

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

EFEITO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NO
ESTABELECIMENTO DE GRAMÍNEAS TROPICAIS

Emizael Menezes de Almeida

CAMPO GRANDE

2021

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

EFEITO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NO
ESTABELECIMENTO DE GRAMÍNEAS TROPICAIS

EFFECT OF PHOSPHATE FERTILIZATION ON THE
ESTABLISHMENT OF TROPICAL GRASSES

Emizael Menezes de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Gelson dos Santos Difante

Co-orientadora: Dra. Denise Baptaglin Montagner

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

Área concentração: Produção Animal

CAMPO GRANDE, MS

2021

TERMO DE APROVAÇÃO

EMIZAEEL MENEZES DE ALMEIDA

EFEITO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NO ESTABELECIMENTO DE GRAMÍNEAS TROPICAIS

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

Prof. Dr. Gelson dos Santos Difante

Orientador – UFMS – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Dra. Denise Baptaglin Montagner

Avaliador – EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Dr. Alexandre Romeiro de Araujo

Avaliador – EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Dr. Alexandre Menezes Dias

Avaliador – UFMS – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Dr. João Virgínio Emerenciano Neto

Avaliador – UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

DEDICO

Ao meu filho, João Emizael Leonel de Almeida

Aos meus pais, Alvim Barbosa de Almeida e Lindiomar Carvalho de Menezes Almeida

“Tudo posso naquele que me fortalece”.

(Filipenses 4:13)

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.

(Albert Einstein)

BIOGRAFIA DO AUTOR

Emizael Menezes de Almeida, filho de Alvim Barbosa de Almeida e Lindiomar Carvalho de Menezes Almeida, nasceu em São Miguel do Araguaia, Goiás, em 19 de abril de 1993.

Em março de 2015, graduou-se em Bacharelado em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Ceres.

Em março de 2018, obteve o título de Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás.

Em junho de 2020, tornou-se técnico de pecuária na empresa Araguaia, atuando na área técnica dentro do seguimento comercial.

Em abril de 2021, obteve o título de Doutor em Ciência Animal pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar por me conceder o bem mais precioso, que foi o direito à vida e por ter me concedido mais uma conquista.

Aos meus pais, Alvim Barbosa de Almeida e Lindiomar Carvalho de Menezes Almeida, pelo amor, carinho, educação, caráter, conselhos e por sempre me apoiar a ir em frente e me ajudar a encarar as dificuldades que a vida nos traz.

Ao meu filho, João Emizael Leonel de Almeida por chegar na minha vida e me mostrar o amor incondicional.

Aos meus irmãos Dannel Menezes de Almeida e Emmanuel Henrique de Menezes Almeida, pelo apoio, amizade e incentivo.

A todos os familiares que me apoiaram durante toda a caminhada com incentivo na busca dos meus ideais.

Ao Professor Dr. Gelson dos Santos Difante, pela oportunidade, pela paciência, orientação e ensinamentos, por me animar nos momentos difíceis e mostrar a luz no fim do túnel.

Aos pesquisadores, Dra. Denise Baptaglin Montagner e Dr. Alexandre Romeiro de Araujo, pela oportunidade, paciência, confiança e por sempre acreditar em mim e me ajudar no experimento.

Aos meus amigos e colegas de pós-graduação que estiveram comigo durante o doutorado, Antonio Leandro, Ana Beatriz Graciano, Carolina Marques e Juliana Caroline.

Aos estagiários e bolsistas de iniciação científica da Embrapa Gado de Corte: Claudinei Scariot e Norair Pedroso Filho, pelo apoio na execução da pesquisa.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, com a qual pude obter o meu doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela bolsa concedida.

Aos funcionários da Embrapa Gado de Corte em especial: Fabio Petrucci e Rinaldo, pelo apoio nas análises.

A Embrapa Gado de Corte por disponibilizar os recursos para o desenvolvimento da pesquisa.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram e participaram da minha vida pessoal ou acadêmica.

Muito Obrigado.

RESUMO

ALMEIDA, E. M. Efeito da adubação fosfatada no estabelecimento de gramíneas tropicais. 2021. 68 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021.

O fósforo é um nutriente indispensável para a formação, manutenção e persistência das forrageiras. Na fase de implantação, o fósforo contribui para o desenvolvimento do sistema radicular, garantindo boa formação das gramíneas. Objetivou-se avaliar o efeito de doses de fósforo (P) na extração de macronutrientes e massa de forragem em diferentes cultivares forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em solo de textura arenosa, na fase de estabelecimento. Foram avaliadas nove forrageiras *Brachiaria*: *B. decumbens* cv. Basilisk (DEC), *B. humidicola* cv. BRS Tupi (TUPI), *B. humidicola* (HUM), *B. ruziziensis* (RUZ), *B. brizantha* cvs. Marandu (MAR), BRS Piatã (PIA), Xaraés (XAR), BRS Paiaguás (PAI) e híbrida (*B. brizantha* x *B. ruziziensis*) cv. BRS Ipyporã (Ipy) e seis cultivares de *Panicum*: (*P. maximum* BRS Quênia (QUE), BRS Zuri (ZUR), BRS Tamani (TAM), Massai (MASS), Mombaça (MOM) e Tanzânia (TANZ) submetidas a duas doses de P, baixa (6,0 mg dm⁻³) e alta (72,0 mg dm⁻³). O solo utilizado foi Neossolo Quartzarênico órtico típico. A produção de forragem por vaso foi resultado do somatório de dois cortes sem considerar o resíduo. A extração de cada nutriente foi calculada para cada corte e a soma resultou na extração total. A dose alta de P, promoveu incremento na produção de forragem tanto das braquiárias quanto nos *Panicum maximum*. Para as braquiárias, na condição de baixa disponibilidade de P, as maiores produtividades foram observadas em PAI e RUZ. Em contra partida, na dose alta de P, as forrageiras RUZ, DEC, PIA, PAI e XAR foram as mais produtivas. Para os *Panicum maximum*, na condição de baixa disponibilidade de P, as cultivares mais produtivas foram MOM e ZUR. Na dose alta de P, a cultivar mais produtiva foi MOM. As maiores massa de forragem proporcionadas pela maior disponibilidade de P no solo e refletiram em maiores extrações de macronutrientes pelas forrageiras, seguindo a ordem decrescente de Nitrogênio > Potássio > Magnésio > Cálcio > Enxofre > Fósforo.

Palavras-chave: extração de nutrientes, forrageiras, implantação de forrageiras, massa de forragem

ABSTRACT

ALMEIDA, E. M. Effect of phosphate fertilization on the establishment of tropical grasses. 2021. 68 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021.

Phosphorus is an indispensable nutrient for the formation, maintenance and persistence of forages. In the implantation phase, phosphorus contributes to the development of the root system, ensuring good grass formation. The objective was to evaluate the effect of phosphorus (P) doses in the extraction of macronutrients and forage mass in different forage cultivars of the genera *Brachiaria* and *Panicum* in sandy textured soil, in the establishment phase. Nine *Brachiaria* forages were evaluated: *B. decumbens* cv. Basilisk (DEC), *B. humidicola* cv. BRS Tupi (TUPI), *B. humidicola* (HUM), *B. ruziziensis* (RUZ), *B. brizantha* cvs. Marandu (MAR), BRS Piatã (PIA), Xaraés (XAR), BRS Paiaguás (PAI) and hybrid (*B. brizantha* x *B. ruziziensis*) cv. BRS Ipyporã (Ipy) and six cultivars of *Panicum*: (*P. maximum* BRS Quênia (QUE), BRS Zuri (ZUR), BRS Tamani (TAM), Massai (MASS), Mombaça (MOM) and Tanzania (TANZ) submitted to two doses of P, low (6.0 mg dm⁻³) and high (72.0 mg dm⁻³). The soil used was typical orthotic Quartzene Neossol. The forage production per pot was the result of the sum of two cuts without considering The extraction of each nutrient was calculated for each cut and the sum resulted in the total extraction. The high dose of P promoted an increase in the forage production of both *brachiaria* and *Panicum maximum* of P, the highest yields were observed in PAI and RUZ, in contrast, in the high dose of P, forages RUZ, DEC, PIA, PAI and XAR were the most productive. P, the most productive cultivars were MOM and ZUR. At the high dose of P, the most productive cultivar was MOM. forage mass provided by the greater availability of P in the soil and reflected in greater extractions of macronutrients by forages, following the decreasing order of Nitrogen > Potassium > Magnesium > Calcium > Sulfur > Phosphorus.

Keyword: forage, forage implantation, forage mass, nutrient extraction

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Artigo 1 - Extração de macronutrientes e produção em forrageiras do gênero <i>brachiaria</i> sob doses de fósforo na fase de estabelecimento.....	29
Figura 1 - Ordem de extração de nutrientes (g vaso ⁻¹) de forrageiras do gênero <i>Brachiaria</i> em função de duas doses de P.....	32
Figura 2 - Produção de forragem (g vaso ⁻¹) de diferentes forrageiras do gênero <i>Brachiaria</i> em função de duas doses de P.....	37
Figura 3 - Dendrograma de agrupamento das forrageiras do gênero <i>Brachiaria</i> em função da produção de forragem (g vaso ⁻¹) nos tratamentos com baixa (6,0 mg dm ⁻³ ; A) e alta (72,0 mg dm ⁻³ ; B) disponibilidade de P de acordo com o método UPGMA.....	38
Artigo 2 - Extração de macronutrientes e massa de forragem em cultivares de <i>Panicum maximum</i> sob doses de fósforo em Neossolo Quartzarênico na fase de estabelecimento.....	46
Figura 1 - Ordem de extração de nutrientes (g vaso ⁻¹) de cultivares de <i>Panicum maximum</i> em função de duas doses de P.....	50
Figura 2 - Massa de forragem (g vaso ⁻¹) das cultivares de <i>Panicum maximum</i> em função de duas doses de P.	54
Figura 3 - Dendrograma de agrupamento das cultivares de <i>Panicum maximum</i> em função da massa de forragem (g vaso ⁻¹) nos tratamentos com baixa (6,0 mg dm ⁻³ ; A) e alta (72,0 mg dm ⁻³ ; B) disponibilidade de P de acordo com o método UPGMA....	55

LISTA DE TABELAS

Revisão de literatura	16
Tabela 1 - Estimativa da participação das espécies e cultivares de forrageiras tropicais na comercialização de sementes no Brasil.....	16
Tabela 2. Critério de classificação de forrageiras em relação ao grau de exigência em fertilidade do solo.....	17
Tabela 3. Critério de classificação Neossolos Quartzarênicos Órticos.....	18
Artigo 1 - Extração de macronutrientes e produção em forrageiras do gênero <i>brachiaria</i> sob doses de fósforo na fase de estabelecimento	29
Tabela 1 - Extração de P, N e K (g vaso^{-1}) e relação P, N e K extraído (g)/ g de MS produzido de diferentes forrageiras do gênero <i>Brachiaria</i> em função de duas doses de P.....	35
Tabela 2 - Extração de Ca, Mg e S (g vaso^{-1}) e relação Ca, Mg e S extraído (g)/ g de MS produzido de diferentes forrageiras do gênero <i>Brachiaria</i> em função de duas doses de P.....	36
Artigo 2 - Extração de macronutrientes e massa de forragem em cultivares de <i>Panicum maximum</i> sob doses de fósforo em Neossolo Quartzarênico na fase de estabelecimento	46
Tabela 1 - Extração de fósforo, nitrogênio e potássio (g vaso^{-1}) e relação fósforo, nitrogênio e potássio extraído (g)/ g de MS de forragem das cultivares de <i>Panicum maximum</i> em função de duas doses de P.....	52
Tabela 2 - Extração de cálcio, magnésio e enxofre (g vaso^{-1}) e relação cálcio, magnésio e enxofre extraído (g)/ g de MS de forragem das cultivares de <i>Panicum maximum</i> em função de duas doses de P.....	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo geral.....	15
2.2. Objetivo específico.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1. Forrageiras.....	16
3.2. Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos.....	18
3.3. Fósforo no Solo.....	19
3.4. O fósforo no estabelecimento de forrageiras.....	20
3.5. Efeito da adubação fosfatada na massa de forragem e extração de nutrientes..	21
3.6. Referências.....	22
4. Artigo 1 - Extração de macronutrientes e produção em forrageiras do gênero <i>brachiaria</i> sob doses de fósforo na fase de estabelecimento.....	29
4.1. Resumo.....	29
4.2. Introdução.....	30
4.3. Materiais e métodos.....	30
4.4. Resultados.....	32
4.5. Discussão.....	38
4.6. Conclusão.....	41
4.7. Referências.....	41
5. Artigo 2 - Extração de macronutrientes e massa de forragem em cultivares de <i>Panicum maximum</i> sob doses de fósforo em Neossolo Quartzarênico na fase de estabelecimento.....	46
5.1. Resumo.....	46
5.2. Introdução.....	47
5.3. Materiais e métodos.....	47
5.4. Resultados.....	49
5.5. Discussão.....	55
5.6. Conclusão.....	58
5.7. Referências.....	58

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta características climáticas que favorecem a exploração de forragens com enorme potencial de produção de biomassa (Ieiri et al., 2010). O país possui 850 milhões de hectares, dos quais 158,6 milhões de hectares são ocupados com pastagens, desses 111 milhões de hectares são com pastagens cultivadas (IBGE, 2019).

Apesar das condições climáticas muito favoráveis, existem alguns fatores que se não corrigidos, podem limitar a produção. A exemplo, pode-se citar os solos do Cerrado brasileiro, que naturalmente apresentam baixa fertilidade (Oliveira et al. 2004). No bioma Cerrado encontram-se os Neossolos Quartzarênicos, que é o terceiro maior tipo de solo no Brasil, com 15% do total, esses solos apresentam como característica física muita areia e química a baixa fertilidade (Donagemma et al., 2016).

Entender as características físico-químicas dos solos é de fundamental importância para o sucesso na produção a pasto, uma vez que as plantas forrageiras possuem distintas exigências em fertilidade do solo, e diferentes graus de adaptação aos níveis de nutrientes, principalmente de fósforo (Santos et al., 2002; Mesquita et al., 2010), nutriente considerados por vários pesquisadores como o mais limitante em solos tropicais (Costa et al., 2008).

Pode-se dizer que no Brasil as gramíneas do gênero *Brachiaria* e *Panicum* são de maior importância. Isso pode ser afirmado uma vez que os capins do gênero *Brachiaria* desempenham um papel importante na produção de carne e leite no país, pois apresentarem alta adaptabilidade em solos ácidos e fracos, predominantes nos cerrados (Ieiri et al., 2010). Já os capins da espécie *Panicum maximum*, apesar de serem mais exigentes em nutrientes, são excelentes alternativas para áreas com maior fertilidade do solo e sistemas intensivos de produção animal.

Outro fator muito importante a ser observado, é a fase de estabelecimento da forrageira e o manejo inicial, que apesar de muito importantes para o sucesso do empreendimento pecuário, muitas das vezes é negligenciado. Algumas das principais causas de baixa produtividade e de degradação de pastagens cultivadas, podem ser consequências diretas ou indiretas da má formação ou do manejo inadequado durante a fase de estabelecimento das gramíneas (Dias-Filho, 2012).

A adubação fosfatada é muito importante para o estabelecimento da forrageira nas pastagens, pois o capim tem grande necessidade de fósforo no início de seu desenvolvimento (Dias-Filho, 2012), e como citado anteriormente os solos tropicais, principalmente os de cerrado são pobres deste nutriente. De acordo com Corrêa e Haag

(1993) os níveis críticos de P no solo para 80% do crescimento máximo de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em Latossolo Vermelho Amarelo variam de 8,0 a 12,0 mg dm⁻³.

O P desempenha papéis vitais na maioria dos processos metabólicos nas plantas, incluindo fotossíntese, transdução de sinal, biossíntese de macromoléculas e transdução de energia (Khan et al., 2010).

Para conseguirem se manter em ambientes com limitação de P, as plantas desenvolveram estratégias para aquisição e uso desse nutriente, entre elas a diminuição da taxa de crescimento, aumento do crescimento por unidade de absorção de P, remobilização de Pi interno, modificações no metabolismo do carbono que contornam as etapas que requerem P e vias respiratórias alternativas (Vance et al., 2012).

Diante de tais informações fica evidente que entender a relação entre o P, as gramíneas e o solo é de fundamental importância para o sucesso da produção a pasto no Brasil. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes doses de P na produção de forragem e extração de macronutrientes em diferentes forrageiras do gênero *Brachiaria* e cultivares de *Panicum maximum* em solo de textura arenosa na fase de estabelecimento.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Objetivou-se avaliar o efeito de doses de fósforo (P) na produção de forragem e extração de macronutrientes em diferentes forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em Neossolo Quartzarênico Órticos típicos, na fase de estabelecimento.

2.2. Objetivo específico

- Identificar a influência da adubação fosfatada na extração de macronutrientes em forrageiras do gênero *Brachiaria*.
- Identificar a influência da adubação fosfatada na extração de macronutrientes em cultivares de *Panicum maximum*.
- Caracterizar a resposta da massa de forragem em forrageiras do gênero *Brachiaria* sob doses de fósforo.
- Caracterizar a resposta da massa de forragem em cultivares de *Panicum maximum* sob doses de fósforo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Forrageiras

O gênero *Brachiaria*, pertencente à tribo *Panicaceae*, possui aproximadamente cem espécies que ocorrem em regiões tropicais e subtropicais dos continentes Americano, Asiático, na Oceania e, especialmente, no continente Africano (Keller-Grein et al., 1996).

As espécies africanas *B. arrecta*, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola*, *B. mutica* e *B. ruziziensis* são bastante utilizadas, principalmente na América tropical e subtropical, como plantas forrageiras (Keller-Grein et al., 1996).

A participação de espécies do gênero *Brachiaria* na área total de pastagem cultivada na região do Cerrado é da ordem de 85 % (Macedo, 1995; Neves et al., 2018). A *Brachiaria* é, sem dúvida, o gênero mais cultivado no Brasil (Tabela 1), principalmente a cultivar Marandu (Andrade, 2001).

Tabela 1. Estimativa da participação das espécies e cultivares de forrageiras tropicais na comercialização de sementes no Brasil.

Espécies	Participação estimada (%)
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	70
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	7
<i>Brachiaria humidicola</i>	6
<i>Brachiaria ruziziensis</i> e <i>B. brizantha</i> cv. MG4	4
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça e Tanzânia	10
<i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina	2

Fonte: Andrade (2001).

Além dos diversos gêneros de gramíneas e cultivares já cultivados, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) mantém programas de desenvolvimento de novas cultivares de *Brachiaria spp.*, *Panicum maximum* e *Stylosanthes spp.*, para atender a demanda por cultivares melhoradas (Jank et al., 2017).

As novas cultivares vem desenvolvidas como opção para diversificação de pastagens, visto que essas apresentam particularidades diferentes na produção, seja no valor nutritivo, na adaptação em diferentes condições de fertilidade de solos e clima, ou mesmo na resistência às pragas e doenças (cigarrinha-das-pastagens, fungos, vírus e nematóides).

É notório que diante tamanha diversidade de gramíneas forrageiras tenha-se particularidades específicas de cada gênero/espécies que precisam ser melhor entendido,

isso pode ser facilmente observado na tabela 2. A *Brachiaria humidicola* por exemplo, se apresenta como uma planta que possui baixa exigência em fósforo e cálcio. Já as gramíneas do gênero *Panicum* (capim Mombaça, Tanzânia e Zuri) são mais exigentes em Ca e P, além de serem menos tolerantes a presença de alumínio no solo (Vilela, 1982).

Tabela 2. Critério de classificação de forrageiras em relação ao grau de exigência em fertilidade do solo.

Espécies	Grau de exigência em fertilidade
<i>Brachiaria decumbens</i>	Pouco exigente
<i>Brachiaria humidicola</i>	Pouco exigente
<i>Brachiaria humidicola</i> cv. BRS Tupi	Pouco exigente
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Pouco exigente
<i>Brachiaria brizantha</i> cvs. Marandu, Piatã, Paiaguás e Xaraés	Exigente
<i>Brachiaria ssp.</i> cv. BRS Ipyporã	Exigente
<i>Panicum maximum</i> cvs. Massai e Tamani	Exigente
cvs. Tanzânia, Quênia, Zuri e Mombaça	Muito exigente

Fonte: Adaptado de Vilela, 2000; Embrapa, 2017.

Sabendo que existem particularidade entre as plantas forrageiras, estudos que comparem novas cultivares com as cultivares existentes tornam-se importantes (Mesquita et al., 2010), para conhecer e entender os mecanismos adaptativos específicos das espécies forrageiras que possibilitem maximizar o uso eficiente dos nutrientes (Garcez e Monteiro, 2016).

É válido ressaltar que a capacidade de adaptação entre diferentes espécies, ou mesmo das diferentes cultivares da mesma espécie ao uso de nutrientes do solo dependerá do tipo de solo a ser cultivado. Como não seria possível abordar em um único trabalho todos os tipos de solo cultivados, bem como os diferentes exigidos pelas gramíneas forrageiras, dar-se-á aqui destaque ao aos solos do tipo Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos, e ao nutriente P.

3.2. Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos

Os Neossolos são solos minerais, derivados de sedimentos arenoquartzosos do Terciário (65 milhões até 2,6 milhões de anos atrás) e sedimentos marinhos do período

do Holoceno (11,5 milhões de anos atrás até o presente momento). São solos pouco evoluídos e com ausência de horizontes “B” diagnóstico.

O radical “neo” indica solo jovem, pouco desenvolvido. O critério de classificação, nesta classe de solo, é a insuficiência de atributos diagnósticos que caracterizem sua pedogênese (formação do solo), como pouca diferenciação entre horizontes, com o horizonte “A” sucedido pelo horizonte “C” ou “R”, e predominância de características provenientes do material de origem (Embrapa, 2006).

No segundo nível categórico (subordem), os Neossolos são classificados em: Litólicos, Regolíticos, Flúvicos e Quartzarênicos. Os Neossolos Quartzarênicos se caracterizam por apresentar ausência de contato lítico nos primeiros 50 cm de profundidade, sequência de horizontes “A-C”, textura areia ou areia franca em todos os horizontes, fração areia grossa e areia fina com 95% ou mais de quartzo e ausência de minerais primários alteráveis.

No terceiro nível categórico (grandes grupos), os Neossolos Quartzarênicos são classificados em: Hidromórficos, que tem forte restrições à drenagem ou Órticos, que não apresentam restrição ao uso e manejo.

No quarto nível categórico (subgrupos), os Neossolos Quartzarênicos Órticos podem ser classificados, com relação às implicações para uso e manejo (Tabela 2). Os Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos, não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação.

Tabela 3. Critério de classificação Neossolos Quartzarênicos Órticos.

Quarto nível	Características
húmicos	Camada superficial rica em matéria orgânica.
fragipânicos	A presença de horizonte fragipã dificulta a penetração de raízes e de água.
solódicos	Pode causar toxidez às plantas mais sensíveis ao sódio.
êutricos	Altos teores de nutrientes no horizonte subsuperficial.
lépticos	Restrição à drenagem devido ao contato lítico na subsuperfície.
espódicos	A presença de horizonte espódico dificulta a penetração de raízes e de água.
plínticos	A presença de horizonte fragipã dificulta a penetração de raízes e de água.

gleissólicos	Apresentam horizonte glei, encontram-se permanente ou periodicamente inundados.
latossólicos	Solos com a presença de um horizonte latossólico.
argissólicos	Solos com acúmulo de argila abaixo da superfície ou horizonte B textural dentro de 200 cm da superfície.
típicos	Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação.

Os Neossolos Quartzarênicos apresentam teores de areia acima de 80% ocupam em torno de 15% da Região do Cerrado (Reatto et al., 1998). São originados, principalmente, de arenitos ou sedimentos arenosos não consolidados, apresentam baixa fertilidade, são muito permeáveis, mal estruturados e com limitações ao uso agrícola em função de baixa capacidade de retenção de água e alta suscetibilidade à erosão (Macedo, 1994).

Na sua grande maioria, os solos do Cerrado (Latosolos, Podzólicos distróficos e/ou álicos, Areias Quartzozas), apresentam baixa fertilidade, o que restringe o crescimento vegetal, tanto em razão da acidez elevada e dos níveis tóxicos de alumínio, como pela baixa capacidade de fornecimento de nutrientes (baixos teores de bases trocáveis, fósforo, enxofre, micronutrientes e nitrogênio) (Martha Júnior e Vilela, 2007).

3.3. Fósforo no Solo

O solo pode ser naturalmente fonte de nutrientes, fértil, ou tornar-se fonte, com maior ou menor restrição (tamponamento) a essa mudança, por meio da adição de fertilizantes (Novais et al., 2007).

Na região do Cerrado o fósforo (P) é um dos nutrientes que limitam a produção vegetal, pois a disponibilidade desse elemento, em condições naturais, é muito baixa (Sousa et al., 2007). A baixa disponibilidade de P em solos tropicais é consequência do material de origem, rochas com baixas concentrações do elemento, ou mesmo da forte interação que o nutriente sofre no solo (Raij, 1991).

No material de origem, o P encontra-se com predomínio dos fosfatos de Ca, totalmente na forma de mineral, que vai sendo liberado para solução do solo através da intemperização (Rheinheimer e Anghinoni, 2001).

O P no solo sofre várias interações. Pode-se destacar as sofridas com a fração argila, cuja qualidade, em particular, é a principal característica que define o solo como

fonte ou dreno de P (Novais et al., 2007). Diversos estudos evidenciam a influência da fração argila na disponibilização de fósforo no solo.

Machado et al. (2011) ao avaliarem a disponibilidade de P (MAP) em solos com diferentes texturas, observaram que a disponibilidade de P em solos arenosos é maior que em argilosos, em função da maior adsorção do P pelos colóides do solo. É importante ressaltar que a disponibilidade de P no solo depende de diversas reações físico-químicas (adsorção, dessorção, precipitação e processos biológicos) (Vargas e Hungria, 1997; Novais e Smyth, 1999).

No solo, o P é encontrado em duas principais formas, que variam com a natureza química do ligante e com a energia de ligação entre o nutriente e o solo (Souza-Júnior et al., 2012), sendo elas orgânica e inorgânica (Gatiboni et al., 2008). Ambas as formas possuem diferente capacidade de dessorção (Gatiboni et al., 2007).

Predominante em solos altamente intemperizados, o P na forma inorgânica está ligado a fração mineral com alta energia, já o P na forma orgânica está estabilizado química e fisicamente (P inorgânico em ligações com Fe, Al, Ca, argilas e óxidos, P orgânico diéster, P orgânico monoéster) (Rheinheimer e Anghinoni, 2001).

Diante dessas informações e de estudos relacionados fica evidente que o tipo de solo pode influenciar de forma direta na disponibilização ou não do P. A exemplo, em Latossolos, onde predomina a caulinita e óxidos de Fe e Al, o P inorgânico na fração lábil é diminuído em função da alta energia de ligação entre os grupos de superfície mineral e o ânion fosfato (Martinazzo et al., 2007). Sendo assim, o P orgânico é uma importante fonte de P para as plantas.

3.4. O fósforo no estabelecimento de forrageiras

Na fase de implantação das forrageiras, a falta de P pode limitar o desenvolvimento das plantas (Duarte et al., 2015). Embora não seja o único macronutriente exigido, pode ser considerado o nutriente mais limitante no desenvolvimento e produção das pastagens, em solos tropicais, visto sua baixa disponibilidade natural (Costa et al., 2008). Dessa forma, é imprescindível o uso de adubação de correção para este nutriente, na fase inicial de formação dos pastos.

Diversos estudos demonstram a importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta, visto que a adubação fosfatada impulsiona o desenvolvimento inicial do sistema radicular e perfilhamento, o que melhora a taxa de crescimento inicial da planta (Sousa et al., 2004).

Para evidenciar a importância do fósforo na fase de crescimento inicial das plantas forrageira, Santos et al. (2002) avaliaram a *B. decumbens* cv. Basilisk em casa de vegetação, cultivada em Latossolo Vermelho-Amarelo com textura argilosa e observaram que os níveis críticos de P no solo decrescem em função da idade das plantas, dos 14 aos 70 dias, decresceram de 95,1 para 38,1 mg dm⁻³ de P. Segundo esses autores, com esses valores foram obtidos 90% dos rendimentos de matéria seca.

Existem outros fatores que podem influenciar a eficiência da adubação fosfatada na fase inicial de desenvolvimento da planta, um deles é a solubilidade da fonte a ser utilizada. Duarte et al., (2016) sugerem que a utilização de fontes prontamente disponíveis (solúveis em água) na fase de implantação e estabelecimentos trazem incrementos a produtividade das plantas forrageiras.

3.5. Efeito da adubação fosfatada na massa de forragem e extração de nutrientes

São vários os nutrientes exigidos pelas plantas forrageiras cultivadas já estabelecidas, alguns em maiores proporções (macronutrientes), outros em menores proporções (micronutrientes). Em pastos já estabelecidos, o macronutriente, fósforo também pode ser destacado, como nutriente que se ausente, limita drasticamente o desenvolvimento das plantas (Malavolta, 1980).

O fósforo é um nutriente que participa do metabolismo das plantas forrageiras, a limitação no fornecimento desse pode causar diversos distúrbios na planta, como a redução do crescimento (crescimento lento), diminuição do perfilhamento e limitação no desenvolvimento do sistema radicular (Werner, 1986). É importante enfatizar que o fósforo atua na transferência de energia na célula (ATP), nos processos respiratórios e fotossintéticos, atua como coenzima, fosfoproteína, fosfolipídeo, além de ser parte estrutural dos genes e cromossomos (Rezende et al., 2011).

Diversos autores relatam aumento na massa de forragem com o uso de adubação fosfatada, seja em *Brachiaria* ou *Panicum*. Rezende et al. (2011), avaliaram o parcelamento da aplicação de fósforo no desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Os autores observaram incremento de 100,4% na altura, de 42,4% nos números de perfilhos e de 325% na produtividade equivalente de MS (t/ha), quando adubaram com 115 mg dm⁻³ de P₂O₅ em relação ao tratamento sem adubação.

Resposta semelhante foi reportada por Porto et al. (2012) ao avaliarem o rendimento forrageiro da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em casa de vegetação, adubada com seis doses de fósforo (0, 15, 30, 45, 60 e 75 mg dm⁻³ de P₂O₅). A produção

de matéria seca (g/vaso) respondeu linearmente em função das doses de fósforo. Outros autores também observaram em suas pesquisas respostas positivas da adubação fosfatada sobre produção de *Brachiaria* (Camacho et al., 2015; Rodrigues et al., 2012; Teixeira et al., 2018).

Em estudo com capim-mombaça submetido a quatro doses de fósforo (0, 300, 600 e 900 mg P kg⁻¹ de solo) em solos com texturas arenosa e argilosa, Oliveira et al. (2012) não verificaram efeitos do tipo de solo na produção, entretanto, a máxima produção de folhas (109,48 g) foi obtida com a dose de 688 mg P dm⁻³.

Com relação as respostas do gênero (*Panicum* e *Brachiaria*), espécies (*decumbens*, *humidicola*, *ruziziensis* e *brizantha*) e cultivares na extração de nutrientes, tem muito para ser explorado.

Segundo Braz et al. (2004), *Panicum maximum* cv. Mombaça acumula mais nutrientes no limbo foliar do que *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. A ordem de extração de nutrientes foram N > K > Ca > Mg > P. Dentre os macronutrientes, os maiores acúmulos ocorreram para o N e o K, e os menores, para o P. Já Costa et al. (2008), observaram a seguinte ordem de extração de macronutrientes N = K > Ca > Mg > P > S, para capim-xaraés. Primavesi et al. (2006), observaram maior extração de K do que N, seguidos de Ca, Mg, P e S no capim-marandu.

Com base no referencial teórico, esta tese aborda a avaliação dos efeitos das doses de P na produção de forragem e extração de macronutrientes por cultivares de *Panicum* e *brachiaria* no estabelecimento. Os resultados estão apresentados na forma de dois artigos intitulados “Produção de forragem e extração de macronutrientes em cultivares de *Brachiaria* sob doses de fósforo no estabelecimento” e “Produção de forragem e extração de macronutrientes em cultivares de *Panicum maximum* sob doses de fósforo no estabelecimento”.

3.5 Referências

- ANDRADE, R. P. **Pasture seed production technology in Brazil**. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. Proceedingx... São Pedro: SBZ, 2001. p. 129-132.
- BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, p. 83-87, 2004.

CAMACHO, M. A.; SILVEIRA, L. P. O.; SILVEIRA, M. V. Eficiência de genótipos de *Brachiaria brizantha* Stapf. (Syn: *Urochloa brizantha*) na produção de biomassa sob aplicação de fósforo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.4, p.1133-1140, 2015.

CORREA, L. A.; HAAG, H. P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo Vermelho-Amarelo, álico. I: ensaio em casa de vegetação. **Scientia Agricola**, v.50, n.1, p.99-108, 1993.

COSTA., K. A. P.; ARAUJO., J. L.; FAQUIN., V.; OLIVEIRA., I. P.; FIGUEIREDO., F. C.; GOMES., K. W. Extração de macronutrientes pela fitomassa do capim-xaraés "xaraés" em função de doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1162-1166, 2008.

COSTA, S. E. V. G. A.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; SILVA, T. O.; SILVA, T. R. Crescimento e nutrição da brachiária em função de fontes de fósforo. **Revista Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1419-1427, 2008.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; SAMPAIO, F. M. T.; CARRIJO, M. S.; RODRIGUES, C. R. EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES PELA FITOMASSA DE CULTIVARES DE *Brachiaria brizantha* SOB DOSES DE NITROGÊNIO. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.2, p.307-314, 2010.

DIAS-FILHO, M. B. **Formação e manejo de pastagens**. Embrapa Amazônia Oriental- Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2012.

DONAGEMMA, G. K.; DE FREITAS, P. L.; DE CARVALHO BALIEIRO, F.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; MACEDO, M. C. M. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1003-1020, 2016.

DUARTE, C. F. D.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, H. J.; PROCHERA, D. L.; CASSARO, L. H.; BREURE, M. F.; FLORES, L. S.; FERNANDES, R. L.; SOUZA, E. R. C.; FLEITAS, A. C.; FALCÃO, K. R. S. Capim-Piatã adubado com fontes de fósforo de diferente solubilidade em água. **Arquivo Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 315-318, 2015.

DUARTE, C. F. D.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, H. J.; CASSARO, L. H.; BREURE, D. L. P.; BISERRA, T. Capim-Piatã adubado com diferentes fontes de fósforo. *Revista Investigação*, v. 15, n. 4, p. 58-63, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa em gado de corte. **Pasto Certo**. Software, 2017. Disponível em: < <https://play.google.com/store/apps/details?id=br.embrapa.pastocerto> >. Acesso em: 01 de jan. de 2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa solos, 2018. 356 p.

GARCEZ, T. B.; MONTEIRO, F. A. Nitrogen use of *Panicum* and *Brachiaria* cultivars vary with nitrogen supply: II Nitrogen use efficiency rankings and partition. *Australian Journal of Crop Science*, v.10, n.5, p.622, 2016.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; FLORES, J. P. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, p.691-699, 2007.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; BRUNETTO, G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p.1085-1091, 2008.

IEIRI, A. Y., LANA, R. M. Q., KORNDÖRFER, G. H., PEREIRA, H. S. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com *brachiaria*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.5, p.1154-1160, 2010.

IBGE (2019) Censo agropecuário: resultados definitivos 2017. In: Forte LPS (ed.) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, 2019.

JANK, L., ANDRADE, C. M. S.; BARBOSA, R. A.; MACEDO, M. C. M.; VALÉRIO, J. R.; VERZIGNASSI, J. R.; ZIMMER, A. H.; FERNANDES, C. D.; SANTOS, M. F. SIMEÃO, R. M. O capim-BRS Quênia (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens. Embrapa Acre-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2017.

KELLER-GREIN, G.; MAAS, B. L.; HANSON, J. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections. In: MILES, J. W.; MAAS, B. L.; VALLE, C. B. do (Ed.). *Brachiaria: biology, agronomy, and improvement*. Cali: CIAT, 1996. cap.2, p. 16-42.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; AHMED, M.; OVES, M.; WANI, P. A. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi—current perspective. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.56, n.1, p.73-98, 2010. <https://doi.org/10.1080/03650340902806469>

OLIVEIRA, R. A.; FREITAS, W. S.; GALVÃO, J. C. C.; PINTO, F. A.; CECON, P. R. Efeito da aplicação de águas residuais de suinocultura nas características nutricionais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.3, p.357-369, 2004.

MACEDO, J. Solos dos cerrados. In: PEREIRA, V.P.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: FCAV, 1994. p.69-76.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrado: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p.28-62.

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B. B.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, v.27, n.1, p. 70-76, 2011.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 251p, 1980.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Resultado econômico e estratégias de intensificação da adubação de pastagens. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007.p.68-91.

MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; RABELLO DE OLIVEIRA, P. S.; MESQUITA, L. P.; SCHNEIDER, F.; TEODORO JÚNIOR, J. R. Teores críticos de fósforo no solo e características morfogênicas de *Panicum maximum* cultivares Tanzânia e Mombaça e *Brachiaria* híbrida Mulato sob aplicação de fósforo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p.292-302, 2010.

NEVES, R. C.; VILAR, C. C.; USHIWATA, S. Y.; COSTA, A. C.; HARTWIG, C. F.; CHAVES, J. S. Persistência de palhada de *Urochloa ruziziensis* em sistema de plantio direto e convencional no município de Nva Xavantins-MT. **Global Science and Technology**, v. 11, n. 03, p.110-122, 2018.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. 399p, 1999.

NOVAIS, R.F. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, SBCS, 2007.

OLIVEIRA, P. S. R.; DEMINICIS, B. B.; CASTAGNARA, D. D.; GOMES, F. C. N. Efeito da adubação com fósforo do capim Mombaça em solos com texturas arenosa e argilosa. **Archivos de zootecnia**, v.61, n.235, p. 397-406, 2012.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. D. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.562-568, 2006.

PORTO, E. M. V.; ALVES, D. D.; VITOR, C. M. T.; GOMES, V. M.; SILVA, M. F.; SOUZA, D. A. M. S. Rendimento forrageiro da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a doses crescentes de fósforo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.11, n.3, p.25-34, 2012.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 343p, 1991.

REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SPERA, S.T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p.47-87.

REZENDE, A. V.; LIMA, J. F.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; CARVALHO, M.; ÁVILA, B. L. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Agrarian**, v.4, n.14, p.335-343, 2011.

RODRIGUES, R. C.; LIMA, D. O. S.; CABRAL, L. S.; PLESE, L. P. M.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; UTSONOMYA, T. C. A.; SIQUEIRA, J. C.; JESUS, A.

P. R. Produção e morfofisiológica do capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés sob doses de nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.2, n.1, p.124-131, 2012.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 1, p. 151-160, 2001.

SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ, V. H.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, n.1, p.173-182, 2002.

SEIFFERT, N. F. **Gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria***. (Circular técnica, 01), 83p, 1980.

SOUSA, D. M. G.; MARTHA-JUNIOR, G. B.; VILELA, L. Manejo da Adubação fosfatada em pastagens. In Simpósio sobre Manejo de Pastagem. Piracicaba, p. 101-138, 2004.

SOUSA, D. M. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. **Adubação fosfatada**. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007.p.144-177.

SOUZA-JÚNIOR, R. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, H. C.; FREIRE, F. J.; ARRUDA, J. A. A. Frações de Fósforo Inorgânico do Solo e suas Correlações com o Fósforo Quantificado por Extratores e pelo Milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.159-169, 2012.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina, Embrapa-CPAC. 524p, 1997.

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New phytologist*, v.157, n.3, p.423-447, 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00695.x>

VILELA, D.; CRUZ, G. M.; CORVALHO, J. L. H. Effect of some additives on the quality and nutritive value of elephant grass silage. Circular Técnica, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, 1982.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 15 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 37).

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, p. 49 (Instituto de Zootecnia, Boletim Técnico, 18), 1986.

ARTIGO I**PRODUÇÃO DE FORRAGEM E EXTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES
EM CULTIVARES DE *BRACHIARIA* SOB DOSES DE FÓSFORO NO
ESTABELECIMENTO**

1 PRODUÇÃO DE FORRAGEM E EXTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM
2 CULTIVARES DE *BRACHIARIA* SOB DOSES DE FÓSFORO NO
3 ESTABELECIMENTO
4

5 **Resumo**

6 Objetivou-se avaliar o efeito de doses de fósforo (P) na produção de forragem e
7 extração de macronutrientes em diferentes forrageiras do gênero *Brachiaria* em solo de
8 textura arenosa na fase de estabelecimento. O delineamento experimental foi
9 inteiramente casualizado em esquema fatorial 9 x 2. Foram avaliadas nove forrageiras
10 *Brachiaria*: *B. decumbens* cv. Basilisk (DEC), *B. humidícola* cv. BRS Tupi (TUPI), *B.*
11 *humidícola* (HUM), *B. ruziziensis* (RUZ), *B. brizantha* cvs. Marandu (MAR), BRS
12 Piatã (PIA), Xaraés (XAR), BRS Paiaguás (PAI) e híbrida (*B. brizantha* x *B.*
13 *ruziziensis*) cv. BRS Ipyporã (IPY), duas doses de P, baixa (6,0 mg dm⁻³) e alta (72,0
14 mg dm⁻³), com seis repetições. O solo utilizado foi Neossolo Quartzarênico órtico
15 típico. A produção de forragem por vaso foi resultado do somatório de dois cortes sem
16 considerar o resíduo. A extração de cada nutriente foi calculada para cada corte e a
17 soma resultou na extração total. Os dados foram submetidos à análise de variância e as
18 médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Também foi
19 realizada a análise de agrupamento hierárquico. Na condição de baixa disponibilidade
20 de P, as forrageiras mais produtivas foram PAI e RUZ. Em contrapartida, na dose alta
21 de P, as forrageiras RUZ, DEC, PIA, PAI e XAR foram as mais produtivas. A aplicação
22 de alta dose de P em relação a baixa dose de P, promoveu incremento de 803% na
23 produção de forragem. As maiores produções de forragem proporcionadas pelo maior
24 teor de P no solo, refletiram em maiores extrações de macronutrientes pelas forrageiras,
25 seguindo a ordem decrescente de N > K > Mg > Ca > S > P.

26
27 **Palavras-chave:** absorção de nutrientes, adubação, implantação de forrageiras
28
29
30
31
32
33
34
35

36 **Introdução**

37 O gênero *Brachiaria* tem fornecido importantes espécies forrageiras para as
38 regiões tropicais. No mercado existem várias espécies e cultivares, que podem atender
39 diferentes sistemas de produção, com níveis tecnológicos distintos (Costa et al., 2010).
40 No Brasil em 2019 a área coberta com pastagens foi de aproximadamente 162,53
41 milhões de hectares (ABIEC., 2020), entre as forrageiras cultivadas, as de maior
42 abrangência, são de espécies pertencentes ao gênero *Brachiaria*, com a estimativa de
43 aproximadamente 85% (IBGE, 2006).

44 As plantas forrageiras possuem distintas exigências em fertilidade do solo e
45 diferentes graus de adaptação aos níveis de fósforo no solo (Santos et al., 2002;
46 Mesquita et al., 2010).

47 Atualmente, existem diferentes tabelas de recomendação de adubação para
48 pastagens. As recomendações de corretivos e fertilizantes, são feitas de acordo com o
49 nível de exigência das gramíneas e o nível tecnológico do sistema de produção (Santos,
50 2010). Para a região do cerrado Brasileiro existem as recomendações para
51 estabelecimento e manutenção de plantas forrageiras elaborada por Martha Júnior et al.
52 (2007).

53 A mobilidade e a disponibilidade dos nutrientes no solo estão ligadas às
54 características físicas e químicas e condições de manejo (Bissani et al., 2004). Os solos
55 do Cerrado brasileiro, apresentam baixos níveis naturais de fósforo (P) total e disponível
56 e alta capacidade de adsorção desse elemento, o que constitui um dos principais
57 problemas no estabelecimento e na manutenção das pastagens (Cecato et al., 2004).

58 O fósforo é um nutriente indispensável para a formação, manutenção (Belarmino
59 et al., 2003) e persistência das pastagens (Rodrigues et al., 2012). Na fase de
60 implantação das forrageiras, o fósforo contribui para o desenvolvimento do sistema
61 radicular (Santos et al., 2002; Barros et al., 2017), formação e sustentação da parte aérea
62 (Batista e Monteiro, 2006) e conseqüentemente, produção de forragem (Belarmino et
63 al., 2003).

64 Segundo Ramos et al. (2009), a deficiência de P em gramíneas causa distúrbios
65 no metabolismo e desenvolvimento, como crescimento lento e pouco perfilhamento,
66 prejudicando a produtividade. A adubação fosfatada é, portanto, considerada de suma
67 importância para o estabelecimento de gramíneas.

68 Conhecer a resposta das plantas à adubação fosfatada torna-se relevante por
69 permitir a recomendação de doses adequadas para o crescimento das plantas, de acordo
70 com seus requerimentos (Rodrigues et al., 2012).

71 A identificação da demanda e a extração desses nutrientes relacionada à
72 produção das forrageiras é indispensável para obtenção de alta produtividade, assim
73 como para recomendar corretamente cultivares para condições de baixo suprimento de
74 nutrientes pelo solo ou para situações que permitam maximizar a eficiência produtiva.

75 Com altas produções de forragem a retirada de nutrientes do solo tende a ser
76 elevada. A manutenção dos níveis de fertilidade do solo depende da reciclagem de
77 nutrientes e da adição de fertilizantes ao sistema.

78 Objetivou-se avaliar o efeito de doses de fósforo (P) na produção de forragem e
79 extração de macronutrientes em diferentes forrageiras do gênero *Brachiaria* em solo de
80 textura arenosa na fase de estabelecimento.

81

82 **Material e Métodos**

83 ***Local do experimento***

84 O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Gado de Corte,
85 localizada no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul-Brasil (latitude 20°45'
86 S, longitude 54°52' O, e altitude de 523 m), no período de maio a julho de 2018, com
87 duração de 78 dias.

88 ***Solo e adubação***

89 O solo utilizado foi o Neossolo Quartzarênico órtico típico, coletado em área de
90 pastagem degradada, sem adubações de manutenção, na camada de 0-20 cm. As
91 características químicas do solo foram: pH em CaCl₂: 4,34; Ca: 0,19 cmol_c dm⁻³; Mg:
92 0,12 cmol_c dm⁻³; Al: 0,40 cmol_c dm⁻³; H+Al: 3,20 cmol_c dm⁻³; K: 0,03 cmol_c dm⁻³; P:
93 4,96 mg dm⁻³; CTC: 3,54 cmol_c dm⁻³; V: 9,60 %; M.O: 1,29 %.

94 Antes da semeadura o solo recebeu a aplicação de 1.716 mg dm⁻³ de calcário; 6
95 ou 72 mg dm⁻³ de fósforo (P); 68,2 mg dm⁻³ de potássio (K); 54,9 mg dm⁻³ de enxofre
96 (S); 5,5 mg dm⁻³ de zinco (Zn); 5,5 mg dm⁻³ de cobre (Cu); 1,4 mg dm⁻³ de boro (B); 0,3
97 mg dm⁻³ de molibdênio (Mo), as fontes utilizadas foram calcário dolomítico,
98 superfosfato triplo, cloreto de potássio, enxofre elementar, sulfato de zinco, sulfato de
99 cobre, borato de sódio e molibdato de amônio, respectivamente. Após a adubação, o
100 solo foi incubado por 40 dias com umidade próxima à capacidade de campo para reação
101 dos condicionadores de solo e fertilizantes.

102 Após o período de incubação uma amostra de solo de cada tratamento foi
103 coletada para análise das características químicas do solo (Tabela 1).

104

105 Tabela 1. Valores médios das características químicas do solo, após o período de
106 incubação.

Trat	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺³	H+Al	K ⁺	S	T	t	K	P	MO	V	m
mg dm ⁻³	CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³			%				
6,00	5,52	1,13	1,10	0,00	1,55	0,20	2,42	3,97	2,42	76	9,15	1,38	61	0
72,00	5,76	1,48	1,14	0,00	1,52	0,25	2,87	4,39	2,87	97	69,69	1,45	65	0

107 pH CaCl₂; P e K Mehlich I, Ca e Mg Mehlich III, Al KCl 1M; MO; SB (soma de bases);
108 T (CTC potencial); t (CTC efetiva); V (saturação por bases); m (saturação por alumínio)
109

110 ***Delineamento e condução do experimento***

111 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 9
112 x 2. Foram avaliadas nove forrageiras do gênero *Brachiaria*: *B. decumbens* cv. Basilisk
113 (DEC), *B. humidicola* cv. BRS Tupi (TUPI), *B. humidicola* (HUM), *B. ruziziensis*
114 (RUZ), *B. brizantha* cvs. Marandu (MAR), BRS Piatã (PIA), Xaraés (XAR), BRS
115 Paiaguás (PAI) e híbrida (*B. brizantha* x *B. ruziziensis*) cv. BRS Ipyorã (Ipy), duas
116 doses de P, baixa (6,0 mg dm⁻³) e alta (72,0 mg dm⁻³), com seis repetições. A unidade
117 experimental foi constituída por um vaso, com capacidade de 2,55 dm³ de solo.

118 A semeadura foi realizada no dia 10 de maio de 2018, com 50 sementes por
119 vaso. No 14º dia após semeadura foi realizado o desbaste seletivo e mantidas seis
120 plantas por vaso. A irrigação foi feita sempre que necessário.

121 As adubações de nitrogênio (N) e potássio (K) foram iguais para todos os
122 tratamentos, a primeira logo após o desbaste, com 83 mg dm⁻³ de N e 31 mg dm⁻³ K, e a
123 segunda após o primeiro corte, com 111 mg dm⁻³ de N e 42 mg dm⁻³ K, na forma de
124 solução nutritiva. As fontes de N e K foram ureia e cloreto de potássio, respectivamente.

125 ***Avaliações***

126 A altura de corte das plantas foi de 15 cm do solo, feitos aos 50 dias após a
127 semeadura, e o segundo 28 dias após o primeiro corte, aos 78 dias, período considerado
128 para o estabelecimento das plantas forrageiras.

129 Após os cortes, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a
130 60°C até peso constante. A produção de forragem por vaso foi considerada como sendo
131 o resultado do somatório dos dois cortes, sem considerar o resíduo.

132 Após a secagem, as amostras foram pesadas e moídas em moinho do tipo
133 Willey, com peneira de 1mm. Posteriormente as amostras foram encaminhadas ao
134 laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Gado de Corte para a determinação dos
135 teores de proteína bruta (PB). O nitrogênio (N) total foi estimado baseando-se nos

136 teores de PB pela fórmula: $N (\%) = PB (\%)/6,25$. Utilizou-se o sistema de
137 espectroscopia de reflectância de luz próxima do infravermelho (NIRS), de acordo com
138 Marten et al. (1985).

139 As análises para determinação das concentrações de fósforo (P), potássio (K),
140 cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), foram realizadas pelo método de análise de
141 tecidos vegetais, via úmida, com solubilização nítrico perclórica de acordo com a
142 metodologia descrita por Miyazawa et al. (2009). A extração de cada nutriente foi
143 calculada para cada corte e a soma resultou na extração total. A extração dos nutrientes
144 foi calculada pela fórmula: $\text{Nutriente extraído (g vaso}^{-1}) = ((\text{massa de forragem (g vaso}^{-1}) \times \text{porcentagem do nutriente})/100)$.

146 *Análise estatística*

147 Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando cabível,
148 foi realizado o teste de comparações múltiplas, Tukey a 5% de significância, utilizando-
149 se o pacote ExpDes (Ferreira et al., 2014).

150 Adicionalmente, efetuou-se a análise de agrupamento hierárquicos, onde foram
151 testados os métodos de Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean
152 (UPGMA), Ward, ligação simples e ligação completa. O dendograma foi gerado pelo
153 método que obteve a maior correlação da matriz cofenética com a matriz de
154 dissimilaridade, sendo selecionado o método de UPGMA, como medida de
155 dissimilaridade, utilizando-se a distância euclidiana média. Todas as análises foram
156 feitas com auxílio do Programa R versão 3.6.1 (R Development Core Team, 2019).

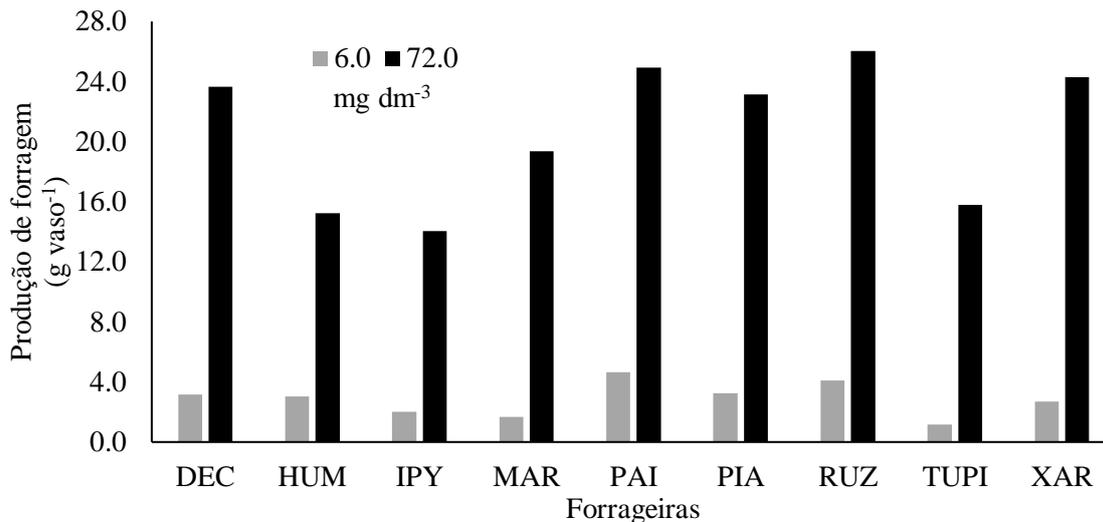
157

158 **Resultados**

159 *Produção de Forragem*

160 Houve interação entre forrageiras e doses de P para a produção de forragem
161 ($p < 0,0001$). As forrageiras apresentaram produção de forragem distinta na dose baixa
162 ($6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P) e alta ($72,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P). Todas as forrageiras aumentaram a
163 produção quando adubadas com alta dose de P em relação a dose baixa (Figura 1).

164



165

166 Figura 1. Produção de forragem (g vaso⁻¹) de diferentes forrageiras do gênero
 167 *Brachiaria* em função de duas doses de P. DEC: *B. decumbens*, TUPI: BRS Tupi,
 168 HUM: *B. humidicola*, RUZ: *B. ruziziensis*, MAR: Marandu, PIA: BRS Piatã, XAR:
 169 Xaraés, PAI: BRS Paiaguás e IPY: BRS Ipyporã.

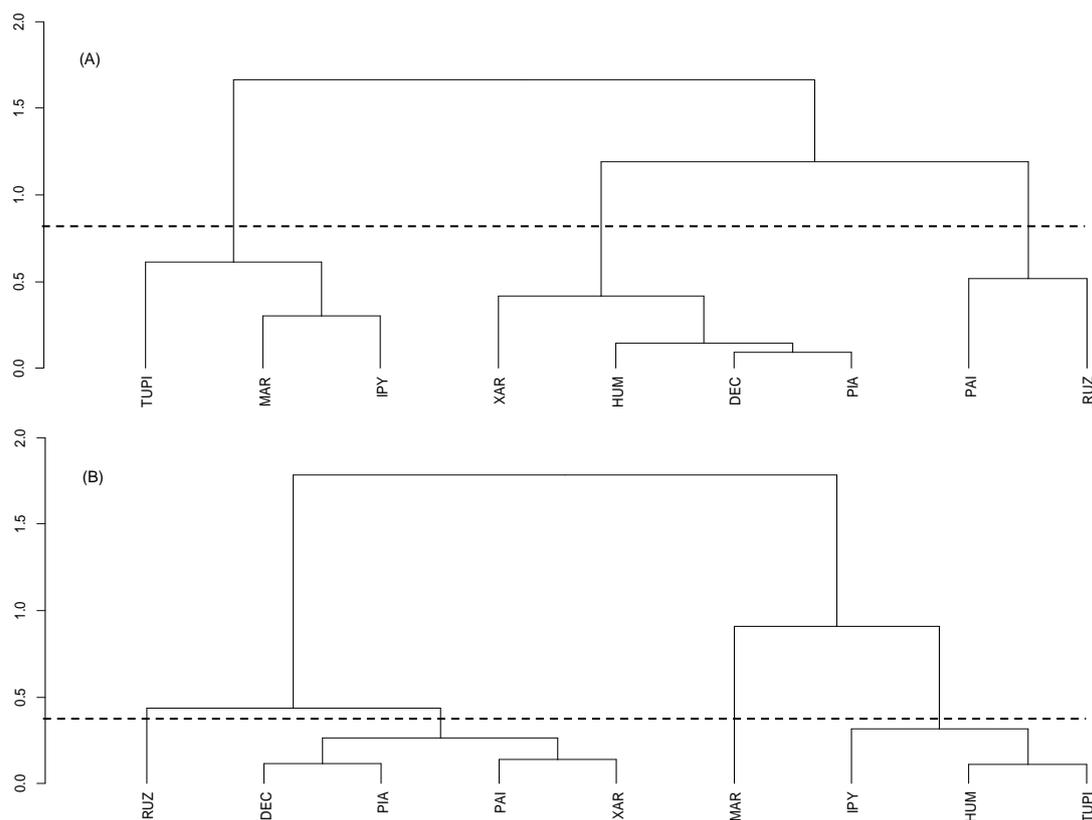
170

171 O dendograma da análise de agrupamento para a massa de forragem, foi dividido
 172 em dois ambientes distintos com baixo e alto P disponível (Figura 2A e 2B).

173 Para a dose de 6,0 mg dm⁻³ de P se formaram três grupos (Figura 3A), o
 174 primeiro menos produtivo foi composto pelas forrageiras TUPI, MAR e IPY, que
 175 apresentaram em média 1,62 g vaso⁻¹ de MS, o segundo composto pelas forrageiras
 176 XAR, HUM, DEC e PIA que apresentaram produção intermediárias, em média 3,04 g
 177 vaso⁻¹ de MS, e o terceiro formado pelas forrageiras PAI e RUZ produção média de
 178 4,38 g vaso⁻¹ de MS na fase de implantação.

179 Para a dose de 72,0 mg dm⁻³ de P formaram-se 4 subgrupos de forrageiras
 180 (Figura 2B), o primeiro composto pela RUZ, com produção de 26,04 g vaso⁻¹ de MS, o
 181 segundo pelas forrageiras DEC, PIA, PAI e XAR, com média de 24,0 g vaso⁻¹ de MS, o
 182 terceiro composto pela MAR, com produção intermediária de 19,4 g vaso⁻¹ de MS e o
 183 quarto formado pelas forrageiras IPY, HUM e TUPI que apresentaram menor produção,
 184 com média de 15,0 g vaso⁻¹ de MS.

185



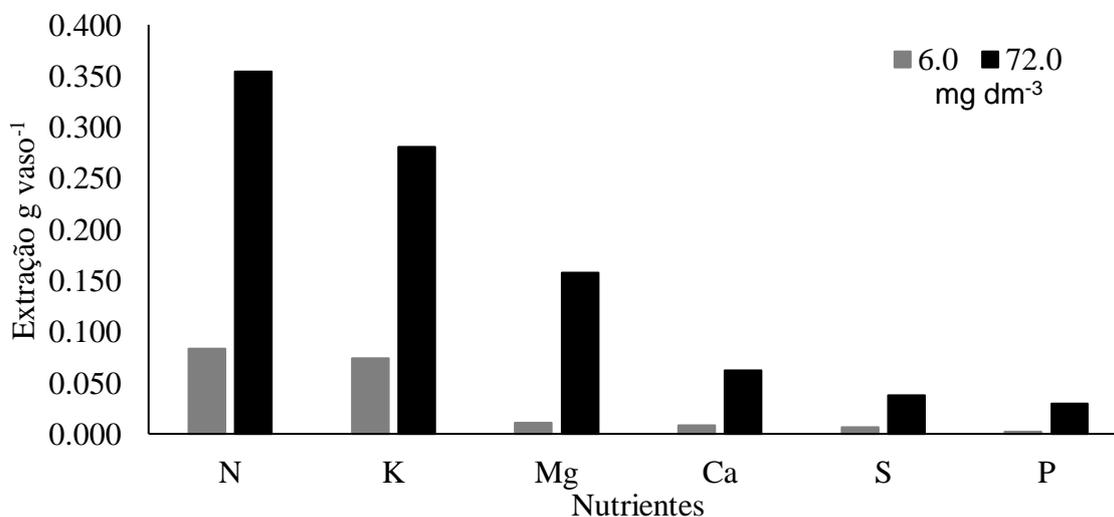
186

187 Figura 2. Dendrograma de agrupamento das forrageiras do gênero *Brachiaria* em
 188 função da produção de forragem (g vaso⁻¹) com baixa (6,0 mg dm⁻³; A) e alta (72,0 mg
 189 dm⁻³; B) disponibilidade de P de acordo com o método UPGMA. DEC: *B. decumbens*,
 190 TUPI: BRS Tupi, HUM: *B. humidicola*, RUZ: *B. ruziziensis*, MAR: Marandu, PIA:
 191 BRS Piatã, XAR: Xaraés, PAI: BRS Paiaguás e IPY: BRS Ipyorã.

192

193 *Extração de nutrientes*

194 A ordem de extração dos macronutrientes pelas forrageiras foi N > K > Mg > Ca
 195 > S > P (Figura 3).



196

197 Figura 3. Ordem de extração de macronutrientes (g vaso^{-1}) de forrageiras do gênero
198 *Brachiaria* em função de duas doses de P.

199

200 Numericamente as concentrações de N, K e S, são maiores na dose de $6,0 \text{ mg}$
201 dm^{-3} de P. Para P, Ca e Mg as maiores concentrações são observadas na dose de $72,0$
202 mg dm^{-3} de P (Tabela 2).

203

204 Tabela 2. Concentrações de P, N, K, Ca, Mg e S (g kg^{-1}) de diferentes forrageiras do gênero *Brachiaria* em função de duas doses de P.

Doses de P (mg dm^{-3})	Forrageiras									Média
	DEC	HUM	IPY	MAR	PAI	PIA	RUZ	TUPI	XAR	
					P (g kg^{-1})					
6,0	0,80	0,80	0,74	0,82	1,02	0,75	0,63	0,67	0,80	0,78
72,0	1,28	1,96	1,45	1,48	1,33	1,45	1,11	1,47	1,59	1,46
					N (g kg^{-1})					
6,0	30,12	28,31	30,24	28,79	29,48	27,88	29,69	27,97	27,44	28,88
72,0	14,24	22,89	19,2	19,45	12,43	15,77	11,75	24,32	20,15	17,80
					K (g kg^{-1})					
6,0	25,85	27,45	32,69	24,13	26,70	23,23	23,70	25,95	24,20	25,99
72,0	10,54	18,27	15,34	14,37	10,24	11,44	9,87	20,01	15,49	13,95
					Ca (g kg^{-1})					
6,0	2,46	2,79	3,60	2,94	2,43	2,17	4,26	2,61	2,64	2,88
72,0	3,09	3,08	3,84	3,59	2,62	2,56	3,24	2,35	2,85	3,02
					Mg (g kg^{-1})					
6,0	3,86	2,64	4,64	3,76	4,54	3,55	4,74	3,17	3,25	3,79
72,0	8,43	6,84	11,38	8,59	7,88	8,13	5,29	6,42	6,86	7,76
					S (g kg^{-1})					
6,0	2,38	2,10	2,25	1,98	2,25	2,08	2,59	3,84	2,01	2,39
72,0	1,57	1,79	1,74	1,83	1,37	1,56	1,52	4,10	1,65	1,90

205 P: fósforo, N: nitrogênio e K: potássio. DEC: *B. decumbens*, TUPI: BRS Tupi, HUM: *B. humidicola*, RUZ: *B. ruziziensis*, MAR: Marandu, PIA: BRS
206 Piatã, XAR: Xaraés, PAI: BRS Paiaguás e IPY: BRS Ipyporã.

207 Houve interação ($p < 0,001$) entre forrageiras e doses de P para a extração de
208 fósforo (P), nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e
209 para a relação P, N, K, Ca, Mg e S extraído (g)/g de MS produzida (Tabelas 3 e 4).

210 Para a extração de macronutrientes, todas as forrageiras extraíram mais P, N, K,
211 Ca, Mg e S na dose de $72,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P quando comparada a dose de $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de
212 P (Tabelas 3 e 4).

213 Com relação a eficiência no uso dos macronutrientes, todas as forrageiras na
214 dose de $72,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P demandaram mais P, Mg, S e Ca para produzirem 1g de MS,
215 com exceção para as forrageiras RUZ e TUPI, que demandaram menos Ca (Tabela 3 e
216 4). Para o N e K, todas as forrageiras na dose de $72,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P demandaram menos
217 para produzir 1g de MS em relação à dose de $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P (Tabela 3).

218 Para a extração de P, na dose de $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P, todas as forrageiras
219 apresentaram extrações semelhantes. Já na dose de $72,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P, foram
220 observadas extrações diferentes para as forrageiras, a maior extração de P foi observada
221 na cultivar XAR, as menores extrações na cultivares IPY e TUPI, e extrações
222 intermediárias para as cultivares DEC, MAR, PIA, PAI, HUM e RUZ (Tabela 3).

223 A forrageira mais eficiente no uso do P para produzir 1g de MS nas doses baixa
224 e alta de P foi RUZ. A classificação em ordem crescente de eficiência de uso de P na
225 dose baixa foi: $\text{PAI} > \text{MAR} > \text{DEC} = \text{HUM} = \text{XAR} > \text{IPY} > \text{PIA} > \text{TUPI} > \text{RUZ}$. Já na
226 dose elevada de P, a ordem crescente de classificação foi: $\text{HUM} > \text{XAR} > \text{MAR} > \text{TUPI}$
227 $> \text{IPY} = \text{PIA} > \text{PAI} > \text{DEC} > \text{RUZ}$ (Tabela 3).

228 Para o N, na dose de $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P, a maior extração foi observada para PAI
229 e a menor para TUPI. Já na dose de $72,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P, a maior extração de N foi
230 observada em XAR, a menor em IPY (Tabela 3).

231 Para esse elemento, a ordem crescente de eficiência de utilização na dose baixa
232 de P foi: $\text{IPY} > \text{DEC} > \text{RUZ} > \text{PAI} > \text{MAR} > \text{HUM} > \text{TUPI} > \text{PIA} > \text{XAR}$. Já para a
233 dose elevada de P, a ordem (crescente de eficiência) obedeceu a seguinte classificação:
234 $\text{TUPI} > \text{HUM} > \text{XAR} > \text{MAR} > \text{IPY} > \text{PIA} > \text{DEC} > \text{PAI} > \text{RUZ}$ (Tabela 3).

235 Para o K, a forrageira que mais extraiu, na dose de $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P foi PAI e as
236 menores extrações foram observadas para as forrageiras TUPI e MAR. As forrageiras
237 DEC, RUZ, PIA, XAR, IPY e HUM apresentaram extrações intermediárias de K. Já
238 para a dose de $72,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P a maior extração de K foi observada na forrageira
239 XAR e o menor valor de extração, na IPY. As forrageiras com extrações intermediárias
240 foram DEC, TUPI, HUM, MAR, PAI, PIA e RUZ (Tabela 3).

241 As forrageiras mais eficientes no uso do K para produzir 1g de MS na dose de
 242 6,0 mg dm⁻³ de P foram MAR, XAR, PIA RUZ, a menos eficiente foi IPY. As
 243 forrageiras DEC, HUM, TUPI e PAI apresentaram eficiência intermediária. Já na dose
 244 de 72,0 mg dm⁻³ de P as forrageiras mais eficientes no uso do K foram DEC, PAI, PIA e
 245 RUZ, as menos eficientes foram TUPI, HUM e MAR, apresentaram eficiência
 246 intermediária XAR e RUZ (Tabela 3).

247 A extração de Ca para as forrageiras, foram classificadas na seguinte ordem: 6,0
 248 mg dm⁻³ de P: RUZ > MAR = PIA = TUPI = XAR, as intermediárias foram DEC,
 249 HUM, IPY e PAI todas iguais; 72,0 mg dm⁻³ de P: RUZ > DEC = MAR = PAI = XAR
 250 = PIA < DEC, PIA = IPY < XAR, IPY = HUM < PIA, HUM = TUPI < IPY (Tabela 4).

251 Para o Ca, a eficiência no uso para se produzir 1g de MS, na dose de 6,0 mg dm⁻³
 252 de P, obedeceram a seguinte ordem crescente: RUZ > IPY > MAR > HUM > TUPI =
 253 XAR > DEC = PAI > PIA. Já para a dose mais elevada (72,0 mg dm⁻³) de P, observa-se
 254 a seguinte ordem crescente: IPY > MAR > RUZ > DEC = HUM > XAR > PAI = PIA >
 255 TUPI (Tabela 4).

256 Não houve diferença para extração de Mg pelas forrageiras na dose baixa de P.
 257 Já para a dose mais elevada (72,0 mg dm⁻³) de P, a extração obedeceu a seguinte ordem
 258 crescente: DEC = PAI = PIA = XAR < DEC e PAI, XAR = IPY = MAR = RUZ >
 259 HUM e TUPI (Tabela 4).

260 Em relação à eficiência de uso do Mg para se produzir 1g de MS, as forrageiras
 261 foram classificadas na seguinte ordem: 6,0 mg dm⁻³ de P: RUZ = IPY = PAI = DEC <
 262 RUZ, DEC = MAR = PIA = TUPI = XAR = HUM, HUM < MAR; 72,0 mg dm⁻³ de P:
 263 IPY > MAR = PAI = PIA = DEC > XAR = HUM = TUPI, HUM > RUZ = TUPI
 264 (Tabela 4).

265 A extração de S para as forrageiras, foram classificadas na seguinte ordem
 266 crescente: 6,0 mg dm⁻³ de P: Todas as forrageiras foram iguais; 72,0 mg dm⁻³ de P:
 267 TUPI > XAR = RUZ = DEC = PIA = MAR = PAI, PAI = HUM < MAR, HUM = IPY <
 268 PAI (Tabela 4).

269 A eficiência no uso do S para se produzir 1g de MS, foi classificada na seguinte
 270 ordem crescente: 6,0 mg dm⁻³ de P: TUPI > RUZ > DEC > IPY = PAI > HUM > PIA >
 271 XAR > MAR; 72,0 mg dm⁻³ de P: TUPI > MAR > HUM > IPY > XAR > DEC > PIA >
 272 RUZ > PAI (Tabela 4).

273 Tabela 3. Extração de P, N e K (g vaso⁻¹) e relação P, N e K extraído (g)/ g de MS produzido de diferentes forrageiras do gênero *Brachiaria*
 274 em função de duas doses de P.

Doses de P (mg dm ⁻³)	Forrageiras									CV (%)	Valor - p
	DEC	HUM	IPY	MAR	PAI	PIA	RUZ	TUPI	XAR		
-----P extraído (g vaso ⁻¹)-----											
6,0	0,0025 ^{Ab}	0,0025 ^{Ab}	0,0015 ^{Ab}	0,0014 ^{Ab}	0,0047 ^{Ab}	0,0024 ^{Ab}	0,0026 ^{Ab}	0,0008 ^{Ab}	0,0021 ^{Ab}	15,8	<0,001
72,0	0,0304 ^{BCa}	0,0299 ^{BCa}	0,0204 ^{Da}	0,0285 ^{Ca}	0,0331 ^{BCa}	0,0335 ^{Ba}	0,0290 ^{BCa}	0,0232 ^{Da}	0,0386 ^{Aa}		
-----Relação P extraído (g)/ g de MS produzido-----											
6,0	0,00080 ^{Cb}	0,00080 ^{Cb}	0,00076 ^{Db}	0,00082 ^{Bb}	0,00102 ^{Ab}	0,00075 ^{Eb}	0,00063 ^{Gb}	0,00067 ^{Fb}	0,00080 ^{Cb}	1,00	<0,001
72,0	0,00128 ^{Ga}	0,00196 ^{Aa}	0,00145 ^{Ea}	0,00148 ^{Ca}	0,00133 ^{Fa}	0,00145 ^{Ea}	0,00111 ^{Ha}	0,00147 ^{Da}	0,00159 ^{Ba}		
-----N extraído (g vaso ⁻¹)-----											
6,0	0,095 ^{ABCb}	0,086 ^{ABCb}	0,061 ^{BCb}	0,049 ^{BCb}	0,138 ^{Ab}	0,091 ^{ABCb}	0,122 ^{ABb}	0,033 ^{Cb}	0,074 ^{ABCb}	18,9	<0,001
72,0	0,337 ^{BCDa}	0,349 ^{BCa}	0,270 ^{Da}	0,375 ^{BCa}	0,310 ^{BCDa}	0,365 ^{BCa}	0,306 ^{CDa}	0,384 ^{Ba}	0,490 ^{Aa}		
-----Relação N extraído (g)/ g de MS produzido-----											
6,0	0,0301 ^{Ba}	0,0283 ^{Fa}	0,0302 ^{Aa}	0,0288 ^{Ea}	0,0295 ^{Da}	0,0279 ^{Ha}	0,0297 ^{Ca}	0,0280 ^{Ga}	0,0274 ^{Ia}	1,00	<0,001
72,0	0,0142 ^{Gb}	0,0229 ^{Bb}	0,0192 ^{Eb}	0,0194 ^{Db}	0,0124 ^{Hb}	0,0158 ^{Fb}	0,0118 ^{Ib}	0,0243 ^{Ab}	0,0201 ^{Cb}		
-----K extraído (g vaso ⁻¹)-----											
6,0	0,082 ^{ABb}	0,084 ^{ABb}	0,066 ^{ABb}	0,041 ^{Bb}	0,125 ^{Ab}	0,076 ^{ABb}	0,097 ^{ABb}	0,030 ^{Bb}	0,065 ^{ABb}	24,2	<0,001
72,0	0,249 ^{BCa}	0,279 ^{BCa}	0,216 ^{Ca}	0,313 ^{ABa}	0,256 ^{BCa}	0,265 ^{BCa}	0,257 ^{BCa}	0,316 ^{ABa}	0,377 ^{Aa}		
-----Relação K extraído (g)/ g de MS produzido-----											
6,0	0,026 ^{Ba}	0,027 ^{Ba}	0,033 ^{Aa}	0,024 ^{Ca}	0,027 ^{Ba}	0,023 ^{Ca}	0,024 ^{Ca}	0,026 ^{Ba}	0,024 ^{Ca}	4,82	<0,001
72,0	0,011 ^{Db}	0,018 ^{Bb}	0,015 ^{Cb}	0,016 ^{Cb}	0,010 ^{Db}	0,011 ^{Db}	0,010 ^{Db}	0,020 ^{Ab}	0,015 ^{Cb}		

275 Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%. CV (%): coeficiente de
 276 variação. Valor – p: probabilidade de efeito significativo. P: fósforo, N: nitrogênio e K: potássio. DEC: *B. decumbens*, TUPI: BRS Tupi, HUM: *B.*
 277 *humidicola*, RUZ: *B. ruzizensis*, MAR: Marandu, PIA: BRS Piatã, XAR: Xaraés, PAI: BRS Paiaguás e IPY: BRS Ipyporã.

278

279

280 Tabela 4. Extração de Ca, Mg e S (g vaso⁻¹) e relação Ca, Mg e S extraído (g)/ g de MS produzido de diferentes forrageiras do gênero281 *Brachiaria* em função de duas doses de P.

Doses de P (mg dm ⁻³)	Forrageiras									CV (%)	Valor - p
	DEC	HUM	IPY	MAR	PAI	PIA	RUZ	TUPI	XAR		
-----Ca extraído (g vaso ⁻¹)-----											
6,0	0,008 ^{ABb}	0,008 ^{ABb}	0,007 ^{ABb}	0,005 ^{Bb}	0,011 ^{ABb}	0,007 ^{Bb}	0,017 ^{Ab}	0,003 ^{Bb}	0,007 ^{Bb}	15,9	<0,001
72,0	0,073 ^{Ba}	0,047 ^{Efa}	0,054 ^{DEa}	0,067 ^{BCa}	0,065 ^{BCa}	0,059 ^{CDa}	0,084 ^{Aa}	0,037 ^{Fa}	0,069 ^{BCa}		
-----Relação Ca extraído (g)/ g de MS produzido-----											
6,0	0,0025 ^{Fb}	0,0028 ^{Db}	0,0036 ^{Bb}	0,0029 ^{Cb}	0,0024 ^{Fb}	0,0022 ^{Gb}	0,0043 ^{Aa}	0,0026 ^{Ea}	0,0026 ^{Eb}	2,22	<0,001
72,0	0,0031 ^{Da}	0,0031 ^{Da}	0,0038 ^{Aa}	0,0035 ^{Ba}	0,0026 ^{Fa}	0,0026 ^{Fa}	0,0032 ^{Cb}	0,0024 ^{Gb}	0,0029 ^{Ea}		
-----Mg extraído (g vaso ⁻¹)-----											
6,0	0,012 ^{Ab}	0,008 ^{Ab}	0,009 ^{Ab}	0,006 ^{Ab}	0,021 ^{Ab}	0,012 ^{Ab}	0,019 ^{Ab}	0,004 ^{Ab}	0,009 ^{Ab}	17,8	<0,001
72,0	0,199 ^{Aa}	0,104 ^{Da}	0,160 ^{Ca}	0,148 ^{Ca}	0,197 ^{Aa}	0,188 ^{ABa}	0,155 ^{Ca}	0,101 ^{Da}	0,167 ^{BCa}		
-----Relação Mg extraído (g)/ g de MS produzido-----											
6,0	0,0039 ^{BCDb}	0,0026 ^{Eb}	0,0046 ^{ABb}	0,0038 ^{CDb}	0,0045 ^{ABCb}	0,0035 ^{Db}	0,0047 ^{Ab}	0,0032 ^{DEb}	0,0032 ^{DEb}	8,06	<0,001
72,0	0,0084 ^{Ba}	0,0068 ^{Ca}	0,0114 ^{Aa}	0,0078 ^{Ba}	0,0079 ^{Ba}	0,0081 ^{Ba}	0,0060 ^{Da}	0,0064 ^{CDa}	0,0069 ^{Ca}		
-----S extraído (g vaso ⁻¹)-----											
6,0	0,0075 ^{Ab}	0,0064 ^{Ab}	0,0045 ^{Ab}	0,0033 ^{Ab}	0,0106 ^{Ab}	0,0068 ^{Ab}	0,0106 ^{Ab}	0,0045 ^{Ab}	0,0054 ^{Ab}	19,7	<0,001
72,0	0,0371 ^{Ba}	0,0274 ^{CDa}	0,0245 ^{Da}	0,0354 ^{Ba}	0,0343 ^{BCa}	0,0361 ^{Ba}	0,0397 ^{Ba}	0,0647 ^{Aa}	0,0401 ^{Ba}		
-----Relação S extraído (g)/ g de MS produzido-----											
6,0	0,00240 ^{Cb}	0,00210 ^{Eb}	0,00230 ^{Db}	0,00198 ^{Hb}	0,00230 ^{Db}	0,00208 ^{Fb}	0,00260 ^{Bb}	0,00380 ^{Aa}	0,00201 ^{Gb}	1,00	<0,001
72,0	0,00157 ^{Fa}	0,00179 ^{Ca}	0,00174 ^{Da}	0,00183 ^{Ba}	0,00137 ^{Ia}	0,00156 ^{Ga}	0,00152 ^{Ha}	0,0041 ^{Ab}	0,00165 ^{Ea}		

282 Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%. CV (%): coeficiente de

283 variação. Valor – p: probabilidade de efeito significativo. Ca: cálcio, Mg: magnésio e S: enxofre. DEC: *B. decumbens*, TUPI: BRS Tupi, HUM: *B.*284 *humidicola*, RUZ: *B. ruziziensis*, MAR: Marandu, PIA: BRS Piatã, XAR: Xaraés, PAI: BRS Paiaguás e IPY: BRS Ipyorã.

285 **Discussão**

286 A importância da adubação fosfatada na implantação de forrageiras do gênero
287 *Brachiaria* foi comprovada pelas respostas observadas tanto para a produção (Figura 1)
288 com para a extração de nutrientes (Tabelas 3 e 4). Na fase inicial de crescimento, até os
289 50 dias depois da semeadura as plantas demandam maiores níveis de P. Santos et al.
290 (2002) observaram que os níveis críticos de P no solo decrescem em função da idade
291 das plantas, dos 14 aos 70 dias, decresceram de 95,1 para 38,1 mg dm⁻³ em *B.*
292 *decumbens* cv. Basilisk.

293 As diferentes espécies e cultivares de *Brachiaria* responderam de forma distinta à
294 adubação fosfatada (Figura 1). Esse fato também foi observado por Camacho et al.
295 (2015), quando avaliaram forrageiras da espécie *B. brizantha* que apresentam respostas
296 distintas à adubação fosfatada e adaptação aos ambientes com baixa disponibilidade de
297 P.

298 A aplicação de 72,0 mg dm⁻³ de P, de modo geral, aumentou a produção de
299 forragem e a extração de nutrientes em todas as forrageiras avaliadas. Na comparação
300 entre as doses de 6,0 e de 72,0 mg dm⁻³ de P, houve incremento de 803% na produção
301 de forragem. As forrageiras com maiores produções (RUZ, DEC, PIA, PAI e XAR) na
302 dose 72,0 mg dm⁻³ de P apresentaram 62,5% mais massa de forragem em relação as que
303 apresentaram as menores produções (IPY, HUM e TUPI). Mesmo as forrageiras que
304 apresentaram menores produções de forragem (IPY, TUPI e HUM) responderam à
305 adubação fosfatada e apresentaram aumento de 752% quando se adubou com 72,0 em
306 relação a 6,0 mg dm⁻³ de P (Figura 1 e 2). Em concordância, Camacho et al. (2015) que
307 avaliaram a produção de forragem em oito genótipos de *Brachiaria brizantha* com e
308 sem a aplicação de fósforo em solo de textura média/argilosa, a aplicação de P
309 proporcionou um aumento médio de 96,4% na massa de forragem.

310 O aumento na produção de forragem com a maior disponibilidade de P no solo,
311 está relacionado com características estruturais e morfogênicas como altura (Rezende et
312 al., 2011; Bonfim-Silva et al., 2014), perfilhamento (Cecato et al., 2008; Rezende et al.,
313 2011; Porto et al., 2012; Oliveira et al., 2012) e número de folhas por perfilho (Cecato
314 et al., 2008; Bonfim-Silva et al., 2014), visto que ocorre o aumento substancial no fluxo
315 de tecidos, que se dá através da sua contínua capacidade de emissão de folhas e
316 perfilhos, que são influenciados positivamente pelo melhor aporte nutricional das
317 plantas (Santos et al., 2009).

318 Segundo Nabinger (2001) o nitrogênio e o nutriente controlador dos diferentes
319 processos de crescimento e desenvolvimento das plantas que proporciona aumento na
320 produção devido ao incremento na fixação de carbono.

321 Entretanto o P, quando em quantidade limitante no solo, a sua deficiência reduz
322 a taxa de crescimento inicial e o estabelecimento das forrageiras, além de limitar sua
323 capacidade produtiva e conseqüentemente das pastagens. A resposta das plantas à
324 adubação só se potencializa quando os nutrientes utilizados, principalmente os
325 limitantes, são utilizados em associação (Rezende et al., 2011), o que mostra a
326 importância do fornecimento de nutrientes em quantidades e proporções adequadas
327 (Fagundes et al., 2006)

328 O efeito positivo do P na produção de forragem foi observado por diversos
329 autores em diferentes forrageiras, *B. brizantha* cv. Marandu (Rezende et al., 2011; Porto
330 et al., 2012), *B. brizantha* cv. Xaraés (Rodrigues et al., 2012), capim-mombaça em solos
331 com texturas arenosa e argilosa (Oliveira et al., 2012), feijão guandu em latossolo
332 vermelho (Bonfim-Silva et a., 2014) e *Brachiaria* híbrida cv. Mulato II (Teixeira et al.,
333 2018).

334 No ambiente com baixa disponibilidade de P no solo, as menores produções
335 foram observadas nas forrageiras TUPI (*B. humidicola*), MAR (*B. brizantha*) e IPY
336 (híbrida entre *B. ruziziensis* e *B. brizantha*) (Figura 2A). Mesmo sendo classificadas em
337 grupo semelhante a outras forrageiras quanto ao grau de exigência em fertilidade do
338 solo, apresentaram desenvolvimento inicial lento quando comparado às demais. No solo
339 com baixa disponibilidade de P, as forrageiras que podem ser consideradas mais
340 adaptadas foram RUZ e PAI, sendo 170,4% mais produtivas que as demais (Figura 1 e
341 2). O incremento observado foi substancialmente maior quando comparado aos
342 resultados observados por Camacho et al. (2015). Tais diferenças podem ser explicadas
343 não só pelas forrageiras avaliadas, mas também pelo tipo de solo, época de condução o
344 experimento, teor inicial de P no solo e concentração dos demais nutrientes essenciais
345 ao desenvolvimento das plantas que podem ter sido distintos.

346 As maiores extrações de P, N, K, Ca, Mg e S foram observadas com a dose alta
347 de P no solo (Tabela 3 e 4), respectivamente, de 111% para N; 53,8% para K; 550%
348 para P; 278,5% para Ca; 360% para Mg; 212,5% para S. Segundo Costa et al. (2008),
349 Costa et al. (2009) e Costa et al. (2010), o aumento na extração de nutrientes pode ser
350 explicado pelo aumento na produção de forragem.

351 No geral, as forrageiras que apresentaram maiores concentrações de N na parte
352 aérea, como relatado por Taiz et al. (2017), independente da dose de P. Porém, a maior

353 concentração de N (0,211 g vaso⁻¹) em relação ao K (0,140 g vaso⁻¹) na parte aérea é
354 mais evidente na dose de 72,0 mg dm⁻³ de P (Figura 2). Entretanto, equivalência entre
355 extração de N e K foram encontrados por Primavesi et al. (2004); Carvalho et al.
356 (2006); Primavesi et al. (2006) para o capim-marandu e Costa et al. (2008) para o
357 capim-xaraés.

358 As forrageiras que receberam 72,0 mg dm⁻³ de P demandaram menos N e K para
359 produzir 1g de MS em relação a dose de 6,0 mg dm⁻³ de P (Tabela 3). O N é o elemento
360 mineral que as plantas requerem em maiores quantidades, é constituinte de muitos
361 componentes celulares vegetais, incluindo clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos. O
362 K desempenha um papel importante na regulação do potencial osmótico das células
363 vegetais e ativa enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (Taiz et al., 2017), o
364 que mostra a importância destes elementos no metabolismo das plantas e quanto maior
365 o nível de produção maior e a eficiência de uso desses nutrientes pelas plantas.

366 O P foi o macronutriente encontrado em menor quantidade na parte aérea das
367 forrageiras (Figura 3). De acordo com Taiz et al. (2017) o P desempenha um papel
368 importante por ser componente integral de compostos importantes nas células vegetais,
369 incluindo os açúcares fosfato, intermediários da respiração e da fotossíntese, bem como
370 os fosfolipídeos que compõem as membranas vegetais. Além de componente de
371 nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e
372 no RNA.

373 O inverso do que foi observado para o N e K, ocorreu para o P, quando aumenta
374 a disponibilidade de P no solo a concentração de P na planta aumenta também. Faquin
375 et al. (1997) observaram maior acúmulo de P após a aplicação do superfosfato triplo do
376 que da rocha fosfática de Araxá. Ramos et al. (2009) em estudo com *Brachiaria*
377 *decumbens* e *Brachiaria brizantha*, observaram que o acúmulo de P pelas plantas
378 depende dos teores de nutrientes nos tecidos e, principalmente, da produção de matéria
379 seca.

380

381 **Conclusão**

382 A adubação fosfatada exerce efeito positivo na produção de forragem em
383 forrageiras do gênero *Brachiaria* em solo de textura arenosa.

384 As forrageiras PAI e RUX apresentaram maior adaptação para cultivo em solos
385 com baixa disponibilidade de P, enquanto as forrageiras RUZ, DEC, PIA, PAI e XAR
386 foram mais responsivas à aplicação de alta dose de P.

387 As maiores produções de forragem, proporcionadas pela maior disponibilidade
388 de P, refletiram em maiores extrações de macronutrientes pelas forrageiras, seguindo a
389 ordem decrescente de $N > K > Mg > Ca > S > P$. As forrageiras apresentam eficiências
390 distintas no uso dos macronutrientes para produzir 1 g de MS, não foi identificado um
391 padrão de eficiência no uso de todos os nutrientes.

392

393 **Agradecimentos**

394 À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) -
395 Código de Financiamento 001. A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e
396 Embrapa Gado de Corte pelo apoio financeiro. Ao Conselho Nacional de
397 Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa PQ 2 do segundo e terceiro
398 autores.

399

400 **Referências**

401 BARROS, A. C. C. D.; ALMEIDA, J. C. D. C.; CAMARGO FILHO, S. T.;
402 CARVALHO, C. A. B. D.; CAMPANA, L. L.; MORAIS, L. F. D. Root dry matter
403 mass and distribution of Florico grass under different grazing strategies. **Pesquisa**
404 **Agropecuária Brasileira**, v.52, n.12, p.1276-1285, 2017.

405 BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Sistema radicular do capim-Marandu, considerando
406 as combinações de doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do**
407 **Solo**, v.30, n.5, 2006.

408 BELARMINO, M. C. J.; PINTO, J. C.; ROCHA, G. P.; NETO, A. E. F.; DE MORAIS,
409 A. R. Altura de perfilho e rendimento de matéria seca de capim Tanzânia em função de
410 diferentes doses de superfosfato simples e sulfato de amônio. **Ciência e**
411 **Agrotecnologia**, v.27, n.4, p.879-885, 2003.

412 BONFIM-SILVA, E. M.; GUIMARÃES, S. L.; NASCIMENTO FARIAS, L.;
413 OLIVEIRA, J. R.; BOSA, C. K.; FONTENELLI, J. V. Adubação fosfatada no
414 desenvolvimento e produção de feijão guandu em latossolo vermelho do cerrado em
415 primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, v.30, n.5, 2014.

416 CAMACHO, M. A.; SILVEIRA, L. P. O.; SILVEIRA, M. V. Eficiência de genótipos
417 de *Brachiaria brizantha* Stapf. (Syn: *Urochloa brizantha*) na produção de biomassa sob
418 aplicação de fósforo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67,
419 n.4, p.1133-1140, 2015.

- 420 CARVALHO, F. G.; BURITY, H. A.; SILVA, V. N.; SILVA, A. J. N. Produção de
421 matéria seca e concentração de macronutrientes em *Brachiaria decumbens* sob
422 diferentes sistemas de manejo na zona da mata de Pernambuco. **Pesquisa**
423 **Agropecuária Tropical**, v.36, p.101- 106, 2006.
- 424 CECATO, U.; SKROBOT, V.D; FAKIR, G.R.; BRANCO, A.F.; GALBEIRO, S.;
425 GOMES, J.A.N. Perfilhamento e características estruturais do capim Mombaça,
426 adubado com fontes de fósforo, em pastejo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.30,
427 n.1, p.1-7, 2008.
- 428 COSTA., K. A. P.; ARAUJO., J. L.; FAQUIN., V.; OLIVEIRA., I. P.; FIGUEIREDO.,
429 F. C.; GOMES., K. W. Extração de macronutrientes pela fitomassa do capim-xaraés"
430 xaraés" em função de doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1162-
431 1166, 2008.
- 432 COSTA, K. A. D. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. D.; SEVERIANO, E. D. C.;
433 SIMON, G. A.; CARRIJO, M. S. Extração de nutrientes pela fitomassa do capim-
434 marandu sob doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção**
435 **Animal**, v.10, n.4, 2009.
- 436 COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; SAMPAIO, F. M. T.;
437 CARRIJO, M. S.; RODRIGUES, C. R. EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES PELA
438 FITOMASSA DE CULTIVARES DE *Brachiaria brizantha* SOB DOSES DE
439 NITROGÊNIO. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.2, p.307-314, 2010.
- 440 FAGUNDES, L.J.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. et al. Acúmulo de forragem em
441 pastos de *Brachiaria decumbens* adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária**
442 **Brasileira**, v.40, n.4, p.397-403, 2005.
- 443 FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes: an R Package**
444 **for ANOVA and experimental designs**. *Appl. Math.* 5: 2952–2958, 2014.
- 445 GARCEZ, T. B.; MONTEIRO, F. A. Nitrogen use of *Panicum* and *Brachiaria* cultivars
446 vary with nitrogen supply: II Nitrogen use efficiency rankings and partition. **Australian**
447 **Journal of Crop Science**, v.10, n.5, p.622, 2016.
- 448 MARTEN, G. C.; SHENK, J. S.; BARTON, F. E. **Near infrared reflectance**
449 **spectroscopy (NIRS), analysis of forage quality**. Washington: USDA; ARS, 1985.
450 110 p. (Agriculture Handbook, 643).

- 451 MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; RABELLO DE OLIVEIRA, P. S.; MESQUITA, L.
452 P.; SCHNEIDER, F.; TEODORO JÚNIOR, J. R. Teores críticos de fósforo no solo e
453 características morfogênicas de *Panicum maximum* cultivares Tanzânia e Mombaça e
454 *Brachiaria* híbrida Mulato sob aplicação de fósforo. **Revista Brasileira de Saúde e**
455 **Produção Animal**, v.11, n.2, p.292-302, 2010.
- 456 MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELO, W.
457 J. **Análise química de tecido vegetal**. In: SILVA, F. C. da (Org.). Manual de análises
458 químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, DF: Embrapa Informação
459 Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. p.190-233.
- 460 OLIVEIRA, P. S. R.; DEMINICIS, B. B.; CASTAGNARA, D. D.; GOMES, F. C. N.
461 Efeito da adubação com fósforo do capim Mombaça em solos com texturas arenosa e
462 argilosa. **Archivos de zootecnia**, v.61, n.235, p. 397-406, 2012.
- 463 PORTO, E. M. V.; ALVES, D. D.; VITOR, C. M. T.; GOMES, V. M.; SILVA, M. F.;
464 SOUZA, D. A. M. S. Rendimento forrageiro da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu
465 submetida a doses crescentes de fósforo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.11, n.3,
466 p.25-34, 2012.
- 467 PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. D. A.; CANTARELLA, H.;
468 SILVA, A. G.; FREITAS, A. R. Adubação nitrogenada em capim coastcross: Efeitos na
469 extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de**
470 **Zootecnia**, v.33, n.1, p.68-78, 2004.
- 471 PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. D. A.; SILVA, A. G.;
472 CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim marandu em função de fontes e
473 doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.562-568, 2006.
- 474 REZENDE, A. V.; LIMA, J. F.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA,
475 D. A.; CARVALHO, M.; ÁVILA, B. L. Características morfofisiológicas da *Brachiaria*
476 *brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Agrarian**, v.4, n.14, p.335-
477 343, 2011.
- 478 RODRIGUES, R. C.; LIMA, D. O. S.; CABRAL, L. S.; PLESE, L. P. M.;
479 SCARAMUZZA, W. L. M. P.; UTSONOMYA, T. C. A.; SIQUEIRA, J. C.; JESUS, A.
480 P. R. Produção e morfofisiológica do capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés sob doses

- 481 de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, n.1,
482 p.124-131, 2012.
- 483 SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ, V. H.;
484 NASCIMENTO JÚNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para
485 gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do**
486 **Solo**, v.26, n.1, p.173-182, 2002.
- 487 SANTOS, L. C.; BONOMO, P.; SILVA, V. B.; PATÊS, N. M. D. S.; SILVA, C. C. F.
488 D.; PIRES, A. J. V. Características morfogênicas de braquiárias em resposta a diferentes
489 adubações. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, n.2, p.221-226, 2009.
- 490 TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento**
491 **Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre, RS: ARTMED, 2017. 888 p.
- 492 TEIXEIRA, S. O.; TEIXEIRA, R. O.; SANTOS, V. B.; CARVALHO, M. A. C.;
493 YAMASHITA, O. M. Doses crescentes de fósforo e nitrogênio na produção de
494 *Brachiaria* híbrida cv. Mulato II. **Ceres**, v.10, n.1, 2018.

ARTIGO II**PRODUÇÃO DE FORRAGEM E EXTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM
CULTIVARES DE *Panicum maximum* SOB DOSES DE FÓSFORO NO
ESTABELECIMENTO**

1 PRODUÇÃO DE FORRAGEM E EXTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM
2 CULTIVARES DE *Panicum maximum* SOB DOSES DE FÓSFORO NO
3 ESTABELECIMENTO
4

5 **Resumo**

6 Objetivou-se avaliar o efeito de doses de fósforo (P) na extração de
7 macronutrientes e massa de forragem em cultivares de *Panicum maximum* em Neossolo
8 Quartzarênico órtico típico, na fase de estabelecimento. O delineamento experimental
9 foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2. Foram avaliadas seis cultivares
10 de *Panicum maximum*: BRS Quênia (QUE), BRS Zuri (ZUR), BRS Tamani (TAM),
11 Massai (MASS), Mombaça (MOM) e Tanzânia (TANZ) e duas doses de P, alta (72,0
12 mg dm⁻³) e baixa (6,0 mg dm⁻³), com seis repetições. O solo utilizado foi Neossolo
13 Quartzarênico órtico típico. A produção de forragem por vaso foi estimada pelo
14 somatório de dois cortes sem considerar o resíduo. A extração de cada nutriente foi
15 calculada para cada corte e a soma resultou na extração total. Os dados foram
16 submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a
17 5% de significância. Também foi realizada a análise de agrupamento hierárquico. Na
18 condição de baixa disponibilidade de P, as cultivares mais produtivas foram Mombaça e
19 BRS Zuri. Na dose alta de P, a cultivar mais produtiva foi Mombaça. A aplicação de
20 alta dose de P em relação à baixa dose de P promoveu incremento de 349% na produção
21 de forragem durante o período de estabelecimento. As maiores produções de forragem,
22 proporcionadas pela maior disponibilidade de P, refletiram em maiores extrações de
23 macronutrientes pelas cultivares, seguindo a ordem decrescente de N > K > Mg > Ca >
24 S > P.

25
26 **Palavras-chave:** absorção de nutrientes, adubação, implantação de forrageiras, massa
27 seca
28
29
30
31
32
33
34
35

36 **Introdução**

37 O Brasil possui 850 milhões de hectares, dos quais 102 milhões de hectares são
38 formados por pastagens cultivadas (IBGE, 2010). A espécie *Panicum maximum*, tem
39 grande importância na produção da pecuária nacional, com algumas cultivares
40 consagradas nos sistemas de produção que utilizam maiores níveis tecnológicos, tais
41 como o capim-mombaça.

42 A escolha das espécies e mesmo das cultivares forrageiras é o primeiro passo
43 para melhorar os sistemas de produção, e a resposta dessas plantas à aplicação de
44 nutrientes é um importante parâmetro de seleção (Garcez e Monteiro, 2016).

45 A comparação de novas cultivares com as cultivares existentes torna-se
46 relevante, já que plantas forrageiras possuem exigências diferentes em fertilidade do
47 solo (Mesquita et al., 2010). Outro fator importante conhecer é o conhecimento dos
48 mecanismos adaptativos específicos das espécies vegetais para maximizar o uso
49 eficiente dos nutrientes (Garcez e Monteiro, 2016).

50 O fósforo (P) é um dos elementos essenciais necessário para o crescimento e o
51 desenvolvimento das plantas e compõe cerca de 0,2% do peso seco de uma planta
52 (Srinivasan et al., 2018). Participa do metabolismo das plantas, como a divisão celular,
53 é um elemento constituinte das nucleoproteínas envolvidas nos processos de reprodução
54 celular. É também componente de um produto químico essencial para as reações de
55 síntese e degradação de carboidratos (Khan e Singh, 2017).

56 Os solos do Cerrado brasileiro apresentam baixa fertilidade natural, com baixos
57 valores de pH e elevados teores de Al, aliados à baixa disponibilidade de P (Oliveira et
58 al. 2004), o que dificulta o estabelecimento das forrageiras (Barros et al., 2017).

59 As recomendações de corretivos e fertilizantes, são feitas de acordo com o nível
60 de exigência da forrageira e o nível tecnológico do sistema de produção (Santos, 2010).
61 Entretanto tradicionalmente o estabelecimento de pastagens são feitos sem conhecer as
62 características químicas do solo, sem correção ou correção e adubação abaixo da média
63 recomendada.

64 Plantas forrageiras com alto potencial de produção de forragem tem alta
65 demanda de nutrientes do solo. Estudos que avaliam a resposta da produção e extração
66 de nutrientes das plantas forrageiras no estabelecimento submetidas a adubação
67 fosfatada são importantes, com base na hipótese que o P é um nutriente indispensável
68 no estabelecimento de forrageiras. O objetivo foi avaliar o efeito de doses de fósforo (P)
69 na massa de forragem e extração de macronutrientes em diferentes cultivares de
70 *Panicum maximum* em Neossolo Quartzarênico órtico típico na fase de estabelecimento.

71 **Material e Métodos**

72 ***Localização do experimento***

73 O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Gado de Corte,
74 localizada no município de Campo Grande, MS (latitude 20°45' S, longitude 54°52' O,
75 e altitude de 523 m), no período de maio a julho de 2018, com duração de 78 dias.

76 ***Solo e adubação***

77 O solo utilizado foi o Neossolo Quartzarênico órtico típico, coletado em área de
78 pastagem degradada, sem adubações de manutenção, na camada de 0-20 cm. As
79 características químicas do solo antes do início do experimento foram: pH em CaCl₂:
80 4,34; Ca: 0,19 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,12 cmol_c dm⁻³; Al: 0,40 cmol_c dm⁻³; H+Al: 3,20 cmol_c
81 dm⁻³; K: 0,03 cmol_c dm⁻³; P: 4,96 mg dm⁻³; CTC: 3,54 cmol_c dm⁻³; V: 9,60 %; M.O:
82 1,29 %.

83 Antes da semeadura o solo recebeu a aplicação de 1.716 mg dm⁻³ de calcário; 6
84 ou 72 mg dm⁻³ de fósforo (P); 68,2 mg dm⁻³ de potássio (K); 54,9 mg dm⁻³ de enxofre
85 (S); 5,5 mg dm⁻³ de zinco (Zn); 5,5 mg dm⁻³ de cobre (Cu); 1,4 mg dm⁻³ de boro (B) e
86 0,3 mg dm⁻³ de molibdênio (Mo), as fontes utilizadas foram: calcário dolomítico,
87 cloreto de potássio, enxofre elementar, sulfato de zinco, sulfato de cobre, borato de
88 sódio e molibdato de amônio, respectivamente. Após a adubação, o solo foi incubado
89 por 40 dias com umidade próxima à capacidade de campo para reação dos
90 condicionadores de solo e fertilizantes.

91 Após o período de incubação uma amostra composta de solo de cada tratamento
92 foi coletada para análise das características químicas do solo (Tabela 1).

93

94 Tabela 1. Valores médios das características químicas do solo, após o período de
95 incubação.

Trat	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺³	H+Al	K ⁺	S	T	t	K	P	MO	V	m
mg dm ⁻³	CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³					mgdm ⁻³				%			

6,00 5,52 1,13 1,10 0,00 1,55 0,20 2,42 3,97 2,42 76 9,15 1,38 61 0

72,00 5,76 1,48 1,14 0,00 1,52 0,25 2,87 4,39 2,87 97 69,69 1,45 65 0

96 pH CaCl₂; P e K Mehlich I, Ca e Mg Mehlich III, Al KCl 1M; MO; SB (soma de bases);

97 T (CTC potencial); t (CTC efetiva); V (saturação por bases); m (saturação por alumínio)

98

99 ***Delineamento e condução do experimento***

100 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 6
101 x 2, sendo seis cultivares de *Panicum maximum*: BRS Quênia (QUE), BRS Zuri (ZUR),

102 BRS Tamani (TAM), Massai (MASS), Mombaça (MOM) e Tanzânia (TANZ) e duas
103 doses de P, alta (72,0 mg dm⁻³) e baixa (6,0 mg dm⁻³), com seis repetições. A unidade
104 experimental foi constituída por um vaso, contendo 2,55 dm³ de solo.

105 A semeadura foi realizada no dia 10 de maio de 2018, com 50 sementes por
106 vaso. No 14º dia após a semeadura foi realizado o desbaste seletivo e mantidas seis
107 plantas por vaso. A irrigação foi feita sempre que necessário.

108 As adubações de nitrogênio (N) e potássio (K) foram iguais para todos os
109 tratamentos, a primeira logo após o desbaste, com 83 mg dm⁻³ de N e 31 mg dm⁻³ K, e a
110 segunda após o primeiro corte, com 111 mg dm⁻³ de N e 42 mg dm⁻³ K, na forma de
111 solução nutritiva. As fontes de N e K foram ureia e cloreto de potássio, respectivamente.

112 *Avaliações*

113 A altura de corte das plantas foi de 20 cm do solo, feitos aos 50 dias após a
114 semeadura, e o segundo 28 dias após o primeiro corte, aos 78 dias, período considerado
115 para o estabelecimento das plantas forrageiras.

116 Após os cortes, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a
117 60º C até peso constante. A produção de forragem por vaso foi considerada como sendo
118 o resultado do somatório dos dois cortes, sem considerar o resíduo.

119 Após a secagem, as amostras foram pesadas e moídas em moinho do tipo
120 Willey, com peneira de 1mm. Posteriormente as amostras foram encaminhadas ao
121 laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Gado de Corte para a determinação dos
122 teores de proteína bruta (PB). O nitrogênio (N) total foi estimado baseando-se nos
123 teores de PB pela fórmula: N (%) = PB (%) / 6,25. Utilizou-se o sistema de
124 espectroscopia de reflectância de luz próxima do infravermelho (NIRS), de acordo com
125 Marten et al. (1985).

126 As análises para determinação das concentrações de fósforo (P), potássio (K),
127 cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), foram realizadas pelo método de análise de
128 tecidos vegetais, via úmida, com solubilização nítrico perclórica de acordo com a
129 metodologia descrita por Miyazawa et al. (2009). A extração de cada nutriente foi
130 calculada para cada corte e a soma resultou na extração total. A extração dos nutrientes
131 foi calculada pela fórmula: Nutriente extraído (g vaso⁻¹) = ((massa de forragem (g vaso-
132 1) x porcentagem do nutriente) / 100)).

133 *Análise estatística*

134 Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando cabível,
135 foi realizado o teste de comparações múltiplas, Tukey a 5% de significância, utilizando-
136 se o pacote ExpDes (Ferreira et al., 2014).

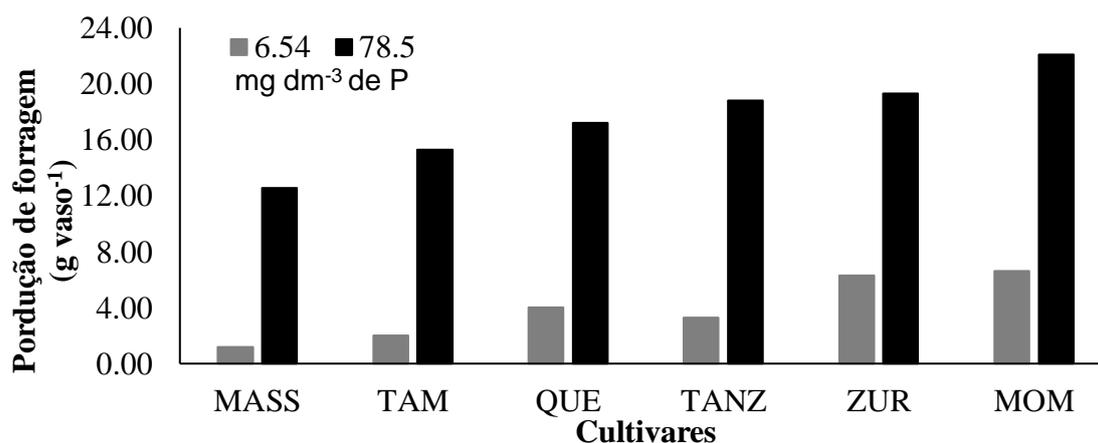
137 Adicionalmente, efetuou-se a análise de agrupamento hierárquicos, onde foram
 138 testados os métodos de Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean
 139 (UPGMA), Ward, ligação simples e ligação completa. O dendograma foi gerado pelo
 140 método que obteve a maior correlação da matriz cofenética com a matriz de
 141 dissimilaridade, sendo selecionado o método de UPGMA, como medida de
 142 dissimilaridade, utilizando-se a distância euclidiana média. Todas as análises foram
 143 feitas com auxílio do Programa R versão 3.6.1 (R Development Core Team, 2019).

144

145 Resultados

146 *Produção de Forragem*

147 Houve interação entre cultivares e doses de P para a produção de forragem
 148 ($p < 0,001$). As cultivares de *Panicum maximum* apresentaram produções de forragem
 149 distintas nas doses baixa ($6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P) e alta ($72,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P). Todas as
 150 cultivares aumentaram a massa de forragem quando adubadas com alta dose de P em
 151 relação a dose baixa (Figura 1).



152

153 Figura 1. Produção de forragem (g vaso^{-1}) das cultivares de *Panicum maximum* em
 154 função de duas doses de P. QUE: BRS Quênia, ZUR: BRS Zuri, TAM: BRS Tamani,
 155 MASS: Massai, MOM: Mombaça e TANZ: Tanzânia.

156

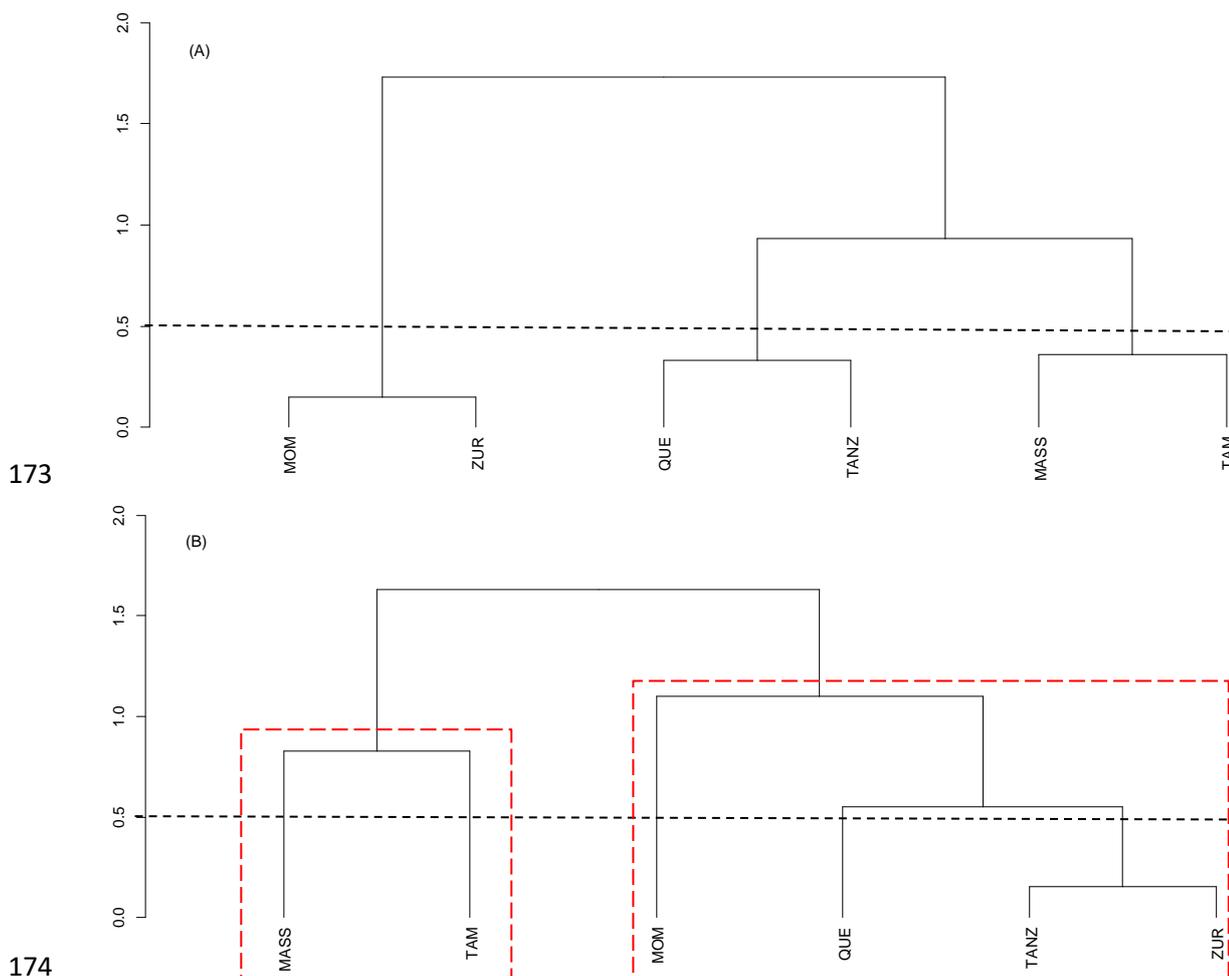
157 Baseado na interação observada na ANOVA, o dendograma resultante da análise
 158 de agrupamento para a produção de forragem, foi dividido em dois grupos distintos com
 159 baixa e alta doses de P (Figura 2A e 2B).

160

161 Na dose baixa de P, as cultivares foram divididas em três grupos (Figura 2A), o
 162 primeiro composto pelas cultivares com maiores produções de forragem MOM e ZUR
 163 ($6,63$ e $6,30 \text{ g vaso}^{-1}$ de MS, respectivamente), o segundo, com as cultivares com
 produções de forragem intermediária, QUE e TANZ ($4,02$ e $3,29 \text{ g vaso}^{-1}$ de MS,

164 respectivamente) e o terceiro, com as cultivares com as menores produções de forragem
 165 TAM e MASS (1,99 e 1,19 g vaso⁻¹ de MS, respectivamente).

166 Para a dose alta de P, foram formados dois grupos com as cultivares, um com
 167 menor produção de forragem (MASS e TAM) e o outro com maior produção de
 168 forragem (MOM, QUE, ZUR e TANZ). Dentro de cada grupo, foram formados
 169 subgrupos. Para as cultivares menos produtivas foram formados dois subgrupos, onde
 170 MASS apresentou menor massa de forragem quando comparada a TAM. Já no grupo
 171 das mais produtivas, foram formados três subgrupos, MOM com maior, QUE
 172 intermediária e TANZ e ZUR com menor massa de forragem (Figura 2B).

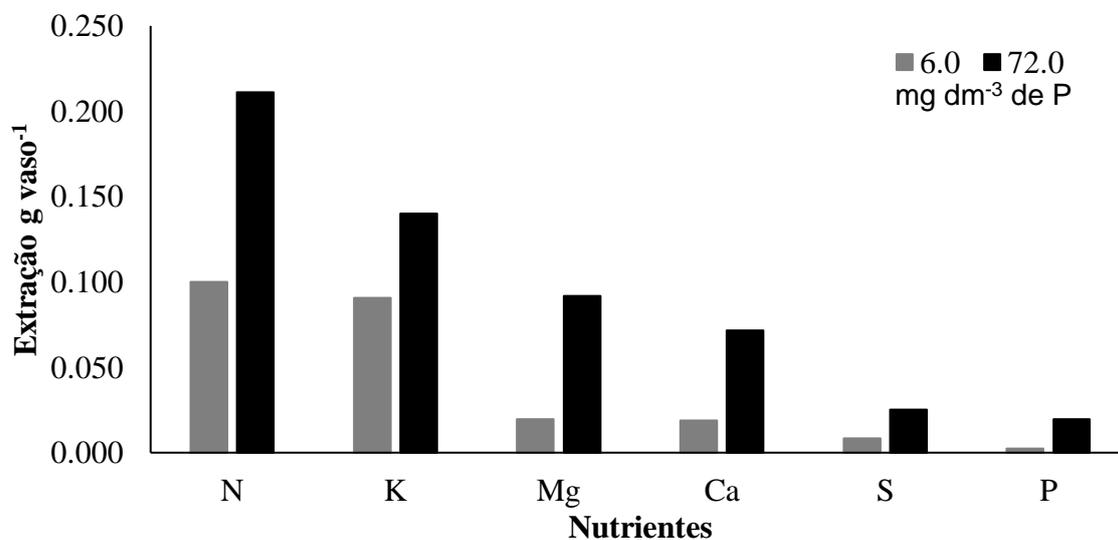


175 Figura 2. Dendrograma de agrupamento das cultivares de *Panicum maximum* em função
 176 da produção de forragem (g vaso⁻¹) com baixa (6,0 mg dm⁻³; A) e alta (72,0 mg dm⁻³; B)
 177 disponibilidade de P de acordo com o método UPGMA. QUE: BRS Quênia, ZUR: BRS
 178 Zuri, TAM: BRS Tamani, MASS: Massai, MOM: Mombaça e TANZ: Tanzânia.

179

180 **Extração de nutrientes**

181 As maiores extrações de P, N, K, Ca, Mg e S foram observadas com a dose alta
182 de P no solo (Tabela 1 e 2). A ordem de extrações dos macronutrientes pelas forrageiras
183 foram, $N > K > Mg > Ca > S > P$ (Figura 3).



184

185 Figura 3. Ordem de extração de nutrientes (g vaso^{-1}) de cultivares de *Panicum maximum*
186 em função de duas doses de P.

187

188 Numericamente as concentrações de N, K, Ca e S, são maiores na dose de 6,0
189 mg dm^{-3} de P. Para P e Mg as maiores concentrações são observadas na dose de 72,0
190 mg dm^{-3} de P (Tabela 2).

191

192

193 Tabela 2. Concentrações de P, N, K, Ca, Mg e S (g kg^{-1}) de diferentes cultivares de *Panicum maximum* em função de duas doses de P.

Doses de P (mg dm^{-3})	Cultivares						Média
	MASS	TAM	TANZ	QUE	ZUR	MOM	
			P (g kg^{-1})				
6,0	0,70	0,66	0,71	0,67	0,64	0,65	0,67
72,0	1,04	1,06	1,07	1,19	1,18	1,10	1,11
			N (g kg^{-1})				
6,0	28,01	28,51	25,53	26,82	24,45	24,72	26,34
72,0	15,27	14,07	12,34	11,34	9,76	11,09	12,31
			K (g kg^{-1})				
6,0	23,06	25,78	23,98	25,78	22,18	21,43	23,70
72,0	8,89	10,24	7,88	7,77	6,57	7,47	8,14
			Ca (g kg^{-1})				
6,0	5,71	4,23	4,36	4,47	4,96	5,15	4,81
72,0	4,59	3,75	4,01	3,76	4,71	3,82	4,11
			Mg (g kg^{-1})				
6,0	5,69	3,72	4,25	4,63	5,61	5,37	4,88
72,0	5,40	4,92	5,45	4,90	5,56	5,12	5,23
			S (g kg^{-1})				
6,0	2,38	2,44	2,07	2,25	2,03	2,11	2,21
72,0	1,55	1,48	1,61	1,43	1,31	1,32	1,45

194 P: fósforo, N: nitrogênio, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio e S: enxofre. MASS: Massai, TAM: BRS Tamani, TANZ: Tanzânia,

195 QUE: BRS Quênia, ZUR: BRS Zuri, MOM: Mombaça.

196 Houve interação entre cultivares e doses de P para a extração de fósforo (P),
197 nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e para a relação
198 P, N, K, Ca, Mg e S extraído (g)/ g de MS de forragem($p < 0,001$) (Tabela 3 e 4).

199 Para a extração de nutrientes, todas as cultivares extraíram mais P, N, K, Ca, Mg
200 e S na dose alta de P quando comparada a dose baixa de P (Tabela 3 e 4).

201 Com relação a eficiência no uso dos nutrientes, todas as cultivares na dose alta
202 de P demandaram mais P, Ca e Mg para produzirem 1g de MS quando comparada a
203 dose baixa de P, com exceção para as cultivares MASS e MOM, que demandaram
204 menos Mg, na dose alta de P (Tabela 3 e 4). Para o N, K e S, todas as forrageiras na
205 dose alta de P demandaram menos para produzirem 1g de MS em relação a dose baixa
206 de P (Tabela 3).

207 Para a extração de P, na dose baixa de P, as maiores extrações foram observadas
208 nas cultivares MOM e ZUR, extrações intermediárias para QUE e TANZ, as menores
209 extrações em MASS e TAM. Já na dose alta de P, a maior extração de P foi observada
210 na cultivar MOM e menor extração no MASS (Tabela 3). Para esse elemento, a ordem
211 crescente de eficiência de utilização na dose baixa de P foi: ZUR > MOM > TAM >
212 QUE > MASS > TANZ. Já na dose alta de P, a ordem de classificação das cultivares foi:
213 MASS > TAM > TANZ > MOM > ZUR > QUE (Tabela 3).

214 Com relação à extração de N, na dose baixa de P, os maiores valores foram
215 observados nas cultivares MOM e ZUR e a menor extração, no MASS. Na dose alta de
216 P, a maior extração de P foi observada no MOM e a menor extração no ZUR (Tabela 3).
217 A ordem crescente de eficiência de utilização de N na dose baixa de P foi: ZUR >
218 MOM > TANZ > QUE > MASS > TAM. Na dose alta de P, a ordem de classificação das
219 cultivares foi: ZUR > MOM > QUE > TANZ > TAM > MASS (Tabela 3).

220 Para o K, a cultivar que mais extraiu, nas doses baixa e alta de P foi MOM, a que
221 menos extraiu foi MASS. A ordem crescente de eficiência de utilização do K na dose
222 baixa de P foi: MOM > ZUR > MASS > TANZ > TAM > QUE. Na dose alta de P, a
223 ordem de classificação das cultivares foi: ZUR > MOM > TAZ = QUE > MASS >
224 TAM (Tabela 3).

225 As cultivares que mais extraíram Ca na dose baixa de P foram MOM e ZUR, a
226 menor extração foi observada na MASS. Na dose alta de P, a maior extração foi
227 observada na cultivar ZUR e a menor, nas cultivares MASS, TAM e QUE (Tabela 4). A
228 eficiência no uso do Ca para se produzir 1g de MS, foram classificadas na seguinte
229 ordem: dose baixa de P: TAM > TANZ > QUE > ZUR > MOM > MASS; dose alta de
230 P: TAM > QUE = MOM > TANZ > MASS > ZUR (Tabela 4).

231 As maiores extrações de Mg na dose baixa de P foram nas cultivares MOM e
232 ZUR, as menores na MASS. Na dose alta de P, as maiores extrações foram observadas
233 nas cultivares MOM, ZUR e TANZ e a menor na MASS (Tabela 4). A ordem crescente
234 de eficiência de utilização do Mg foi: dose baixa de P: TAM > TANZ > QUE > MOM >
235 ZUR > MASS; dose alta de P: TAM = QUE > MOM > MASS > TANZ > ZURI
236 (Tabela 4).

237 A maior extração de S foi observada na cultivar MOM e as menores nas
238 cultivares MASS e TAM quando foi utilizada a dose baixa de P. Na dose alta de P, a
239 maior extração foi observada na cultivar TANZ e a menor na MASS (Tabela 4). A
240 ordem crescente de eficiência de utilização do S foi: dose baixa de P: ZUR > TANZ >
241 MOM > QUE > MASS > TAM; dose alta de P: ZUR > MOM > QUE > TAM > MASS
242 > TANZ (Tabela 4).

243 Tabela 3. Extração de fósforo, nitrogênio e potássio (g vaso⁻¹) e relação fósforo, nitrogênio e potássio extraído (g)/ g de MS de forragem
 244 das cultivares de *Panicum maximum* em função de duas doses de P.

Doses de P (mg dm ⁻³)	Cultivares						CV (%)	Valor - <i>p</i>
	MASS	TAM	TANZ	QUE	ZUR	MOM		
-----P extraído (g vaso ⁻¹)-----								
6,0	0,0008 ^{Bb}	0,0014 ^{Bb}	0,0023 ^{ABb}	0,0027 ^{ABb}	0,0040 ^{Ab}	0,0043 ^{Ab}	11,5	<0,001
72,0	0,0130 ^{Ea}	0,0162 ^{Da}	0,0201 ^{Ca}	0,0206 ^{BCa}	0,0227 ^{ABa}	0,0244 ^{Aa}		
-----Relação P extraído (g)/ g de MS produzido-----								
6,0	0,00070 ^{Bb}	0,00066 ^{Db}	0,00071 ^{Ab}	0,00067 ^{Cb}	0,00064 ^{Fb}	0,00065 ^{Eb}	1,00	<0,001
72,0	0,00104 ^{Fa}	0,00106 ^{Ea}	0,00107 ^{Da}	0,00119 ^{Aa}	0,00118 ^{Ba}	0,00110 ^{Ca}		
-----N extraído (g vaso ⁻¹)-----								
6,0	0,0334 ^{Db}	0,0566 ^{CDb}	0,0841 ^{BCb}	0,1079 ^{Bb}	0,1541 ^{Ab}	0,1639 ^{Ab}	16,44	<0,001
72,0	0,1918 ^{BCa}	0,2153 ^{ABCa}	0,2319 ^{ABa}	0,1951 ^{BCa}	0,1885 ^{Ca}	0,2450 ^{Aa}		
-----Relação N extraído (g)/ g de MS produzido-----								
6,0	0,0280 ^{Ba}	0,0285 ^{Aa}	0,0255 ^{Da}	0,0268 ^{Ca}	0,0245 ^{Fa}	0,0247 ^{Ea}	1,00	<0,001
72,0	0,0153 ^{Ab}	0,0141 ^{Bb}	0,0123 ^{Cb}	0,0113 ^{Db}	0,0098 ^{Fb}	0,0111 ^{Eb}		
-----K extraído (g vaso ⁻¹)-----								
6,0	0,0275 ^{Eb}	0,0512 ^{DEb}	0,0789 ^{CDb}	0,1037 ^{BCb}	0,1398 ^{ABa}	0,1421 ^{Aa}	19,3	<0,001
72,0	0,1117 ^{Ca}	0,1568 ^{ABa}	0,1474 ^{ABCa}	0,1337 ^{ABCa}	0,1268 ^{BCa}	0,1649 ^{Aa}		
-----Relação K extraído (g)/ g de MS produzido-----								
6,0	0,0231 ^{Ca}	0,0258 ^{Aa}	0,0240 ^{Ba}	0,0258 ^{Aa}	0,0222 ^{Da}	0,0214 ^{Ea}	1,00	<0,001
72,0	0,0089 ^{Bb}	0,0102 ^{Ab}	0,0078 ^{Cb}	0,0078 ^{Cb}	0,0066 ^{Eb}	0,0075 ^{Db}		

245 Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%. CV (%): coeficiente de
 246 variação. Valor - *p*: probabilidade de efeito significativo. P: fósforo, N: nitrogênio e K: potássio. QUE: BRS Quênia, ZUR: BRS Zuri, TAM: BRS
 247 Tamani, MASS: Massai, MOM: Mombaça e TANZ: Tanzânia.

248

249 Tabela 4. Extração de cálcio, magnésio e enxofre (g vaso^{-1}) e relação cálcio, magnésio e enxofre extraído (g)/ g de MS de forragem das cultivares de
 250 *Panicum maximum* em função de duas doses de P.

Doses de P (mg dm^{-3})	Cultivares						CV (%)	Valor - <i>p</i>
	MASS	TAM	TANZ	QUE	ZUR	MOM		
-----Ca extraído (g vaso^{-1})-----								
6,0	0,0068 ^{Cb}	0,0084 ^{BCb}	0,0143 ^{BCb}	0,0180 ^{Bb}	0,0312 ^{Ab}	0,0342 ^{Ab}	13,0	0,015
72,0	0,0576 ^{Ca}	0,0573 ^{Ca}	0,0753 ^{Ba}	0,0647 ^{Ca}	0,0910 ^{Aa}	0,0843 ^{ABa}		
-----Relação Ca extraído (g)/ g de MS produzido-----								
6,0	0,0057 ^{Aa}	0,0042 ^{Fa}	0,0044 ^{Ea}	0,0045 ^{Da}	0,0050 ^{Ca}	0,0052 ^{Ba}	1,00	<0,001
72,0	0,0046 ^{Bb}	0,0037 ^{Eb}	0,0040 ^{Cb}	0,0038 ^{Db}	0,0047 ^{Ab}	0,0038 ^{Db}		
-----Mg extraído (g vaso^{-1})-----								
6,0	0,0069 ^{Cb}	0,0074 ^{BCb}	0,0140 ^{BCb}	0,0186 ^{Bb}	0,0354 ^{Ab}	0,0356 ^{Ab}	12,2	<0,001
72,0	0,0679 ^{Ca}	0,0753 ^{BCa}	0,1025 ^{Aa}	0,0843 ^{Ba}	0,1074 ^{Aa}	0,1130 ^{Aa}		
-----Relação Mg extraído (g)/ g de MS produzido-----								
6,0	0,0057 ^{Aa}	0,0037 ^{Fb}	0,0043 ^{Eb}	0,0046 ^{Db}	0,0056 ^{Ba}	0,0054 ^{Ca}	1,00	<0,001
72,0	0,0054 ^{Cb}	0,0049 ^{Ea}	0,0055 ^{Ba}	0,0049 ^{Ea}	0,0056 ^{Aa}	0,0051 ^{Db}		
-----S extraído (g vaso^{-1})-----								
6,0	0,0028 ^{Db}	0,0048 ^{Db}	0,0068 ^{CDb}	0,0090 ^{BCb}	0,0128 ^{ABb}	0,0140 ^{Ab}	14,05	<0,001
72,0	0,0195 ^{Da}	0,0227 ^{CDa}	0,0303 ^{Aa}	0,0246 ^{Ca}	0,0254 ^{BCa}	0,0292 ^{ABa}		
-----Relação S extraído (g)/ g de MS produzido-----								
6,0	0,00238 ^{Ba}	0,00244 ^{Aa}	0,00207 ^{Ea}	0,00225 ^{Ca}	0,00203 ^{Fa}	0,00211 ^{Da}	1,00	<0,001
72,0	0,00155 ^{Bb}	0,00148 ^{Cb}	0,00161 ^{Ab}	0,00143 ^{Db}	0,00131 ^{Fb}	0,00132 ^{Eb}		

251 Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%. CV (%): coeficiente de
 252 variação. Valor - *p*: probabilidade de efeito significativo. P: fósforo, N: nitrogênio e K: potássio. QUE: BRS Quênia, ZUR: BRS Zuri, TAM: BRS
 253 Tamani, MASS: Massai, MOM: Mombaça e TANZ: Tanzânia.

254 Discussão

255 A aplicação de $72,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P, de modo geral, incrementou a produção de
256 forragem e aumentou a extração de nutrientes em todas as cultivares avaliadas (Figura 1
257 e 3; Tabela 3 e 4).

258 O incremento no crescimento das forrageiras promovido pelo fósforo se dá em
259 função da sua importância no metabolismo das plantas, mesmo sendo o macronutriente
260 menos extraído pelas forrageiras (Figura 3).

261 O P desempenha papel importante por ser componente integral de compostos nas
262 células vegetais, incluindo os açúcares fosfato, intermediários da respiração e da
263 fotossíntese, bem como os fosfolipídeos que compõem as membranas vegetais. Além de
264 componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como
265 ATP) e no DNA e no RNA (Taiz et al., 2017).

266 Além do papel fisiológico do P, o aumento na produção de forragem está ligado
267 as respostas das características estruturais e morfogênicas das plantas forrageiras como
268 a altura (Politi e Prado, 2009; Rezende et al., 2011; Bonfim-Silva et al., 2014; Carneiro
269 et al., 2017), o número de perfilhos (Berlamino et al. 2003; Cecato et al., 2008; Politi e
270 Prado, 2009; Rezende et al., 2011; Porto et al., 2012; Oliveira et al., 2012; Carneiro et
271 al., 2017), o número de folhas (Cecato et al., 2008; Politi e Prado, 2009; Bonfim-Silva
272 et al., 2014) e a área foliar (Politi e Prado, 2009).

273 No solo que recebeu baixa dose de P ($6,54 \text{ mg dm}^{-3}$), as menores produções de
274 forragem foram observadas nas cultivares MASS e TAM. As cultivares mais
275 responsivas a essa dose de P foram a MOM e ZUR, com 306% mais forragem
276 produzida quando comparadas às cultivares menos responsivas (Figura 1 e 3).

277 No ambiente com alta disponibilidade de P, ($78,5 \text{ mg dm}^{-3}$) a menor produção de
278 forragem foi observada na cultivar MASS, a maior na cultivar MOM, sendo essa 76%
279 maior que na MASS. Na comparação entre as doses de P, a dose alta promoveu
280 incremento de 349% na produção de forragem (Figura 1 e 3).

281 Os efeitos benéficos do fósforo na produção de forragem foram observados por
282 Berlamino et al. (2003) e Politi e Prado (2009) em capim-tanzânia, Oliveira et al. (2012)
283 e Carneiro et al. (2017) em capim-mombaça.

284 Na dose alta de P, a cultivar mais produtiva foi a MOM, que extraiu 87,7; 30 e
285 30% mais N, P e K, respectivamente, em relação às cultivares que menos extraíram
286 ZUR (N) e MSS (P e K), sendo MASS a menos produtiva (Tabela 3, Figura 2B). As
287 maiores produções de forragem refletem em maiores extrações de nutrientes. Costa et
288 al. (2008), Costa et al. (2009) e Costa et al. (2010), também observaram que maiores

289 produções de forragem refletem em aumento na extração de nutrientes. A maior
290 produção pode ocorrer em decorrência da maior disponibilidade de nutrientes no solo ou
291 característica da cultivar.

292 Mesmo N e K estando em menores concentrações na dose de 72,0 mg dm⁻³, foi
293 observado as maiores extrações (Tabela 2 e 3), mostrando que tem-se um efeito
294 compensatório pelo produção de forragem.

295 As cultivares que mais produziram na dose baixa de P, foram também as mais
296 produtivas na dose alta de P, apresentaram maiores extrações e foram as mais eficientes,
297 porém em solo com baixa fertilidade, essa maior produção e extração pode levar o solo
298 à exaustão mais rápido que cultivares menos produtivas. Assim, pastos formados com
299 essas cultivares em solos com baixa fertilidade podem degradar mais rapidamente. As
300 recomendações de correção do solo para o estabelecimento das forrageiras devem ser
301 seguidos, para maior estabilidade do sistema produtivo.

302 A cultivar ZUR, mesmo sendo do grupo das forrageiras mais produtivas na dose
303 alta de P, mostrou menor demanda de nitrogênio que as demais cultivares, devido a
304 menor extração, o que refletiu em maior eficiência no uso do N, 35,9% mais eficiente
305 para produzir 1 g de MS, quando comparada a cultivar MASS que foi a menos eficiente
306 (Tabela 3, Figura 2B). O nitrogênio é constituinte de muitos componentes celulares
307 vegetais, como clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos (Taiz et al., 2017),
308 provavelmente essa cultivar possui mais eficiência na recuperação do nitrogênio perdido
309 nas reações metabólicas, assim requer menores quantidade de N.

310 Já para o Ca a cultivar ZUR apresentou 51,9% mais extração e 27% menos
311 eficiência em relação às cultivares que menos extraíram (MASS, TAM e QUE) e a mais
312 eficiente TAM, respectivamente (Tabela 4). Como o Ca possui duas funções distintas
313 nas plantas, uma estrutural/apoplástico na parede celular e o outra de sinalizador (Taiz
314 et al., 2017), possivelmente a maior demanda de Ca pela cultivar ZUR, pode ser
315 relacionada com a maior necessidade de Ca²⁺ para realizar as ligações cruzadas entre
316 pectinas, em particular na lamela média que separa células recentemente divididas (Taiz
317 et al., 2017).

318 As plantas mais produtivas tanto na dose baixa quanto na alta foram as que mais
319 extraíram Mg, a faixa de extração desse nutriente variou entre 5,1 a 5,6 g kg⁻¹, valores
320 esses acima dos encontrados por Primavesi et al. (2006), para *Brachiaria brizantha* cv.
321 Marandu, em média 3,95 g kg⁻¹ de Mg. Tal diferença pode ser atribuída ao fato das
322 forrageiras do gênero *Panicum* serem mais exigentes que as forrageiras do gênero
323 *Brachiaria* (Martha Junior et al., 2007).

324 Para o S, essa diferença foi observada na dose baixa de P, em média 2,2 g kg⁻¹
325 de S, valores maiores aos observados por Primavesi et al. (2006) de 1,45 g kg⁻¹ de S,
326 porém, na dose alta de P, a quantidade de S (1,45 g kg⁻¹) foram semelhantes aos
327 observados por esses autores. As menores concentrações de S na dose baixa de P pode
328 estar ligada à produção de forragem. Em altas doses de P observam-se maiores
329 produções de forragem, o que pode ocasionar um efeito de diluição do nutriente.

330 Segundo Monteiro et al. (2004), para o S, o que deve ser considerado no tecido
331 vegetal é a relação N:S. A relação N:S para gramíneas recomendada por Jones e Watson
332 (1991) é de 10:1. Scott et al. (1983) relatam que relação de N:S acima de 14:1 indica
333 deficiência de S. Nesse estudo a relação N:S variou de 8,5:1 a 12:1, para dose alta e
334 baixa de P, respectivamente. A importância dessa relação N:S, é devido tanto o N
335 quanto o S desempenharem funções como componentes estruturais de proteínas e
336 enzima (Costa et al., 2008).

337

338 **Conclusão**

339 A adubação fosfatada exerce efeito positivo na produção de forragem de
340 cultiars de *Panicum maximum*. As cvs. Mombaça e BRS Zuri apresentaram-se mais
341 produtivas para cultivo em solos com baixa disponibilidade de P. A cv. Mombaça é a
342 mais responsiva e extrai mais N, P e K, em Neossolo Quartzarênico com alta
343 disponibilidade de P.

344

345 **Referências**

346 BARROS, A. C. C. D.; ALMEIDA, J. C. D. C.; CAMARGO FILHO, S. T.;
347 CARVALHO, C. A. B. D.; CAMPANA, L. L.; MORAIS, L. F. D. Root dry matter
348 mass and distribution of Florico grass under different grazing strategies. **Pesquisa**
349 **Agropecuária Brasileira**, v.52, n.12, p.1276-1285, 2017.

350 BELARMINO, M. C. J.; PINTO, J. C.; ROCHA, G. P.; NETO, A. E. F.; DE MORAIS,
351 A. R. Altura de perfilho e rendimento de matéria seca de capim Tanzânia em função de
352 diferentes doses de superfosfato simples e sulfato de amônio. **Ciência e**
353 **agrotecnologia**, v.27, n.4, p.879-885, 2003.

354 BONFIM-SILVA, E. M.; GUIMARÃES, S. L.; NASCIMENTO FARIAS, L.;
355 OLIVEIRA, J. R.; BOSA, C. K.; FONTENELLI, J. V. Adubação fosfatada no
356 desenvolvimento e produção de feijão guandu em latossolo vermelho do cerrado em
357 primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, v.30, n.5, 2014.

- 358 CARNEIRO, J. S. S.; SILVA, P. S. S.; SANTOS, A. C. M.; FREITAS, G. A.; SILVA,
359 R. R. Resposta do capim Mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação
360 de formação. **JOURNAL OF BIOENERGY AND FOOD SCIENCE**, v. 4, p. 12-25,
361 2017.
- 362 CECATO, U.; SKROBOT, V.D; FAKIR, G.R.; BRANCO, A.F.; GALBEIRO, S.;
363 GOMES, J.A.N. Perfilhamento e características estruturais do capim Mombaça,
364 adubado com fontes de fósforo, em pastejo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.30,
365 n.1, p.1-7, 2008.
- 366 COSTA., K. A. P.; ARAUJO., J. L.; FAQUIN., V.; OLIVEIRA., I. P.; FIGUEIREDO.,
367 F. C.; GOMES., K. W. Extração de macronutrientes pela fitomassa do capim-xaraés"
368 xaraés" em função de doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1162-
369 1166, 2008.
- 370 COSTA, K. A. D. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. D.; SEVERIANO, E. D. C.;
371 SIMON, G. A.; CARRIJO, M. S. Extração de nutrientes pela fitomassa do capim-
372 marandu sob doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção**
373 **Animal**, v.10, n.4, 2009.
- 374 COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; SAMPAIO, F. M. T.;
375 CARRIJO, M. S.; RODRIGUES, C. R. EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES PELA
376 FITOMASSA DE CULTIVARES DE *Brachiaria brizantha* SOB DOSES DE
377 NITROGÊNIO. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.2, p.307-314, 2010.
- 378 FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes: an R Package**
379 **for ANOVA and experimental designs**. Appl. Math. 5: 2952–2958, 2014.
- 380 GARCEZ, T. B.; MONTEIRO, F. A. Nitrogen use of *Panicum* and *Brachiaria* cultivars
381 vary with nitrogen supply: II Nitrogen use efficiency rankings and partition. **Australian**
382 **Journal of Crop Science**, v.10, n.5, p.622, 2016.
- 383 IBGE (2010) **Sustainable development indicators**. In: Forte LPS (ed.) Brazilian
384 Institute of Geography and Statistics, Brasília, 2012.
- 385 JONES, W. F.; WATSON, V. H. Response of hybrid bermudagrass to sulfur
386 application. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.22,
387 p.505-515, 1991.

- 388 KHAN, W.; SINGH, V. Response of phosphorus application on yield, quality and
389 economics of sweet corn (*Zea mays* L. Saccharata) varieties. **Journal of**
390 **Pharmacognosy and phytochemistry**, v.6, n.5, p.2205-2208, 2017.
- 391 MARTEN, G. C.; SHENK, J. S.; BARTON, F. E. **Near infrared reflectance**
392 **spectroscopy (NIRS), analysis of forage quality**. Washington: USDA; ARS, 1985.
393 110 p. (Agriculture Handbook, 643).
- 394 MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. Cerrado: uso eficiente de
395 corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007.p.224.
- 396 MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; RABELLO DE OLIVEIRA, P. S.; MESQUITA, L.
397 P.; SCHNEIDER, F.; TEODORO JÚNIOR, J. R. Teores críticos de fósforo no solo e
398 características morfogênicas de *Panicum maximum* cultivares Tanzânia e Mombaça e
399 Brachiaria híbrida Mulato sob aplicação de fósforo. **Revista Brasileira de Saúde e**
400 **Produção Animal**, v.11, n.2, p.292-302, 2010.
- 401 MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELO, W.
402 J. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. da (Org.). Manual de análises
403 químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, DF: Embrapa Informação
404 Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. p.190-233.
- 405 MONTEIRO, F. A.; COLOZZA, M. T.; WERNER, J. C. Enxofre e micronutrientes em
406 pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba.
407 **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 279-301.
- 408 OLIVEIRA, R. A.; FREITAS, W. S.; GALVÃO, J. C. C.; PINTO, F. A.; CECON, P. R.
409 Efeito da aplicação de águas residuais de suinocultura nas características nutricionais do
410 milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.3, p.357-369, 2004.
- 411 OLIVEIRA, P. S. R.; DEMINICIS, B. B.; CASTAGNARA, D. D.; GOMES, F. C. N.
412 Efeito da adubação com fósforo do capim Mombaça em solos com texturas arenosa e
413 argilosa. **Archivos de zootecnia**, v.61, n.235, p. 397-406, 2012.
- 414 PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. D. A.; SILVA, A. G.;
415 CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim marandu em função de fontes e
416 doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.562-568, 2006.

- 417 POLITI, L. S.; PRADO, R. M. FÓSFORO NA NUTRIÇÃO E NA PRODUÇÃO DE
418 MASSA SECA DO CAPIM-TÂNZANIA. **Revista da FZVA**, v.16, n.1, 2009.
- 419 R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R
420 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019.
- 421 REZENDE, A. V.; LIMA, J. F.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA,
422 D. A.; CARVALHO, M.; ÁVILA, B. L. Características morfofisiológicas da *Brachiaria*
423 *brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Agrarian**, v.4, n.14, p.335-
424 343, 2011.
- 425 SCOTT, N. M.; WATSON, M. E.; CALDWELL, K. S. Response of grassland to the
426 application of sulphur at two sites in north-east Scotland. **Journal of the Science of**
427 **Food and Agriculture**, Edinburgh, v.34, p.357-361, 1983.
- 428 SRINIVASAN, R.; KANTWA, S. R.; SHARMA, K. K.; CHAUDHARY, M.;
429 PRASAD, M.; RADHAKRISHNA, A. Development and evaluation of phosphate
430 solubilising microbial inoculants for fodder production in problem soils. **Range**
431 **Management and Agroforestry**, v.39, n.1, p.77-86, 2018.
- 432 TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento**
433 **Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre, RS: ARTMED, 2017. 888 p.