entanto, para que essas plantas persistam em solos arenosos, o manejo da fertilização é necessário devido à sua menor fertilidade natural (Bezerra et al., 2017).

Os Neossolos Quartzarênicos (Quartzipsamments) são muito arenosos (Freitas et al., 2012), naturalmente menos férteis (Soratto et al., 2011), com baixa capacidade de

31 retenção de água, alta erodibilidade (Zuo et al., 20008), alta acidez e baixa
32 disponibilidade de nutrientes (Silva et al., 2010). As plantas cultivadas neste tipo de
33 solo têm sua capacidade de absorção de nutrientes reduzida devido à rápida lixiviação e
34 baixa capacidade de troca catiônica, o que torna os Neossolos Quartzarênicos menos
35 produtivos (Moura et al., 2017).

36 O conhecimento dos fatores nutricionais limitantes é essencial para que as
37 plantas possam atingir a capacidade de produção ideal (Megda & Monteiro, 2010).
38 Nesse sentido, a adequada fertilidade do solo e a manutenção de seus atributos químicos
39 são os fatores responsáveis pela formação e desenvolvimento das plantas (Aquino et al.,
40 2014).

41 Para expressar seu potencial máximo de produção, as plantas devem ser
42 adequadamente supridas com nutrientes, principalmente nitrogênio (N). No entanto, a
43 fração de N do solo resultante da mineralização da matéria orgânica não é suficiente
44 para atender às necessidades das plantas em solos arenosos tropicais (Fagundes et al.,
45 2012; Campos et al., 2020; Clément et al., 2020). Assim, um baixo suprimento de N
46 pode comprometer o surgimento de novos tecidos (Farias et al., 2019). Nesse sentido, é
47 possível que para solos arenosos e de baixa fertilidade natural, seja necessário o uso de
48 doses maiores de N para que as plantas expressem o maior potencial genético.

49 Neste estudo, testamos a hipótese de que altos níveis de fertilização com N são
50 necessários para melhorar as características agronômicas da *Brachiaria brizantha* cv.
51 Marandu (capim-marandu) em Neossolos Quartzarênicos. Portanto, o objetivo foi
52 examinar o efeito das taxas de fertilização com N sobre as características morfogênicas,
53 estruturais e de produção do capim-marandu em um Neossolo Quartzarênico.

54 **Materiais e métodos**

55 *Local do experimento e monitoramento do solo-clima*

56 O experimento foi conduzido na área experimental do Grupo de Estudo em
57 Forragicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (GEFOR-UFRN),
58 localizado no campus Macaíba - RN, Brasil (5° 89' 25,78" S; 35° 36' 37.05" W, 50 m
59 acima do nível do mar). O período experimental foi de 17 de setembro (semeadura) a 17
60 de dezembro de 2018.

O clima da região é sub-úmido seco, com excesso de água ocorrendo de maio a agosto (Thornthwaite, 1948). A precipitação média mensal durante o período experimental foi de 35,94 mm e as temperaturas mínima, média e máxima foram 24,22 °C, 26,88 °C e 29,66 °C, respectivamente (Figura 1). Os dados foram obtidos do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (INMET, 2018). Para garantir o seu estabelecimento, era irrigada quando mais de dois dias se passavam sem chuva.

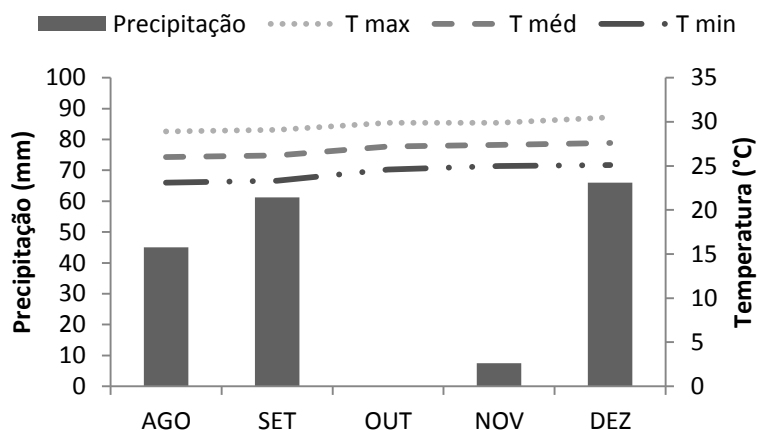


Figura 1. Precipitação e temperaturas média, mínima e máxima durante o período experimental.

Design experimental e desenvolvimento

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizado com cinco tratamentos, os quais consistiram em doses de N (0, 75, 125, 175 e 225 mg dm⁻³, que corresponde a 0, 150, 250, 350 e 450 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.) Aplicado como ureia em quatro repetições.

A ureia foi aplicada com o auxílio de uma pipeta na forma de solução nutritiva. Os vasos foram mantidos em ambiente aberto e utilizados como unidades experimentais. Cada vaso recebeu 8 dm⁻³ de solo, o que correspondeu a 11,52 kg de solo. A quantidade de solo em cada vaso foi calculada com base na densidade do solo (1,44 kg dm⁻³) e no volume do vaso (8 dm³). O solo, que foi classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2018), foi coletado na área experimental na profundidade de 0 a 20 cm para análise. O solo tinha 91,4% de areia; 4,1% de silte e 4,0% de argila.

O solo apresentou as seguintes características químicas: pH - 5,37; fósforo - 6,0 mg dm⁻³; potássio - 41,0 mg dm⁻³; sódio - 11,0 mg dm⁻³; cálcio - 0,53 cmolc dm⁻³;

85 magnésio - $0,48 \text{ cmolc dm}^{-3}$; alumínio - $0,16 \text{ cmolc dm}^{-3}$; Capacidade de troca catiônica
86 - $4,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$. Com base nos resultados da análise, a fertilização na época de plantio
87 foi realizada com 50 mg dm^{-3} de P_2O_5 (superfosfato simples) e 50 mg dm^{-3} KCl (cloreto
88 de potássio). Esse procedimento de fertilização também incluiu 10 mg dm^{-3} de
89 micronutrientes na forma de FTE-BR12 a 10%, que foi posteriormente continuado em
90 três aplicações de 30% realizadas 30, 45 e 60 dias após a semeadura.

91 A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi semeado na profundidade de 2 a 3 cm,
92 utilizando-se 15 sementes por vaso. O desbaste foi realizado no décimo dia após a
93 semeadura, restando cinco plantas por unidade experimental.

94

95 *Características morfogênicas, estruturais e de produção*

96 As características morfogênicas foram avaliadas semanalmente, a partir de 15
97 dias após a semeadura, em três perfilhos por unidade experimental, escolhidos ao acaso
98 e identificados com fios coloridos. As seguintes variáveis foram medidas: comprimento
99 total da folha (expandida e em expansão), número de folhas vivas (NFV, folhas /
100 perfilho) e comprimento do pseudocaule (distância da base do perfilho até a última
101 lígula exposta). Com esses resultados, foram determinadas as seguintes variáveis:
102 comprimento final da folha (CFF, cm perfilho⁻¹), filocrono (dias), taxa de aparecimento
103 foliar (TApF, folhas/perfilho.dia), taxa de alongamento foliar (TAIF, cm/perfilho.dia),
104 taxa de alongamento do caule (TAIC, cm/perfilho.dia), taxa de senescência foliar
105 (TSeF, cm/perfilho.dia) e tempo de vida da folha (DVF, dias) (Chapman & Lemaire,
106 1993).

107 A altura do dossel e a densidade populacional de perfilho (DPP) foram medidas
108 no último dia de avaliação. A altura foi determinada por régua graduada em
109 centímetros; foram medidos cinco pontos por vaso e a curvatura das folhas foi
110 considerada como o ponto da altura média do dossel. A densidade de perfilhos foi
111 determinada contando todos os perfilhos vivos por vaso.

112 Para estimar as variáveis massa de forragem (MF), massa da lâmina foliar
113 (MLF), massa do colmo (MC) e massa do material morto (MMM), toda a parte aérea
114 das plantas foram cortada 90 dias após a semeadura. As amostras foram utilizadas para
115 a separação dos constituintes morfológicos nas seguintes frações: lâmina foliar, colmo

116 (colmo + bainha) e material morto. Esses componentes foram secos em estufa de
117 circulação de ar forçado a 55 °C por 72h para determinação da matéria seca.

118 As raízes foram lavadas com água corrente em peneiras de 1 e 2 mm até a
119 remoção do solo aderido. Em seguida, foram secas em estufa de circulação de ar
120 forçado a 55 °C até peso constante e pesadas para determinação da MS da raiz. A
121 densidade de raiz (DR) foi determinada dividindo-se a MS da raiz pelo volume do solo
122 em cada unidade experimental.

123

124 *Análise estatística*

125 Os dados foram submetidos à análise de variância. O modelo estatístico
126 utilizado foi $Y_{ji} = \mu + B_j + D_i + \epsilon_{ji}$

127 Y_{ji} = Valor observado dose i do bloco j;

128 μ = Efeito da média geral;

129 B_j = Efeito do bloco k;

130 ϵ_{ji} =erro experimental associado a observação Y_{ji}

131 O efeito das taxas de N foi analisado por meio de análise de regressão. Modelos
132 lineares quadráticos foram testados e o modelo foi selecionado de acordo com a
133 significância dos coeficientes de regressão, adotando-se o nível de probabilidade de 5%
134 e o coeficiente de determinação (R^2).

135 Os dados de características morfogênicas e estruturais foram analisados por
136 componentes principais. O conjunto de dados foi padronizado, portanto, cada descritor
137 teve média e variação zero. Essa análise nos permitiu reduzir o espaço das variáveis
138 originais em um conjunto menor e preservar o máximo da variabilidade original dos
139 dados. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software R versão 3.6.1.

140

141 **Resultados**

142

143 As doses de N induziram uma resposta linear na TAlF, CFF, NFV e altura que
144 aumentaram 0,006 cm/perfilho, 0,032 cm, 0,010 folhas/perfilho e 0,047 cm,
145 respectivamente, com cada miligrama de N adicionado (Tabela 1).

146 As doses de N causaram efeito quadrático em TApF, TAIC, DVF, filocrono,
147 TSeF e DPP. Com base na derivada da equação, o maior TApF (0,09

folhas/perfilho.dia) foi estimado à taxa de 150,00 mg dm⁻³; a maior TAIC (0,10 cm/dia) a 83,33 mg dm⁻³; o maior DVF (110,94 dias) a 148,33 mg dm⁻³; e o maior TSeF (1,43 cm/dia) na taxa de 160,71 mg dm⁻³ (Tabela 1).

Tabela 1. Características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio em Neossolo Quartzarênico.

Variáveis	EPM	Valor de P		Valor de R ²		Equação
		L	Q	L	Q	
TApF (folhas/perfilho.dia)	0,005	0,001	0,047	0,57	0,73	$Y = 0,072 + 0,0003x - 0,000001x^2$
TAIF (cm/perfilho.dia)	0,206	<0,001	0,228	72,22	76,20	$Y = 1,492 + 0,006x$
TAIC (cm/dia)	0,014	<0,001	<0,001	44,44	76,22	$Y = 0,060 + 0,001x - 0,000006x^2$
DVF (dia)	3,487	0,010	0,008	31,60	65,04	$Y = 130,747 - 0,267x + 0,0009x^2$
FILO (dias/folhas.perfilhos)	0,498	<0,001	0,002	58,94	80,70	$Y = 14,400 - 0,054x + 0,0001x^2$
CFF (cm)	0,924	<0,001	0,274	77,04	79,71	$Y = 13,300 + 0,032x$
NFV (folhas/perfilho)	0,395	0,001	0,177	81,09	99,36	$Y = 9,577 + 0,010x$
TSeF (cm/dia)	0,040	<0,001	<0,001	70,76	93,64	$Y = 0,716 + 0,009x - 0,00002x^2$
DPP (perfilhos/vaso)	3,111	<0,001	<0,001	79,17	98,19	$Y = 22,262 + 0,525x - 0,001x^2$
Altura do dossel (cm)	2,812	0,013	0,102	67,04	91,07	$Y = 15,769 + 0,047x$

TApF: taxa de aparecimento de folha; TAIF: taxa de alongamento de folha; TAIC: taxa de alongamento do colmo; DVF: duração de vida das folhas; FILO: filocrono; CFF: comprimento final da folha; NFV: número de folhas vivas por perfilho; TSeF: taxa de senescência de folha; DPP: densidade populacional de perfilhos. EPM: erro padrão da média.

Tabela 2. Variáveis de produção da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio em Neossolo Quartzarênico.

Variáveis	EMP	Valor de P		Valor de R ²		Equação
		L	Q	L	Q	
MF (g/vaso)	7,205	0,002	0,774	93,51	94	$Y = 35,318 + 0,188x$
MLF (g/vaso)	3,525	<0,001	0,169	91,75	95,17	$Y = 14,796 + 0,154x$
MC (g/vaso)	2,083	<0,001	0,204	87,64	91,91	$Y = 7,381 + 0,073x$
MMM (g/vaso)	0,922	0,033	0,204	59,01	77,27	$Y = 5,82$
MS raiz (g/vaso)	5,326	<0,001	0,011	79,06	93,29	$Y = 27,548 + 0,520x - 0,001x^2$
DR (g/kg de solo)	0,462	<0,001	0,011	79,06	93,29	$Y = 2,391 + 0,045x - 0,0001x^2$

Massa de forragem (MF); Massa da lâmina foliar (MLF); massa do colmo (MC); massa de material morto (MMM); massa de raiz (MS raiz); densidade de raiz (DR). EMP: erro padrão da média.

As taxas de N não influenciaram o MMM ($P > 0,05$, Tabela 2). Por sua vez, houve um efeito linear das taxas de N em MF, MLF e MC, que aumentaram 0,188 g/vaso, 0,154 g/vaso e 0,073 g/vaso com cada miligrama de N, respectivamente (Tabela 2). MS de raiz e DR responderam quadraticamente ao aumento das taxas de N.

Cinco componentes principais (CP) foram gerados. Porém, o primeiro CP explicou 93% da variação estudada, e houve uma equidistribuição entre os níveis de fertilização com N. CP1, mostrou que a dose de N de 125 mg dm^{-3} foi neutra em relação às demais (Tabela 3). Este componente também relacionou o filocrono e o DVF com a taxa de N de 0 mg dm^{-3} . Altura do perfilho, DPP, TSeF, TApF, TAIF, CFF, NFV e TAIC apresentaram maior correlação com as taxas de N de 175 e 225 mg dm^{-3} (Tabela 3).

Tabela 3. Componentes principal (CP) análise para capim-marandu sob fertilização com nitrogênio.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Desvio padrão	3.05	0.573	0.536	0.234	<0.001
Proporção de variância	0.930	0.030	0.029	0.005	<0.001
Variável					
CFF	0.315	-0.438	-0.200	0.053	0.514
FILO	-0.326	-0.019	-0.124	0.311	-0.436
TApF	0.313	-0.386	0.354	0.195	0.040
TAIF	0.319	-0.364	-0.062	0.350	-0.214
NFV	0.322	-0.188	-0.289	-0.046	-0.643
TSeF	0.322	0.198	-0.222	-0.385	0.016
DFV	-0.306	-0.104	-0.635	0.331	0.275
TAIC	0.305	0.528	0.245	0.628	0.095
DPP	0.310	0.356	-0.459	0.141	0.020
Altura	0.324	0.190	-0.095	-0.257	0.008

Comprimento final da folha (CFF), filocrono (FILO), taxa de aparecimento foliar (TApF), taxa de alongamento foliar (TAIF), número de folhas vivas (NFV), taxa de senescência foliar (TSeF), duração de vida da folha (DVF), taxa de alongamento de colmo (TAIC), densidade populacional de perfilhos (DPP) e altura.

Discussão

As pastagens que não receberam fertilização com N, apresentaram altura quase 100% menor que as pastagens fertilizadas (Tabela 1), o que denota um efeito positivo

do N nesta variável. Na verdade, o N promove um aumento na taxa de alongamento do colmo (Tabela 1), o que leva a uma maior altura. A disponibilidade de N para as plantas é um dos principais fatores que influenciam suas características morfológicas (Bezerra et al., 2020).

As variáveis TAlF, CFF e NFV obtiveram uma resposta linear a adição de N (Tabela 1), isso ocorre devido a ação desse nutriente das plantas. O nitrogênio aumenta o número de células em divisão em zonas meristemáticas, estimula a produção de novas células e induz um aumento de TAlF, CFF e NFV (Farias et al., 2019; Martuscello et al., 2019). A taxa de alongamento foliar é de grande relevância para o fluxo de biomassa das plantas, pois está diretamente associada à capacidade fotossintética das plantas, tendo impacto direto na produção de forragem (Paciullo et al., 2016).

A taxa de aparecimento de folhas é altamente responsiva à fertilização com N, porém quando há uma adição elevada de N (dose máxima de 150,00 mg dm⁻³, nesse trabalho) há uma redução nessa produção de folhas. A ausência do N impede o aparecimento de novos perfilhos (Pereira et al., 2010). A taxa de aparecimento de folhas é considerada a característica central da morfogênese, pois influencia os componentes estruturais da forragem (Difante et al., 2011). Para cada nova folha, uma gema é formada com potencial para desenvolver um novo perfilho (Gastal & Lemaire, 2015).

As plantas não fertilizadas mantêm suas folhas vivas por mais tempo; ou seja, o aumento nas taxas de N acelera o processo de senescência, reduzindo assim o DVF e aumentando o TSeF (Silva et al., 2015). Isso explica a maior correlação entre a taxa de N de 0 com DVF e filocrono (Tabela 3).

A resposta da TSeF à fertilização com N foi gerada pela TApF. O processo de desenvolvimento foliar associado ao N faz com que a planta inicie a senescência devido à translocação de nutrientes para a expansão das novas lâminas foliares, o que acelera o fluxo dos tecidos (Farias et al., 2019; Lemaire et al., 2011). O aumento da disponibilidade de N no solo e, consequentemente, nas células vegetais, potencializou o processo nas zonas meristemáticas. Isso, por sua vez, leva a mudanças nas características estruturais dos perfilhos, como tamanho, peso e taxa de aparecimento (Alencar et al., 2010; Gurgel et al., 2020). Essas variáveis morfológicas influenciam diretamente as variáveis estruturais (Pontes et al., 2003) e promovem respostas positivas nas características de produção. Como resultado desse aumento, a planta terá maior área

foliar para absorver luz, aumentando sua taxa fotossintética e consequentemente a produção de forragem (Pilbeam, 2018).

Não houve efeito das taxas de N na MMM (Tabela 2), provavelmente porque não havia competição pela luz, é a partir desse momento que a taxa de senescência pode influenciar a estrutura e composição botânica do dossel forrageiro (Difante et al., 2011).

Cultivares de *Brachiaria* apresentam alta plasticidade quando submetidas a ambientes estressantes. Para garantir sua longevidade, quando em um ambiente com baixo suprimento de N, eles priorizam o crescimento das raízes para se estabelecerem mais rapidamente. Em contraste, sob altos níveis de N, eles aumentam a produção de folhas e o crescimento do perfilho (Garcez & Monteiro, 2000). A maior produção de raízes foi observada na dose de N de 193,9 mg dm⁻³, e à medida que os níveis de fertilização aumentaram, houve redução da MS da raiz e aumento da MLF. Este mecanismo compensatório explica a relação entre MF e MS de raiz.

O efeito linear observado para MF e MS de raiz (Tabela 2) foi devido à relação entre a parte aérea e o sistema radicular, uma vez que a maior produção de forragem induz uma modulação no sistema radicular para suportar o crescimento aéreo (Bertol et al., 2000; Gurgel et al., 2020). Acredita-se que o notável crescimento rápido do sistema radicular seja um mecanismo para aumentar o N absorvido por essas plantas (Liao et al., 2004; Noulas et al., 2010), o que favorece a persistência das gramíneas em um sistema de produção (Garcez & Monteiro, 2000).

Portanto, nossa hipótese de que altos níveis de fertilização com N são necessários para melhorar as características agronômicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) em Neossolos Quartzarênicos é corroborado por nossos dados. Embora a maior taxa de N possa beneficiar a produção do capim-marandu, pode causar um maior índice de perdas e problemas ambientais. Assim, para que em pesquisas futuras as taxas de perdas sejam quantificadas para encontrar um ponto de equilíbrio para oferecer sugestões para a utilização de N em solos arenosos.

243

244

Conclusões

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu responde à dose de N, sendo a TApF, TAIC, DVF, filocrono, TSeF, DPP, MS de raiz e DR de forma quadrática e a TAIF, CFF, NFV, altura, MF, MLF e MC linear, cultivada em Neossolo Quartzarênico.

247

248

249 **Referências**

250 Alencar, C.A.B.; Oliveira, R.A.; Cóser, A.C.; Martins, C.E.; Figueiredo, J.L.A.; Cunha,
 251 F.F.; Cecon, P.R.; Leal, B.G. Nitrogen fertilization and annual seasons in the yield
 252 irrigated grasses in the Brazil under cut. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* **2010**, 11, 48–58,
 253 doi: 10.1590/S1519-99402013000300002

254 Aquino, R.E.; Marques Júnior, J.; Campos, M.C.C.; Oliveira, I.A.; Siqueira, D.S.
 255 Spatial distribution of soil chemical properties in pasture and forest area. *Pesqui.*
 256 *Agropecu. Trop.* **2014**, 44, 32–41, doi: 10.1590/s1983-40632014000100001

257 Bertol, I.; Almeida, J.A.; Almeida, E.X.; Kurtz, C. Soil physic properties related to
 258 forage offer levels of dwarf Elephant grass cv. Mott. *Pesq. Agropec. Bras.* **2000**, 35,
 259 1047–1054. Doi:10.1590/s0100-204x2000000500024

260 Bezerra, J.D.V.; Emerenciano Neto, J.V.; Alves, D.J.S.; Neta, I.E.B.; Galdino Neto,
 261 L.C.; Santos, R.S.; Difante, G.S. Productive, morfogenic and structural characteristics
 262 of *Brachiaria brizantha* cultivars grown in two types of soil. *Res. Soc. Dev.* **2020**, 9,
 263 e129972947, doi: 10.33448/rsd-v9i7.2947

264 Bezerra, M.G.S.; Silva, G.G.C.; Difante, G. S.; Emerenciano Neto, J.V.; Oliveira,
 265 E.M.M.; Oliveira, L.E.C. Cassava wastewater as organic fertilizer in ‘Marandu’ grass
 266 pasture. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* **2017** 21, 404–409, doi: 10.1590/1807-
 267 1929/agriambi.v21n6p404-409

268 Braz, T.G.S.; Fonseca, D.M.; Freitas, F.P.; Martuscello, J.A.; Santos, M.E.R.; Santos,
 269 M.V.; Pereira, V.V. Morphogenesis of Tanzania guinea grass under nitrogen doses and
 270 plant densities. *Rev. Bras. Zootec.* **2010**, 40, 1420–1427, doi: 10.1590/s1516-
 271 35982011000700004

272 Calvano, M.P.C.A.; Euclides, V.P.B.; Montagner, D.B.; Lempp, B.; Difante, G.S.;
 273 Flores, R.S.; Galbeiro, S. Tillering and forage accumulation in Marandu grass under
 274 different grazing intensities. *Rev. Ceres* **2011**, 58, 781–789, doi: 10.1590/S0034 -
 275 737X2011000600015.

- Campos, C.A.; Suárez, M.G.; Laborde, J. Analyzing vegetation cover-induced organic matter mineralization dynamics in sandy soils from tropical dry coastal ecosystems. *Catena* **2020**, *185*, 104–264, doi: 10.1016/j.catena.2019.104264
- Chapman, D.F.; Lemaire, G. Morphogenic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: Proceedings of the 17 th International Grassland Congress **1993**, Edited by M. J. Baker (Ed.). New Zealand. 55-64.
- Clément, C.C.; Cambouris, A. N.; Ziadi, N.; Zebarth, B.; Karam, A. Nitrogen source and rate effects on residual soil nitrate and over-winter NO₃-N losses for irrigated potatoes on sandy soils. *Can. J. Soil Sci.* **2020**, *100*, 44–57, doi: 10.1139/cjss-2019-0095
- Difante, G.S.; Nascimento Júnior, D.; Silva, S.C.; Euclides, V.P.B.; Montagner, D.B.; Silveira, M.C.T.; Pena, K.S. Morphogenetic and structural characteristics of marandu palisadegrass subjected to combinations of cutting heights and cutting intervals. *Rev. Bras. Zootec.* **2011**, *40*, 955–963, doi: 10.1590/s1516-35982011000500003
- Euclides, V.P.B.; Montagner, D.B.; Macedo, M.C.M.; Araújo, A.R.; Difante, G.S.; Barbosa, R.A. Grazing intensity affects forage accumulation and persistence of Marandu palisadegrass in the Brazilian savannah. *Grass Forage Sci.* **2019**, *75*, 1–13, doi: 10.1111/gfs.12422.
- Fagundes, J.L.; Moreira, A.L.; Freitas, A.W.P.; Zonta, A.; Henrichs, R.; Rocha, F.C. Forage production of Tifton 85 fertilized with nitrogen and subjected to continuous stocking. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* **2012**, *13*, 306–317, doi: 10.1590/s1519-99402012000200002
- Farias, L.N.; Zanine, A.M.; Ferreira, D.J.; Ribeiro, M.D.; Souza, A.L.; Geron, V.L. J.; Pinho, A.R.M.; Santos, E.M. Effects of nitrogen fertilization and seasons on the morphogenetic and structural characteristics of Piatã (*Brachiaria brizantha*) grass. *Rev. Fac. Cienc. Agrar. Uncuyo* **2019**, *51*, 42–54. Available online: <http://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/RFCA/article/view/2592> (accessed on 28 November 2020).

- 303 Freitas, I.C.; Santos, F.C.V.; Custódio Filho, R.O.; Silva, N.R.A.; Correchel, V.
 304 Resistance to penetration in Quartzarenic Neosol subjected to different forms of
 305 management. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* **2012**, *16*, 1275–1281, doi:
 306 10.1590/S1415-43662012001200003
- 307 Garcez, T.B.; Monteiro, F.A. Nitrogen use of *Panicum* and *Brachiaria* cultivars vary
 308 with nitrogen supply: I. Differences in plant growth. *Aust. J. Crop Sci.* **2016**, *5*, 614–
 309 621, doi: 10.21475/ajcs.2016.10.05.p6853A
- 310 Gastal, F.; Lemaire, G. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage
 311 utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture*
 312 **2015**, *5*, 1146–1171, doi: 10.3390/agriculture5041146.
- 313 Gurgel, A.L.C.; Difante, G.S.; Araujo, A.R.; Montagner, D.B.; Euclides, V.P.B.; Silva,
 314 M.G.P. Carbon and nitrogen stocks and soil quality in an area cultivated with guinea
 315 grass under the residual effect of nitrogen doses. *Sustainability* **2020**, *12*, 9381;
 316 doi:10.3390/su12229381
- 317 Gurgel, A.L.C.; Difante, G.S.; Montagner, D.B.; Araújo, A.R.; Dias, A.M.; Santana,
 318 J.C.S.; Rodrigues, J.G.; Pereira, M.G. Nitrogen fertilisation in tropical pastures: what
 319 are the impacts of this practice?. *Aust. J. Crop Sci.* **2020**, *14*, 978–984, doi:
 320 10.21475/ajcs.20.14.06.p2357
- 321 Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Climatologia: Mapas. 2018. Available
 322 online: <http://www.inmet.gov.br> (accessed on 22 June 2020).
- 323 Lemaire, G.; Hodgson, J.; Chabbi, A. Grassland productivity and ecosystem services.
 324 Cabi **2011**, Wallingford, 312.
- 325 Liao, M.; Fillery, I.R.P.; Palta, J.A. Early vigorous growth is a major factor influencing
 326 nitrogen uptake in wheat. *Funct. Plant Biol.* **2004**, *31*, 121–129, doi: 10.1071/fp03060
- 327 Martuscello, J.A.; Rios, J.F.; Ferreira, M.R.; Assis, J.A.; Braz, T.G.S.; Cunha, D.N.F.V.
 328 Production and morphogenesis of BRS Tamani grass under different nitrogen rates and
 329 defoliation intensities. *Ind. Anim.* **2019**, *76*, 1–10, doi: 10.17523/bia.2019.v76.e1441

- 330 Megda, M.M.; Monteiro, F.A. Nitrogen and potassium supply and the morphogenic and
331 productive characteristics of marandu palisadegrass. *Rev. Bras. Zootec.* **2010**, *39*, 1666–
332 1675, doi: 10.1590/s1516-35982010000800007
- 333 Moura, C.J.; Cremon, C.; Mapeli, N.C.; Silva, A.N.; Camilo, I.C.V.S.; Mandarino, A.P.;
334 Freitas, S.E.; Silva, G F. Quality of a quartzarenic Neosol with and without occurrence
335 of sudden death Brachiaria grass in the Pantanal biome. *Agrarian* **2017**, *10*, 152–161,
336 doi: 10.30612/agrarian.v10i36.3899
- 337 Noulas, C.; Liedgens, M.; Stamp, P.; Alexiou, I.; Herrera, J.M. Subsoil Root growth of
338 field grown spring wheat Genotypes (*Triticum Aestivum* L.) differing in nitrogen use
339 efficiency parameters. *J. Plant Nutr.* **2010**, *33*, 1887–1903, doi:
340 10.1080/01904167.2010.512049.
- 341 Paciullo, D.S.C.; Gomide, C.A.M.; Castro, C.R.T.; Maurício, R.M.; Fernandes, P.B.;
342 Morenz, M.J.F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum*
343 under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. *Grass Forage Sci.* **2016**, *72*,
344 590–600, doi: 10.1111/gfs.12264
- 345 Pereira, L.E.T.; Paiva, A.J.; Silva, S.C.; Caminha, F.O.; Guarda, V.D.; Pereira, P. M.
346 Sward structure of marandu palisadegrass subjected to continuous stocking and
347 nitrogen-induced rhythms of growth. *Sci Agric.* **2010**, *67*, 531–539, doi: 10.1590/s0103-
348 90162010000500006
- 349 Pilbeam, D.J. The Utilization of Nitrogen by Plants: a whole plant perspective. *Annu.*
350 *Rev. Plant Bio.* **2018**, *20*, 305–351, doi: 10.1002/9781119312994.apr0460
- 351 Pontes, L.S.; Nabinger, C.; Carvalho, P.C.F.; Trindade, J.K.; Montardo, D.P.; Santos,
352 R.J. Morphogenetic and Structural Traits of Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.)
353 Managed under Different Sward Heights *Rev. Bras. Zootec.* **2003**, *32*, 814–820, doi:
354 10.1590/s1516-35982003000400005
- 355 Silva, E.B.; Tanure, L.P.P.; Souza, P.T.; Graziotti, P.H.; Silva, A.C. Growth of the
356 physic nut in quartzarenic neossol by using the missing nutrient technique. *Rev. Bras.*
357 *Ol. Fibros.* **2010**, *14*, 73–81. Available online:

- 358 http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/omissao_pinhao
359 3.pdf (accessed on 28 November 2020).
- 360 Silva, E.M.; Andrade, A.C.; Magalhães, J.A.; Rodrigues, B.H.N.; Oliveira, A.B.B.;
361 Santos, F.J.S.; Costa, N.L.; Bezerra, E.E.A. Morphogenetic characteristics of the
362 *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submitted to nitrogen doses. *PUBVET*, **2015**, 9, 262–
363 270. Available online: [https://www.pubvet.com.br/artigo/214/caracteristicas-](https://www.pubvet.com.br/artigo/214/caracteristicas-morfogenicas-da-brachiaria-brizantha-cv-marandu-submetida-a-doses-de-nitrogenio)
364 [morfogenicas-da-brachiaria-brizantha-cv-marandu-submetida-a-doses-de-nitrogenio](https://www.pubvet.com.br/artigo/214/caracteristicas-morfogenicas-da-brachiaria-brizantha-cv-marandu-submetida-a-doses-de-nitrogenio)
365 (accessed on 28 November 2020).
- 366 Soratto, R.P.; Silva, A.H.; Cardoso, S.M.; Mendonça, C.G. Rates and alternative
367 sources of nitrogen fertilization on maize under no-tillage in sandy soil. *Ciênc. Agrotec.*
368 **2011**, 35, 62–70, doi: 10.1590/S1413-70542011000100007
- 369 Teixeira, P.C.; Donagemma, G.K.; Fontana, A.; Teixeira, W.G. (Ed.). Manual de
370 métodos de análise de solo **2017**, 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 573.
- 371 Thornthwaite, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr Rev.*
372 **1948**, 38, 55–94, doi: 10.2307/210739
- 373 Veras, E.L.L.; Difante, G.S.; Gurgel, A.L.C.; Costa, C.M.; Emerenciano Neto, J.V.;
374 Rodrigues, J.G.; Costa, A.B.G.; Pereira, M.G.; Ítavo, L.C.V. Tillering capacity of
375 *Brachiaria* cultivars in the Brazilian Semi-Arid Region during the dry season. *Trop.*
376 *Anim. Sci. J.* **2020**, 43, 133–140, doi: 10.5398/tasj.2020.43.2.133.
- 377 Wilhelm, W.W.; McMaster, G.S. Importance of the phyllochron in studying
378 development and growth in grasses. *Crop Sci.* **1995**, 35, 1–3, doi:
379 10.2135/cropsci1995.0011183x003500010001x
- 380 Zuo, X.; Zhao, H.; Zhao, X.; Zhang, T.; Guo, Y.; Wang, S.; Drake, S. Spatial pattern
381 and heterogeneity of soil properties in sand dunes under grazing and restoration in
382 Horqin Sandy Land, Northern China. *Soil. Tillage Res.* **2008**, 99, 202–212, doi:
383 10.1016/j.still.2008.02.008

ARTIGO II

CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS, ESTRUTURAIS E PRODUTIVAS DO CAPIM-MARANDU SOB DOSES DE POTÁSSIO EM SOLO ARENOSO ÁCIDO

1 CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS, ESTRUTURAIS E PRODUTIVAS DO 2 CAPIM-MARANDU SOB DOSES DE POTÁSSIO EM SOLO ARENOSO ÁCIDO

5 **Resumo**

6 Objetivou-se avaliar níveis de adubação potássica sob as características
7 morfogênicas, estruturais e produtivas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um solo
8 arenoso e ácido. Foram avaliadas as características morfológicas, estruturais e
9 produtivas: taxa de aparecimento de folhas (TApF), taxa de alongamento de
10 folhas(TAlF), taxa de alongamento de colmo (TAIC) e duração de vida da folha (DVF),
11 filocrono, comprimento final da folha (CFF), número de folhas vivas por perfilho
12 (NFV) e taxa de senescência foliar (TSeF), massa de forragem (MF); massa da lâmina
13 foliar (MLF), massa do colmo (MC), massa de material morto (MMM), massa de raiz
14 (MS raiz) e densidade de raiz (DR). O experimento foi delineado em blocos ao acaso
15 com cinco tratamentos, doses de potássio: 0, 25, 50, 75 e 100 mg dm⁻³ de K, e quatro
16 repetições. Não foi observado efeito das doses de K ($P>0,05$) para as variáveis
17 morfológicas, estruturais e produtivas do capim-marandu em Neossolo Quartzarênico.
18 A primeira e segunda dimensão dos componentes principais explicam 73,7% da
19 variação estudada, porém a primeira dimensão (Dim1) apresenta os maiores valores de
20 variação (>60%). Na Dim1 as elipses no intervalo de confiança de 95% devido a sua
21 respectiva proximidade, revelam que não existe diferença entre as doses de K estudadas,
22 além disso, é possível verificar que todos os pontos que representam os tratamentos
23 estão dentro das elipses. Em condições de acidez, em um Neossolo Quartzarênico, as
24 diferentes doses de K não alteraram ($P<0,05$) as características morfológicas,
25 estruturais e produtivas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

26
27 **Palavras-chave:** Adubação, *Brachiaria brizantha*, cloreto de potássio, forragem,
28 morfogênese, Neossolo Quartzarênico

30 **Introdução**

31 As cultivares de *Brachiaria brizantha* apresentam alta plasticidade fenotípica e
32 são recomendadas para solos arenosos, ácidos e regiões com déficit hídrico (Philp et al.,

2019; Veras et al., 2020). Embora apresentem adaptabilidade a essas condições, práticas de correção do solo e adubação proporcionam um melhor desempenho forrageiro (Vieira et al., 2019).

Nos solos brasileiros cultivados com pastagens, a fertilização ocorre de maneira equivocada e, geralmente, não periódica. Além disso, é comum o uso de fertilizantes contendo apenas um nutriente, em detrimento até mesmo da correção do solo (Cabral et al., 2017). Nestas condições, as plantas podem apresentar deficiências nutricionais relevantes, pois todos os macronutrientes, como o nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P), são extraídos em grandes quantidades por gramíneas forrageiras tropicais (Costa et al., 2010).

O potássio é o segundo mineral mais importante requerido pelas plantas, sendo vital para fotossíntese (Silva et al., 2020), ativação enzimática, abertura e fechamento dos estômatos, melhor regulação dos processos fisiológicos e resistência ao déficit hídrico (Cabral et al., 2017). Apresenta-se na forma catiônica (K^+) e forma sais de alta solubilidade, o que, associado à baixa capacidade de troca catiônica (CTC) desses solos, pode favorecer a ocorrência de perdas por lixiviação. O suprimento de potássio às plantas, na forma iônica, K^+ , varia em função da forma em que o potássio se encontra no solo, da sua quantidade e do seu grau de disponibilidade (Martha Jr. et al., 2007).

O manejo da adubação potássica é de grande importância para manutenção e melhoria da produtividade das pastagens. O objetivo do trabalho foi avaliar quais níveis de adubação potássica alteram as características morfogênicas, estruturais e produtivas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em solo arenoso e ácido do nordeste brasileiro.

Material e Métodos

Localização do experimento

O experimento foi conduzido em vasos, na área experimental do Grupo de Estudos em Forragicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Campus Macaíba/RN (5°89'25,78" S; 35°36'37,05" O; 50 m acima do nível do mar). O período experimental foi de setembro a dezembro de 2018.

O clima da região é sub-úmido seco, com excedente hídrico de maio a agosto, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite (1948). Durante o período experimental a precipitação média mensal foi de 35,94 mm e as temperaturas mínima,

média e máxima foram, respectivamente, de 24,22 °C, 26,88 °C e 29,66 °C (os dados foram obtidos no banco de dados do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia). Para garantir o estabelecimento das plantas, procedeu-se com a irrigação dos vasos quando necessário, conforme Gomide & Gomide (2000).

Delineamento e condução do experimento

O experimento foi delineado em blocos ao acaso com cinco tratamentos, doses de K: 0, 25, 50, 75 e 100 mg dm⁻³ de K₂O, na forma de cloreto de potássio, e quatro repetições.

Os vasos foram mantidos em ambiente aberto e utilizados como unidades experimentais. Cada vaso com 8 dm³ de solo. A quantidade de solo de cada vaso foi calculada com base na densidade do solo (1,44 kg dm⁻³) e no volume do vaso (8 dm³). O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2018), coletado na área experimental na profundidade de 0 a 20 cm para análise física e química.

Realizou-se as avaliações de pH em água, método Mehlich-1, método KCl 1, método Ca(OAc)₂, segundo a metodologia descrita por Teixeira et al. (2017; Tabela 1). De acordo com os resultados da análise de solo, foi feita adubação com 22 mg.dm⁻³ de N, 50 mg dm⁻³ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 10 mg dm⁻³ de micronutrientes na forma de FTE-BR12, aplicados 10% na fundação com mais três parcelas de 30% realizadas com 30, 45 e 60 dias após a semeadura.

84

85 Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental na camada de 0 a 20 cm

Camada	P	K	Na	pH	Ca	Mg	Al	H + Al	CTC	V
(cm)	mg dm ⁻³			H ₂ O	cmolc dm ⁻³					(%)
	6,00	41,00	11,00	5,37	0,53	0,48	0,16	2,40	4,00	29,00
----- Granulometria (g kg ⁻¹) -----										
0 – 20	Argila			Silte				Areia		
	40			46				914		

86 CTC = Capacidade de troca de cátions, a pH 7,0 (total); V (%) = Saturação por bases

87

88 A semeadura da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi realizada na profundidade
89 de 2 a 3 cm, com 15 sementes por vaso. O desbaste foi realizado no décimo dia após a
90 semeadura e permaneceram cinco plantas por unidade experimental.

Características morfogênicas, estruturais e produtivas

91

92 As avaliações das características morfogênicas foram iniciadas 15 dias após a
93 semeadura, onde foram marcados três perfilhos por unidade experimental, escolhidos
94 aleatoriamente, identificados com fios coloridos.

95 A cada sete dias foram mensurados o comprimento total das lâminas foliares
96 (expandidas e em expansão), o número de folhas vivas e o comprimento do
97 pseudocolmo (distância da base do perfilho até a última lígula exposta). De posse dos
98 resultados foram determinadas as seguintes variáveis: comprimento final da folha (CFF,
99 cm/perfilho), filocrono (FILO, dias), taxa de aparecimento foliar (TApF,
100 folhas/perfilho.dia), taxa de alongamento foliar (TAIF, cm/perfilho.dia), taxa de
101 alongamento de colmo (TAIC, cm/perfilho.dia), taxa de senescência foliar (TSeF,
102 cm/perfilho.dia), número de folhas vivas (NFV, folhas/perfilho) e duração de vida da
103 folha (DVF, dias), de acordo com Chapman & Lemaire (1993).

104 As avaliações de altura e densidade populacional de perfilho (DPP) foram
105 realizadas no último dia de avaliação. A altura foi determinada com uma régua graduada
106 em centímetros, foram medidos cinco pontos por vaso e considerada a curvatura da
107 folha como o ponto da altura. Para a determinação da DPP foram contados todos os
108 perfilhos vivos por vaso.

109 O corte para avaliação de massa de forragem foi feito 90 dias após a semeadura,
110 sendo cortada toda a parte aérea, as amostras foram destinadas a separação dos
111 constituintes morfológicos nas frações: lâmina foliar, colmo (colmo+bainha) e material
112 morto. Esses componentes foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C
113 por 72 horas para determinação da matéria seca. Para a determinação da relação
114 folha/colmo foi realizado a divisão da massa de lâmina foliar pela massa de colmo.

115 As raízes foram depositadas em peneiras com malhas de 1 e 2 mm e lavadas
116 com água corrente até retirar todo o solo. Em seguida, foram colocadas em estufa com
117 circulação forçada de ar a 55 °C até atingir peso constante e pesadas para obtenção da
118 massa seca de raízes. A densidade de raízes foi obtida pela divisão da massa seca de
119 raízes e volume de solo em cada unidade experimental.

120 *Análise estatística*

121 Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão adotando-se 5%
122 como nível crítico de probabilidade. As equações de regressão foram escolhidas por

123 meio do nível de significância dos parâmetros de acordo com teste t e pelo coeficiente
124 de determinação (R^2).

125 Os dados relacionados às características morfogênicas e estruturais foram
126 analisados via componentes principais: o conjunto de dados foi padronizado; cada
127 descritor, portanto, teve média nula e variância igual à unidade. Essa análise permitiu
128 reduzir o espaço das variáveis originais em um conjunto menor e preservar o máximo da
129 variabilidade original dos dados. Todas as análises estatísticas foram realizadas no
130 software R versão 3.6.1.

131

132 **Resultados e Discussão**

133 *Características morfogênicas, estruturais e produção*

134 Não foi observado efeito das doses de K_2O ($P>0,05$) para as variáveis
135 morfogênicas e estruturais do capim-marandu em Neossolo Quartzarênico (Tabela 2 e
136 3). Isto pode ter ocorrido pelo fato desse nutriente ter sido lixiviado em função da
137 ausência de calagem e da irrigação (Rosolem et al., 2006). Em solos ácidos, este
138 processo pode ser agravado pela permanência de grande parte dos íons K^+ na solução
139 do solo e seu deslocamento vertical para zonas não alcançada pelas raízes (Oliveira &
140 Villas Boas, 2008). Em solos arenosos a lixiviação é um fenômeno mais comum (Werle
141 et al., 2008; Raij, 2011), pois devido ao K apresentar apenas uma carga de valência
142 (K^+), é pouco adsorvido nos coloides do solo (Ernani et al., 2007).

143 A fonte de potássio utilizada também é um fator que pode influenciar nas perdas
144 por lixiviação (Yamada & Roberts, 2005), pois o cloreto de potássio (KCl) é um sal
145 altamente solúvel em água e facilmente lixiviado (Resende et al., 2006). Outro aspecto
146 que pode ter influenciado nos resultados obtidos é a dose de nitrogênio, pois a resposta
147 a adubação potássica só é visualizada quando as doses de N atingem o nível crítico ou
148 de suficiência (Martins et al., 2006). Este fenômeno foi observado por Costa et al.
149 (2011), que avaliaram o efeito de doses de N e K no desenvolvimento de *Brachiaria*
150 *brizantha* em condições de casa-de-vegetação, empregando-se um Argissolo Vermelho
151 Amarelo corrigido (V: 68 %) e verificaram interação significativa entre estes elementos
152 para diversas características morfológicas.

153 Como não foram observados sintomas de deficiência de potássio nas plantas,
154 sugere-se a hipótese de ter havido a rápida transformação de K não-trocável para formas

155 trocáveis (Werle et al., 2008) a partir de minerais da fração areia (Meurer et al., 2018),
 156 em função da lixiviação dos íons presentes na solução do solo (Mouhamad et al., 2016).

157

158 Tabela 2. Características morfogênicas e estruturais de *Brachiaria brizantha* cv.
 159 Marandu submetida a diferentes doses de potássio em Neossolo Quartzarênico.

Variáveis	Doses de K (mg dm ⁻³)					EPM	Valor de P	
	0	25	50	75	100		L	Q
TApF (folhas/perfilho.dia)	0,09	0,09	0,11	0,06	0,10	0,012	0,632	0,856
TAIF (cm/perfilho.dia)	2,19	2,10	2,85	1,87	2,30	0,376	0,992	0,631
TAIC (cm/perfilho.dia)	0,15	0,14	0,21	0,10	0,16	0,042	0,934	0,820
DVF (dias)	123,50	119,17	104,10	92,54	115,91	17,148	0,456	0,377
FILO (dias/folhas.perfilhos)	10,84	11,57	8,55	8,50	10,35	1,828	0,499	0,461
CFF (cm)	15,88	15,44	17,67	14,33	17,21	2,413	0,843	0,907
NFV (folhas/perfilho)	11,58	10,66	12,33	8,25	11,25	1,157	0,416	0,639
TSeF (cm/dia)	1,32	1,21	1,11	1,12	1,38	0,213	0,957	0,296
DPP (perfilhos/vaso)	53,00	47,50	56,50	35,50	44,25	6,134	0,154	0,949
Altura (cm)	19,87	21,67	24,67	18,82	17,25	3,537	0,483	0,261

160 TApF: taxa de aparecimento de folha; TAIF: taxa de alongamento de folha; TAIC: taxa de alongamento
 161 do colmo; DVF: duração de vida das folhas; FILO: filocrono; CFF: comprimento final da folha; NFV:
 162 número de folhas vivas por perfilho; TSeF: taxa de senescência de folha; DPP: densidade populacional de
 163 perfilhos. EPM: erro padrão da média. L: Linear. Q: Quadrática.

164

165 Não foi observado efeito das doses de K ($P>0,05$) para as variáveis de produção
 166 do capim-marandu em Neossolo Quartzarênico (Tabela 3), indicando que não há
 167 vantagem em se realizar investimentos com fertilizantes potássicos em pastagens
 168 quando não há a prévia correção do solo (Martha Jr. et al., 2007).

169 O potássio melhora a eficiência das funções do nitrogênio, quando não há N
 170 suficiente, a fertilização com K não apresenta vantagens produtivas. A interação
 171 existente entre nitrogênio e potássio para aumento da produção se deve à função do
 172 potássio de ativação enzimática dos processos de fotossíntese e ação na síntese de
 173 proteínas, funções relacionadas ao nitrogênio, por ser um constituinte básico da clorofila
 174 e dos aminoácidos (Morais et al., 2016).

175

176 Tabela 3. Variáveis de produção da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a
177 diferentes doses de potássio em Neossolo Quartzarênico.

Variáveis	Doses de K (mg dm ⁻³)					EPM	Valor de P	
	0	25	50	75	100		L	Q
MF (g/vaso)	45,50	36,25	80,25	44,75	38,00	20,705	0,953	0,093
MLF(g/vaso)	28,00	21,25	45,75	27,00	22,00	7,399	0,794	0,177
MC (g/vaso)	12,50	10,25	29,00	12,00	11,00	6,418	0,952	0,191
MMM (g/vaso)	5,00	4,75	5,50	5,75	5,00	1,111	0,781	0,725
Relação F/ C	2,31	2,14	2,10	2,40	2,00	0,242	0,687	0,904
MS raiz (g/vaso)	64,00	50,00	68,00	48,00	43,50	10,510	0,220	0,638
DR (g/kg de solo)	5,55	4,34	5,90	4,17	3,77	0,911	0,220	0,637

178 Massa de forragem (MF); Massa da lâmina foliar (MLF); massa do colmo (MC); massa de
179 material morto (MMM); massa de raiz (MS raiz); densidade de raiz (DR). EPM: erro padrão da
180 média. L: Linear. Q: Quadrática.

181

182 *Análise de componentes principais*

183 A primeira dimensão e segunda dimensão dos componentes principais explicam
184 73,7% da variação estudada, porém a primeira dimensão (Dim1) apresenta os maiores
185 valores de variação (>60%). Na Dim1 as elipses no intervalo de confiança de 95%
186 devido a sua respectiva proximidade, revelam que não existe diferença entre as doses de
187 K estudadas, além disso, é possível verificar que todos os pontos que representam os
188 tratamentos estão dentro das elipses (Figura 1).

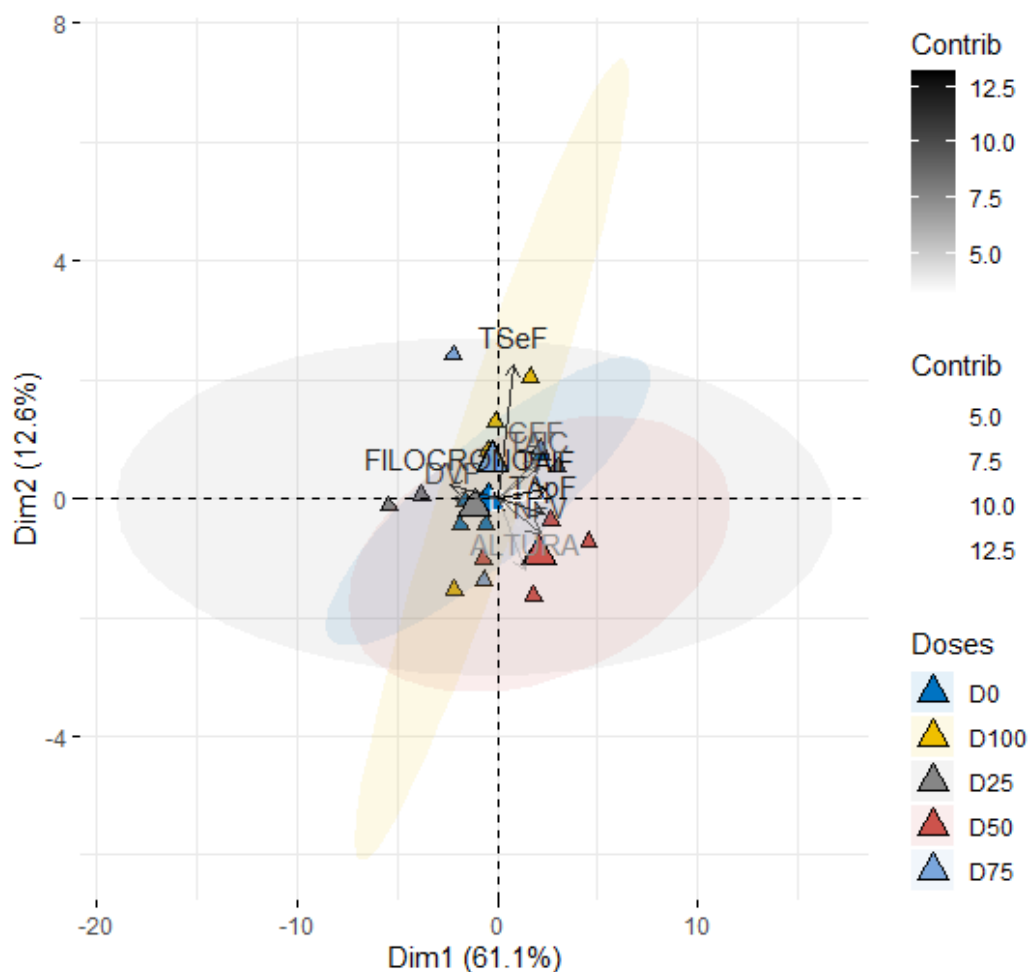
189 As variáveis TApF, TAlF, Filocrono e TSeF, baseado na intensidade de cores
190 (preto – branco), apresentaram uma maior contribuição para a formação da primeira
191 dimensão do componente principal.

192 As características morfogênicas e estruturais se correlacionaram positivamente
193 com as doses moderadas de K (Figura 1). O uso da adubação potássica é recomendado,
194 geralmente, quando os teores estão abaixo de 1,3 mmolcdm⁻³ (Vilela et al., 2002).
195 Sendo assim, a dose de 50 mg dm⁻³ foi suficiente para obter melhor correlação com as
196 variáveis morfogênicas e estruturais (Figura 1), devido ao teor de K existente no solo
197 (Tabela 1).

198 Os teores de K para o ótimo desenvolvimento das plantas forrageiras variam
199 entre 20 a 50 g kg⁻¹ de massa seca do vegetal (Costa et al., 2011). Estes valores podem

200 mudar em função do manejo e da classe do solo, pois são formados pela intemperização
 201 de diferentes minerais. Por meio de um experimento em condições controladas, Gama-
 202 Rodrigues et al. (2002) também não constatarem efeito significativo de doses de cloreto
 203 de potássio em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivado em Latossolo Amarelo,
 204 sendo que 60 mg.dm⁻³ de K presente no solo foi suficiente para o estabelecimento e o
 205 desenvolvimento das plantas por 75 dias.

206



207

208 Figura 1 – Biplot da primeira dimensão (eixo x) e segunda dimensão (eixo y) dos
 209 componentes principais para os dados de morfogênese do capim-marandu sob níveis de
 210 adubação de potássio. Comprimento final da folha (CFF), filocrono (Filo), taxa de
 211 aparecimento foliar (TApF), taxa de alongamento foliar (TAIF), número de folhas vivas
 212 (NFV), taxa de senescência foliar (TSeF), duração de vida da folha (DVF), densidade
 213 populacional de perfilhos (DPP), taxa de alongamento de colmo (TAIC) e altura.

214

215 **Conclusão**

216 Os níveis de adubação potássica utilizados neste experimento, sob condições de
217 acidez em um Neossolo Quartzarênico, não alteraram as características morfogênicas,
218 estruturais e produtivas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

220 **Referências**

221 CABRAL, C. E. A.; PESQUEIRA-SILVA, L. C. R.; BARROS, L. V.; BEHLING
222 NETO, A.; ABREU, J. G.; CABRAL, C. H. A.; SILVA, F. G.; GALATI, R. L.; FIORI,
223 A. M. R.; SILVA JUNIOR, C. A. (2017). Defoliation height and potassium fertilization
224 of Mulato II grass. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p. 2719.
225 <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4supl1p2719>

226 CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. (1993) Morphogenetic and structural determinants of
227 plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M.J. (Ed.). Grasslands for our world (pp.
228 55-64). Sir Publishing, Wellington.

229 COSTA, K. A. P., OLIVEIRA, I. P., SEVERIANO, E. C., SAMPAIO, F. M. T.,
230 CARRIJO, M. S., & RODRIGUES, C. R. (2010). Extração de nutrientes pela fitomassa
231 de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal**
232 **Brasileira**, v. 11, p. 307-314.

233 COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; SEVERIANO, E. C.;
234 GUIMARÃES, K. C.; MOREIRA, J. F. M.; BENTO, J. C.. (2011). Adubação
235 nitrogenada e potássica na produção de massa seca e composição bromatológica do
236 capim-xaraés. **Global Science And Technology**, v. 4, p. 51-60.

237 EMBRAPA. (2018) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., ver. eampl. –
238 Brasília, DF: EMBRAPA.

239 ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A.; CASSOL, P. C. (2007). Mobilidade
240 vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em
241 solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 393-
242 402.

- 243 GAMA-RODRIGUES, A.C.; ROSSIELLO, R.O.P.; CARVALHO, C.A.B.; ADESI, B.
 244 (2002). Produção e partição de matéria seca em *Brachiaria brizantha* em resposta à
 245 fertilização potássica e às datas de corte. **Agronomia**, v.36, p.23-28.
- 246 GOMIDE, C. A. D. M., & GOMIDE, J. A. (2000). Análise de crescimento de cultivares
 247 de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 675-680.
 248 <https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000400003>
- 249 MARTHA JR., G.B.; VILELLA, L.; SOUSA, D.M.G. (2007). **Cerrado**: uso eficiente
 250 de corretivos e fertilizantes em pastagens. Embrapa: Brasília, p. 224.
- 251 MARTINS, R. L.; ROSSI JUNIOR, P.; FERNANDES, A. C.; GRISE, M. M.;
 252 MURARO, G. B. (2006). Produção de forragem em pastagens de *Brachiaria brizantha*
 253 cv Marandu e *Panicum maximum* cv Mombaça, em resposta a diferentes doses de
 254 nutrientes, em Umuarama-PR. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 4, p. 59-64.
 255 <http://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v4i3.9429>
- 256 MEURER, E.J.; TIECHER, T.; MATIELLO, L. Potássio. In: FERNANDES, M.S.;
 257 SOUZA, S.R.; SANTOS, L.A. (2018). (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. 2 ed.,
 258 Viçosa: SBCS, p. 429-464.
- 259 MORAIS, L. P. V. X. C.; BONFIM-SILVA, E. M.; PACHECO, A. B.; ABREU, J. G.;
 260 SILVA, T. J. A.; POLIZEL, A C.. (2016). Nitrogen and potassium in the cultivation of
 261 Piatã grass in Brazilian Cerrado soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**
 262 **Ambiental**, v. 20, p. 984-989. [http://dx.doi.org/10.1590/1807-](http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p984-989)
 263 [1929/agriambi.v20n11p984-989](http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p984-989)
- 264 MOUHAMAD, R.; ALSAEDE, A.; IQBAL, M. (2016). Behavior of potassium in soil:
 265 a mini review. **Chemistry International**, v.2, p. 58-69.
- 266 OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L. (2008). Uniformidade de distribuição
 267 do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista**
 268 **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, p. 95-103.
- 269 PHILP, J. N. M.; VANCE, W.; BELL, R. W.; CHHAY, T.; BOYD, D.;
 270 PHIMPHACHANHVONGSOD, V.; DENTON, M. D.. (2019). Forage options to
 271 sustainably intensify smallholder farming systems on tropical sandy soils. A

- 272 review. **Agronomy For Sustainable Development**, v. 39, p. 1-19.
 273 <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-019-0576-0>.
- 274 RAIJ, B. V. (2011). *Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes*. Piracicaba:
 275 **International Plant Nutrition Institute**.
- 276 RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, C. G.; SENA, M. C.; MACHADO,
 277 C. T. T.; KINPARA, D. I.; OLIVEIRA FILHO, E. C..(2006). O suprimento de potássio
 278 e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira. *Espaço e Geografia*, v.
 279 9, p. 19-42.
- 280 ROSOLEM, C. A.; GARCIA, R. A.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. (2006).
 281 Lixiviação de potássio no solo de acordo com suas doses aplicadas sobre palha de
 282 milheto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p. 813-819.
 283 <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000500007>
- 284 SILVA, P. S. S.; LEITE, R. C.; CARNEIRO, J. S. S.; FREITAS, G. A.; SILVA, R. R..
 285 (2020).Mombaça grass development with partial replacement of potassium fertilizer by
 286 sodium chlori deand the effects of adding calcium. **Tropical Grasslands – Forrajes**
 287 **Tropicales**, v. 8, p. 195 – 202. [https://doi.org/10.17138/tgft\(8\)195-202](https://doi.org/10.17138/tgft(8)195-202)
- 288 TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (2017).
 289 (Ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa,
 290 p. 573.
- 291 THORNTHWAITE, C.W. (1948). Na approach toward a rational classification of
 292 climate. **Geographical Review**, v. 38, p.55-94.
- 293 VÉRAS, E. L. L.; DIFANTE, G. S.; GURGEL, A. L. C.; COSTA, C. M.;
 294 EMERENCIANO NETO, J. V.; RODRIGUES, J. G.; COSTA, A. B. G.; PEREIRA, M.
 295 G.; ÍTAVO, L. C. V. (2020). Tillering Capacity of Brachiaria Cultivars in the Brazilian
 296 Semi-Arid Region During the Dry Season. **Tropical Animal Science Journal**, v. 43, p.
 297 133-140.
- 298 VIEIRA, A. S.; SILVA, M. P.; BINS, L. K.; FIGUEREDO, J. C.. (2019). Efeito da
 299 adubação fosfatada no desenvolvimento vegetativo da *Brachiaria brizantha* cv. Mg-

- 300 5. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 11, p. 280-291.
301 <http://dx.doi.org/10.18361/2176-8366/rara.v11n3p280-291>
- 302 VILELA, L. et al. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO,
303 E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2002. cap.
304 14, p. 367-382
- 305 WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A.. (2008). Lixiviação de potássio em
306 função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de**
307 **Ciência do Solo**, v. 32, p. 2297-2305.
- 308 YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (2005). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba:
309 **Associação Brasileira da Potassa e do Fósforo**.