



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA  
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

MÁRCIO GLEYBSON DA SILVA BEZERRA

**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES DO CAPIM-MARANDU E RESPOSTA  
ÀS ADUBAÇÕES NITROGENADA E FOSFATADA**

MOSSORÓ

2019

MÁRCIO GLEYBSON DA SILVA BEZERRA

**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES DO CAPIM-MARANDU E RESPOSTA  
ÀS ADUBAÇÕES NITROGENADA E FOSFATADA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Manejo de Solo e Água da Universidade Federal  
Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção  
do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Fertilidade do Solo e Adubação

Nome do Orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique  
Tavares de Oliveira

MOSSORÓ

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

BB574 Bezerra, Márcio Gleybson da Silva .  
c Crescimento e acúmulo de nutrientes do capim-  
marandu e resposta às adubações nitrogenada e  
fosfatada / Márcio Gleybson da Silva Bezerra. -  
2019.  
61 f. : il.

Orientador: Fábio Henrique Tavares de  
Oliveira.  
Coorientador: Gualter Guenther Costa da Silva.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural  
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Manejo de Solo e Água, 2019.

1. Brachiaria brizantha. 2. marcha de absorção.  
3. extração nutrientes. 4. acúmulo de biomassa. 5.  
proteína bruta. I. Oliveira, Fábio Henrique  
Tavares de , orient. II. Silva, Gualter Guenther  
Costa da , co-orient. III. Título.

MÁRCIO GLEYBSON DA SILVA BEZERRA

**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES DO CAPIM-MARANDU E RESPOSTA  
ÀS ADUBAÇÕES NITROGENADA E FOSFATADA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Manejo de Solo e Água da Universidade Federal  
Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção  
do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

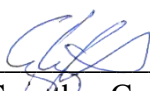
Linha de Pesquisa: Fertilidade do Solo e Adubação

Defendida em: 23/08/2019.

**BANCA EXAMINADORA**



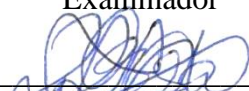
Prof. Dr. Fábio Henrique Tavares de Oliveira (UFERSA)  
Orientador



Prof. Dr. Gualter Guenther Costa da Silva (UFRN)  
Coorientador



Prof. Dr. Leilson Costa Grangeiro (UFERSA)  
Examinador



Profª. Drª. Welka Preston Leite Batista da Costa Alves (UERN)  
Examinador



Dr. Francisco Vanies da Silva Sá (PNPD/CAPES/UFERSA)  
Examinador

## AGRADECIMENTOS

A Deus pai abençoado que me protege diariamente de espada em punho.

A minha família pelo apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador Professor Fábio Henrique Tavares de Oliveira, pelos ensinamentos valorosos, dedicação e por me ajudar no meu crescimento profissional e pessoal.

Aos professores Gualter Guenther Costa da Silva e Ermelinda Maria Mota de Oliveira, pelos ensinamentos, apoio e confiança depositados em minha pessoa.

Ao professor Emerson Moreira de Aguiar pelo aprendizado e por disponibilizar o laboratório de nutrição animal em todos os momentos que precisei.

Aos professores Gelson dos Santos Difante e João Virgínio Emerenciano Neto, pelos ensinamentos e por disponibilizar a área de pastagem para realizar o experimento.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água (PPMGSA) e todos os seus professores.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante o período do doutorado.

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e a Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), por disponibilizar toda sua estrutura durante a condução do experimento no campo.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) e sua equipe técnica qualificada, por disponibilizar seus Laboratórios para a realização das análises químicas.

A todos do Grupo de Estudo em Solos (GESOLO – UFRN), em especial Éric, Jucier, Luiz Eduardo, Rafael, Chicão, Giovana, Irmão e Cirley pela ajuda imprescindível na condução do experimento.

A todos os colegas do PPGMSA da turma de 2015, pelo apoio e pela amizade construída.

A Francisco Vanies da Silva Sá e Débora de Melo Almeida pela ajuda incondicional em todos os momentos que precisei.

## RESUMO GERAL

BEZERRA, M. G. S. Crescimento e acúmulo de nutrientes do capim-marandu e resposta às adubações nitrogenada e fosfatada. 2019. 61f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

As pastagens apresentam elevada importância socioeconômica, visto que constituem a base de sustentação da pecuária brasileira, representando a principal fonte de alimentação dos ruminantes. Dentre as gramíneas forrageiras cultivadas destaca-se o capim-marandu, ocupando cerca de 60 milhões de hectares. Ao ser manejado adequadamente, apresenta produtividade elevada e grande resposta à adubação. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de matéria seca e de nutrientes pelo capim-marandu e resposta às adubações nitrogenada e fosfatada. Os experimentos foram conduzidos em um Neossolo Quartzarênico no município de Macaíba-RN. O acúmulo de matéria seca e nutrientes foi avaliado durante o período de janeiro a agosto de 2017, correspondendo aos dois primeiros ciclos de produção da cultura. No primeiro ciclo de produção, as plantas foram coletadas aos 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a semeadura. No segundo ciclo, as amostras de plantas foram coletadas aos 30, 40, 50, 60, 70 e 80 dias após o primeiro corte. Em ambos os ciclos de produção foi avaliada a altura e o acúmulo de matéria seca e de macronutrientes na parte aérea. A resposta do capim-marandu a doses de N e P foi avaliada no período de janeiro 2017 a janeiro de 2018. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 11 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de 5 doses de nitrogênio (0, 400, 800, 1200 e 1600 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N) e 5 doses de fósforo (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), mais um tratamento testemunha sem a aplicação de N e nem de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. As variáveis avaliadas em seis cortes foram altura das plantas, relação folha/colmo, teor de N e de P na folha diagnóstica, teor de proteína bruta, produção de matéria seca e N e P acumulado na planta. No primeiro e segundo ciclo de produção, o acúmulo de matéria seca aumentou durante todo o ciclo da planta, principalmente a partir da segunda metade do ciclo. De modo geral, o acúmulo de macronutrientes seguiu o acúmulo de matéria seca. Em ambos os ciclos de produção do capim-marandu, por ocasião da colheita das plantas, a ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas foi K > N > Mg > Ca > P > S. O crescimento da planta e a produtividade de forragem do capim-marandu aumentou em função do aumento das doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A qualidade da forragem aumentou com o aumento das doses de N, mas não foi influenciada pela adubação fosfatada. A estimativa da dose anual de N recomendada para a produtividade de capim-marandu, equivalente a 90% da máxima produtividade obtida, foi de 860 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto para P esse valor foi estimado em 100 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Palavras-chave:** *Brachiaria brizantha*, marcha de absorção, extração nutrientes, acúmulo de biomassa, proteína bruta

## ABSTRACT

BEZERRA, M. G. S. Growth and Nutrient accumulation of marandu grass and response to nitrogen and phosphate fertilization. 2019. 61f. Thesis (Doctor of Science in Manejo de Solo e Água), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

Pastures have high socioeconomic importance, since they constitute the base of support of Brazilian livestock, representing the main food source of ruminants. Among the forage grasses cultivated stands the Marandu grass, occupying about 60 million hectares. When properly managed, it has high productivity and high response to fertilization. Given the above, the objective of this work was to evaluate the accumulation of dry matter and nutrients by marandu grass and response to nitrogen and phosphate fertilizers. The experiments were conducted in a Quartzarenic Neossol in Macaíba-RN. Dry matter and nutrient accumulation was evaluated from January to August 2017, corresponding to the first two crop production cycles. In the first production cycle, the plants were collected at 30, 40, 50, 60, 70, 80 and 90 days after sowing. In the second cycle, plant samples were collected at 30, 40, 50, 60, 70 and 80 days after the first cut. In both production cycles, the height and accumulation of dry matter and macronutrients in the shoot were evaluated. The response of Marandu grassland to N and P doses was evaluated from January 2017 to January 2018. The experimental design was a randomized block design with 11 treatments and four replications. The treatments consisted of 5 nitrogen doses (0, 400, 800, 1200 and 1600 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> of N) and 5 doses of phosphorus (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), plus a control treatment without the application of N or P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. The variables evaluated in six sections were plant height, leaf / stem ratio, N and P content in the diagnostic sheet, crude protein content, dry matter production and accumulated N and P in the plant. In the first and second production cycle, dry matter accumulation increased throughout the plant cycle, especially from the second half of the cycle. In general, macronutrient accumulation followed dry matter accumulation. In both production cycles of marandu grass, at the time of harvesting, the decreasing order of macronutrient accumulation in the shoots was K > N > Mg > Ca > P > S. Plant growth and yield Marandu forage increased as a function of increasing N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> rates. Forage quality increased with increasing N rates, but was not influenced by phosphate fertilization. The estimated annual N dose for marandu grass yield, equivalent to 90% of the maximum yield obtained, was 860 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, while for P this value was estimated at 100 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Key-words:** *Brachiaria brizantha*, absorption gait, nutrient extraction, biomass accumulation, crude protein

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I – ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E MACRONUTRIENTES PELO CAPIM-MARANDU SOB CLIMA TROPICAL

Figura 1. Mapa de localização da área de experimentação na Escola Agrícola de Jundiáí, Macaíba-RN. ....	18
Figura 2. Variação da precipitação pluvial e das temperaturas mínimas e máximas observadas na área experimental durante a condução do experimento. ....	18
Figura 3. Marchas de crescimento avaliadas pelo acúmulo de matéria seca (A e B) e altura da planta (C e D) do capim-marandu em dois ciclos de cultivo. ....	22
Figura 4. Marchas de acúmulo de nitrogênio (A e B), fósforo (C e D) e potássio (E e F) pelo capim-marandu em dois ciclos de cultivo. ....	25
Figura 5. Marchas de acúmulo de cálcio (A), magnésio (B) e enxofre (C) pelo capim-marandu em dois ciclos de cultivo. ....	30

### CAPÍTULO II – RENDIMENTO DO CAPIM-MARANDU EM RESPOSTA ÀS ADUBAÇÕES NITROGENADA E FOSFATADA

Figura 1. Mapa de localização da área de experimentação na Escola Agrícola de Jundiáí, Macaíba-RN. ....	40
Figura 2. Variação da precipitação pluvial e das temperaturas mínimas e máximas observadas na área experimental durante a condução do experimento. ....	40
Figura 3. Médias de altura da planta (a), relação folha/colmo (b), teor de fósforo na folha diagnóstica da planta (c), teor de proteína bruta na parte aérea da planta (1d), matéria seca da parte aérea da planta (1e) e fósforo acumulado na parte aérea da planta (1f) do capim-marandu em função de doses de nitrogênio aplicadas ao solo. ....	44
Figura 4. Médias de altura da planta (a), relação folha/colmo (b), teor de fósforo na folha diagnóstica da planta (c), teor de proteína bruta na parte aérea da planta (1d), matéria seca da parte aérea da planta (1e) e fósforo acumulado na parte aérea da planta (1f) do capim-marandu em função de doses de fósforo aplicadas ao solo. ....	49
Figura 5. Variação da produtividade de matéria seca (a) e dos teores de N e de P (b) na parte aérea da planta ao longo dos seis ciclos de cultivo do capim-marandu, para as doses anuais de 1.200 kg ha <sup>-1</sup> de N + 150 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Média de oito repetições, sendo quatro repetições do tratamento cinco mais quatro repetições do tratamento dez). ....	54



Figura 6. Estimativas das produtividades relativa (%) e absoluta ( $t\ ha^{-1}$ ) de matéria seca da parte aérea de capim-marandu em função de doses de nitrogênio e de fósforo. ....55

## **LISTA DE TABELAS**

### **CAPÍTULO I – ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E MACRONUTRIENTES PELO CAPIM-MARANDU SOB CLIMA TROPICAL**

Tabela 1. Características químicas e teores de areia, silte e argila do solo da área experimental antes da instalação do experimento, avaliadas na caada de 0-20 cm de profundidade <sup>(1)</sup>. .... 19

### **CAPÍTULO II – RENDIMENTO DO CAPIM-MARANDU EM RESPOSTA ÀS ADUBAÇÕES NITROGENADA E FOSFATADA**

Tabela 1. Características químicas e teores de areia, silte e argila do solo da área experimental antes da instalação do experimento, avaliadas na camada de 0-20 cm de profundidade <sup>(1)</sup>. ....41

Tabela 2. Médias observadas e estimadas para a produtividade acumulada de matéria seca da parte aérea de capim-marandu, e eficiências de recuperação de N e de P pela planta, em função de doses de nitrogênio e de fósforo. ....52

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>9</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I – ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E MACRONUTRIENTES PELO CAPIM-MARANDU SOB CLIMA TROPICAL.....</b>	<b>14</b>
RESUMO .....	14
ABSTRACT .....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
4. CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
<b>CAPÍTULO II – RENDIMENTO DO CAPIM-MARANDU EM RESPOSTA ÀS ADUBAÇÕES NITROGENADA E FOSFATADA</b>	
RESUMO .....	36
ABSTRACT .....	37
1. INTRODUÇÃO.....	38
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
4. CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, são encontrados cerca de 158 milhões de hectares com pastagens, sendo 112 milhões de hectares com pastagens cultivadas e 46 milhões de hectares com pastagens naturais, correspondendo a 18,60% da área total do país. Estima-se que desse total sejam encontrados em torno de 15 milhões de hectares com pastagens cultivadas na região Nordeste do Brasil, destacando-se os estados da Bahia (50,26%) e Maranhão (30,97%) (IBGE, 2017).

Nos demais estados da região Nordeste do Brasil, a pecuária é desenvolvida, principalmente, de forma extensiva e empírica, com baixos níveis de tecnologia, apresentando um sistema de produção extrativista, com as pastagens nativas sendo a principal fonte de alimento para os rebanhos. As pastagens nativas são quantitativamente e qualitativamente insuficientes para a manutenção de um número elevado de animais, que são considerados de extrema importância para o suprimento alimentar e geração de renda da população (Vidal et al., 2006).

Apesar da pecuária ser considerada fundamental para o sustento socioeconômico da região Nordeste, são escassos os investimentos e estudos visando o cultivo de pastagens com o objetivo de produzir forragem em quantidade e qualidade adequadas para os rebanhos e, conseqüentemente, garantir a segurança alimentar, aumentar a produtividade animal e a geração de renda local. Essa realidade pode ser extrapolada para o estado do Rio Grande do Norte (RN), onde são encontrados apenas 171 mil hectares com pastagens cultivadas, representando 1,47% da área total de pastagens cultivadas encontradas na região Nordeste do país, sendo considerados insuficientes para suprir a demanda de forragem para alimentação dos ruminantes (IBGE, 2017).

As áreas de pastagens cultivadas no Brasil são ocupadas em torno de 85% pelo gênero *Brachiaria*, em decorrência da sua capacidade de adaptação a diversas condições edafoclimáticas e diferentes tipos de solo (Franco, 2006; Macedo et al., 2013). Dentre as espécies do gênero, destaca-se *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu), considerada uma das principais gramíneas forrageiras cultivadas nas pastagens do país, ocupando cerca de 60 milhões de hectares ao longo de todo o território brasileiro, sendo amplamente utilizada para a alimentação de ruminantes (Paula et al., 2012; Macedo et al., 2013; Marin et al., 2016; Medica et al., 2017).

De acordo com Valle et al. (2010), o capim-marandu é utilizado em larga escala por apresentar produção elevada de matéria seca e produtividade bem distribuída ao longo do ano, mantendo o solo coberto, devido ao seu rápido estabelecimento, tornando-se altamente competitivo com as plantas invasoras. Além disso, apresenta bom valor nutritivo, persistência em períodos de estiagem e boa adaptação à maioria dos solos tropicais (Rodrigues Júnior et al., 2015).

A produtividade elevada de matéria seca pelo capim-marandu é obtida apenas quando o solo propicia condições adequadas para o estabelecimento e crescimento dessa cultura, visto que a baixa

disponibilidade de nutrientes no solo está entre os principais fatores que mais limitam o aumento da produtividade e a qualidade de gramíneas forrageiras, sendo necessária a realização de adubações para corrigir os desvios de fertilidade do solo e evitar a deficiência nutricional (Benett et al., 2008b).

O nitrogênio (N) é, quantitativamente, o mais importante para o aumento da produtividade, em função de atuar diretamente no processo fotossintético, sendo constituinte essencial das proteínas, ácidos nucléicos, hormônios e da clorofila (Galindo et al., 2018; Dias-Filho & Lopes, 2019). Por estimular o crescimento vegetativo, o maior suprimento de N no solo aumenta a produtividade de matéria seca e a qualidade da forragem produzida (Primavesi et al., 2005; Benett et al., 2008a).

O fósforo (P), apesar de ser requerido pela planta em menor quantidade em relação ao N, em cerca de 70% dos solos cultivados no Brasil tem limitado a produção, visto que esses solos apresentam elevada adsorção do P, propiciando baixa disponibilidade desse nutriente (Santos et al., 2002; Novais et al., 2007). A importância do P para as gramíneas forrageiras encontra-se relacionada à sua participação direta nos processos vitais para o seu desenvolvimento, sendo componente integral do material genético, dos compostos energéticos bioquímicos e dos fosfolipídios (Cecato et al., 2008; Taiz et al., 2017).

Estudos realizados por Ghisi & Pedreira (1987) Cecato et al. (2000) Primavesi et al. (2006) Costa et al. (2010), Benício & Oliveira (2011), Teixeira et al. (2018) indicam que ao ser manejado adequadamente, o capim-marandu responde bem às adubações nitrogenada e fosfatada, podendo apresentar produtividade anual de matéria seca entre 20 e 36 t ha<sup>-1</sup>. Por ocasião da colheita, o capim-marandu chega a extrair do solo entre 27 e 327 kg ha<sup>-1</sup> de N e de 6 a 42 kg ha<sup>-1</sup> de P (Primavesi et al., 2006; Costa et al., 2009; Costa et al., 2010; Silva Neto et al., 2010).

A demanda por N e P pelo capim-marandu ao longo do seu ciclo de crescimento pode ser definida através de estudos sobre marcha de acúmulo de matéria seca e de nutrientes. A obtenção desses dados também permite determinar as épocas em que esses nutrientes são mais exigidos pela cultura, o que auxilia no parcelamento das doses recomendadas e nas correções das deficiências que venham a ocorrer.

É possível constatar que a determinação das doses de N e de P que devem ser fornecidas ao capim-marandu e a quantificação do acúmulo de matéria seca e de nutrientes por essa cultura, irá possibilitar aumentos substanciais da produtividade em regiões de clima tropical úmido, havendo a possibilidade de aumento da área de pastagens cultivadas, para suprir a demanda por forragem no estado e evitar a degradação dos ecossistemas naturais, através do aumento da produtividade por área plantada.

Dentre as regiões de clima tropical úmido, pode-se citar o litoral leste do estado do Rio Grande do Norte-RN, onde são limitados os estudos sobre adubação em pastagens, com recomendação

generalizada para espécies forrageiras (Holanda et al., 2017). Assim, torna-se necessário a obtenção de informações específicas para o capim-marandu, visando o aumento da produtividade. Essas informações devem ser originadas a partir da interpretação de resultados experimentais, de modo a trazer benefícios econômicos e ambientais, em função da maior eficiência da adubação nas pastagens.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de matéria seca e de nutrientes pelo capim-marandu e resposta às adubações nitrogenada e fosfatada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benett, C. G. S.; Buzetti, S.; Silva, K. S.; Antônio Fernando Bergamaschine, A. F.; Fabricio, J. A. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. *Ciência & Agrotecnologia*, v.32, n.5, p.1629-1636, 2008a.

Benett, C. G. S.; Yamashita, O. M.; Koga, P. S.; Silva, K. S. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a diferentes tipos de adubação. *Revista de Ciências Agro-ambientais*, v.1, n.3, p.13-20, 2008b.

Benício, L. P. F.; Oliveira, I. M. Produtividade de pastagens de *Brachiaria brizantha*, c.v. Marandu em função de níveis de adubação fosfatada e calagem. *PUBVET*, v.5, n.13, Ed. 160, Art. 1079, 2011.

Cecato, U.; Skrobot, V. D.; Fakir, G. R.; Brando, A. B.; Galbeiro, S.; Gomes, J. A. N. Perfilamento e características estruturais do capim-Mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo adubado com fontes de fósforo, em pastejo. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v.30, n.1, p.1-7, 2008.

Cecato, U.; Yanaka, F. Y.; Brito Filho, M. R. T.; Santos, G. T.; Canto, M. W.; Onorato, W. M.; Peternelli, M. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilamento do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv. Marandu). *Acta Scientiarum*, v.22, n.3, p.817-822, 2000.

Costa, K. A. P.; Faquin, V.; Oliveira, I. P.; Severiano, E. C.; Simon, G. A.; Carrijo, M. S. Extração de nutrientes do capim-marandu sob doses e fontes de nitrogênio. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.10, n.4, p.801-812, 2009.

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.; Lopes, M. J. S. Manejo do solo em pastagens. In: Bertol, I.; Maria, I. C.; Souza, L. S. Manejo e conservação do solo e da água. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. Cap.16. p.1163-1181.

Franco, M. "Aids" do Marandu tem raízes na umidade do solo. *DBO Rural*, setembro 2006. p. 42-44.

Galindo, F. S.; Buzetti, S.; Teixeira Filho, M. C. M.; Dupas, E.; Carvalho, F. C. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. *Revista de Ciências Agrárias*, v.41, n.4, p.900-913, 2018.

Ghisi, O. M. A.; Pedreira, J. V. S. Características agronômicas das principais *Brachiaria* spp. In: Pedreira, J. V. S.; Meirelles, N. M. F. Encontro sobre capins do gênero *Brachiaria*, Nova Odessa, 1986. Anais... Nova Odessa, SP: Instituto de Zootecnia, p.19-58, 1987.

Holanda, J. S.; Dantas, J. A.; Medeiros, A. A.; Ferreira Neto, M. Medeiros, J. F.; Guedes, F. X. Indicações para adubação de culturas em solos do Rio Grande do Norte. Parnamirim, RN: EMPARN, 2017. (Série Documentos, 46)

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 108 p.

Macedo, M. C. M.; Zimmer, A. H.; Kichel, A. N.; Almeida, R. G.; Araújo, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: Encontro de adubação de pastagens da Scot Consultoria-Tec-Fértil, 25., 2013, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: EMBRAPA, 2013. p.158-181.

Marin, F. R.; Pilau, F. G.; Spolador, H. F. S.; Otto, R.; Pedreira, C. G. S. Intensificação sustentável da agricultura brasileira Cenários para 2050. Revista de Política Agrícola, Brasília, n. 3, p.108-124, 2016.

Medica, J. A. S.; Santos, M. E. R.; Reis, N. S.; Silva, N. A. M.; Ferreira Neto, J. G. Índice de horizontalidade e remoção de tecidos do capim-marandú. Ciência Animal Brasileira, v.18, p.1-15, 2017.

Novais, R. F.; Alvarez, V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 1017p.

Paula, C. C. L.; Euclides, V. P. B.; Lempp, B.; Barbosa, R. A.; Montagner, D. B.; Carlotto, M. N. Acúmulo de forragem, características morfogênicas e estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. Ciência Rural, v.42, p.2059-2065, 2012.

Primavesi, A. C.; Primavesi, O.; Corrêa, L. A.; Cantarella, H.; Silva, A. G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p 247-253, 2005.

Primavesi, A. C.; Primavesi, O.; Corrêa, L. A.; Silva, A. G.; Cantarella, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. Ciência & Agrotecnologia, v.30, n.3, p.562-568, 2006.

Rodrigues Júnior, C. T.; Carneiro, M. S. S.; Magalhães, J. A.; Pereira, E. S.; Rodrigues, B. H. N.; Costa, N. L.; Pinto, M. S. C.; Andrade, A. C.; Pinto, A. P.; Fogaça, F. H. S.; Castro, K. N. C. Produção e composição bromatológica do capim-Marandu em diferentes épocas de diferimento e utilização. Semina: Ciências Agrárias, v.36, n.31, p.2141-2154, 2015.

Santos, I. P. A.; Pinto, J. C.; Siqueira, J. O.; Moraes, A. R.; Santos, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.2, p.605-616, 2002.

Silva Neto, S. P.; Silva, J. E. C.; Santos, A. C.; Castro, J. G. D.; Dim, V. P.; Araújo, A. S. Características agrônomicas e nutricionais do capim-Marandu em função da aplicação de resíduo líquido de frigorífico. Acta Scientiarum, v.32, n.1, p.9-17, 2010.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I.; Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

Teixeira, R. N. V; Pereira, C. E; Kikuti, H; Deminicis, B. B. *Brachiaria brizantha* (Syn. *Uroclhoa brizantha*) cv. Marandu sob diferentes doses de nitrogênio e fósforo em Humaitá-AM, Brazil. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.11, n.2, p.35-41, 2018

Valle, C. B; Macedo M. C. M.; Euclides, V. P. B.; Jank. L; Resende. L. M. S. Gênero *Brachiaria*. In: Fonseca, D. M.; Martuscello, J. A. (Ed.). *Plantas forrageiras*. Viçosa, MG: UFV, p. 30-77, 2010.

Vidal, M. F; Silva, R. G.; Neiva, J. N. M.; Cândido, M. J. D.; Silva, D. S.; Peixoto, M. J. A. Análise econômica da produção de ovinos em lotação rotativa em pastagem de capim tanzânia (*Panicum maximum* (Jacq)). *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.44, n.4, p.801-818, 2006.

Vitor, C. M. T.; Fonseca, D. M.; Cóser, A. C. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.435-442, 2009.

# CAPÍTULO I – ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E MACRONUTRIENTES PELO CAPIM-MARANDU SOB CLIMA TROPICAL

## RESUMO

O estudo da marcha de acúmulo de matéria seca e de nutrientes do capim-marandu em condições de campo é importante para se estimar a demanda de nutrientes pela planta ao longo do tempo, o que permite uma estimativa mais exata da dose certa e da época certa para aplicação de cada nutriente em um programa de recomendação de adubação para essa cultura. Em decorrência da falta dessas informações para o capim-marandu na região nordeste do Brasil, objetivou-se avaliar as marchas de acúmulo de matéria seca e de macronutrientes pelo capim-marandu em dois ciclos de produção. O experimento foi conduzido em um Neossolo Quartzarênico no município de Macaíba-RN, Brasil. Por meio da semeadura à lanço, quatro áreas contíguas medindo 3,0 m x 9,0 m foram plantadas com capim-marandu, totalizando quatro repetições, nas quais posteriormente foram coletadas plantas nos dois primeiros ciclos de produção da cultura. No primeiro ciclo de produção, as plantas foram coletadas aos 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a semeadura. No segundo ciclo, as amostras de plantas foram coletadas aos 30, 40, 50, 60, 70 e 80 dias após o primeiro corte. Em ambos os ciclos de produção foi avaliada a altura da planta e o acúmulo de matéria seca e de macronutrientes na parte aérea das plantas, tendo sido ajustado o modelo sigmoidal de regressão não linear às médias dos dados observados. Tanto no primeiro quanto no segundo ciclo de produção, o acúmulo de matéria seca aumentou durante todo o ciclo, principalmente a partir da segunda metade dos ciclos. De modo geral, o acúmulo de macronutrientes na planta seguiu o acúmulo de matéria seca. Em ambos os ciclos de produção do capim-marandu, por ocasião da colheita das plantas, a ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas foi  $K > N > Mg > Ca > P > S$ .

**Palavras-chave:** *Brachiaria brizantha*; crescimento, marcha de absorção



## CHAPTER I - ACCUMULATION OF DRY AND MACRONUTRIENT MATTERS BY CAPIM-MARANDU UNDER TROPICAL CLIMATE

### ABSTRACT

The study of marandu grass dry matter and nutrient accumulation gait under field conditions is important to estimate the nutrient demand by the plant over time, allowing a more accurate estimation of the right dose and the right season. for application of each nutrient in a fertilizer recommendation program for this crop. Due to the lack of this information for marandu grass in northeastern Brazil, the objective was to evaluate the marches of dry matter and macronutrients accumulation by marandu grass in two production cycles. The experiment was carried out in a Quartzarenic Neossol in Macaíba-RN, Brazil. By seeding, four contiguous areas measuring 3.0 m x 9.0 m were planted with marandu grass, totaling four replications, in which plants were later collected in the first two cycles of crop production. In the first production cycle, the plants were collected at 30, 40, 50, 60, 70, 80 and 90 days after sowing. In the second cycle, plant samples were collected at 30, 40, 50, 60, 70 and 80 days after the first cut. In both production cycles, plant height and dry matter and macronutrient accumulation were evaluated, and the sigmoidal nonlinear regression model was adjusted to the observed data averages. In both the first and second production cycles, dry matter accumulation increased throughout the cycle, especially from the second half of the cycles. In general, the accumulation of macronutrients in the plant followed the accumulation of dry matter. In both production cycles of marandu grass, at harvest, the decreasing order of macronutrient accumulation in the shoot was  $K > N > Mg > Ca > P > S$ .

**Key-words:** *Brachiaria brizantha*, growth, absorption gait

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, as gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* ocupam em torno de 85% das áreas de pastagens cultivadas, em decorrência da sua capacidade de adaptação a diversas condições edafoclimáticas (Franco, 2006; Macedo et al., 2013). Segundo Jacovetti (2016), o cultivo abundante de plantas forrageiras desse gênero no país também se explica pela produtividade elevada de matéria seca dessas culturas, cuja forragem é muito apreciada pelos animais.

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu), a qual ocupa cerca de 60 milhões de hectares com pastagens cultivadas no território brasileiro (Paula et al., 2012; Macedo et al., 2013; Marin et al., 2016; Medica et al., 2017). A utilização do capim-marandu em larga escala encontra-se relacionada à produtividade elevada de matéria seca, sendo está bem distribuída ao longo do ano, mantendo o solo coberto, devido ao seu rápido crescimento e estabelecimento, tornando-se altamente competitivo com as plantas invasoras (Meirelles & Mochiutti, 1999; Valle et al., 2010). Além disso, esse capim apresenta maior resistência à cigarrinha, tolerância à seca, alto potencial de resposta à fertilização, bom valor nutritivo e boa produção de sementes (Jacovetti, 2016).

A parte da planta do capim-marandu que é utilizada para alimentação animal é a matéria seca da parte aérea, de modo que o conhecimento do acúmulo de matéria seca na parte aérea da planta ao longo do tempo é fundamental para o manejo adequado dessa cultura, visando à obtenção de produtividades elevadas de forragem. A análise quantitativa do crescimento da planta consiste em avaliar os dados obtidos de coletas sequenciais, para descrever mudanças no acúmulo de matéria seca em função da época de coleta das plantas. Aos dados observados, ajustam-se equações de regressão que estimam a quantidade de matéria seca acumulada na planta em função do tempo, cujas derivadas fornecem as taxas de crescimento, obtendo-se estimativas de valores instantâneos das taxas (Araújo & Rossiello, 2013).

De acordo com o IPNI (2013), os padrões de acúmulo de matéria seca e de nutrientes pelas plantas ao longo do tempo são similares para a maioria das culturas e, geralmente, apresentam curva com trajetória sigmoideal ou em “S”. Segundo Prado (2008), essa “curva sigmoide” é caracterizada por uma fase inicial de baixo crescimento e absorção de nutrientes e, na fase seguinte, têm-se crescimento rápido (quase linear) da planta com taxa elevada de acúmulo de nutrientes e, depois, uma estabilização no crescimento, no desenvolvimento e na absorção de nutrientes pela planta, até completar o ciclo de produção. Assim como acontece para outras culturas (Pedula et al., 2016; Cavalcante et al., 2018), o padrão de acúmulo de matéria seca do capim-marandu pode ser representado pelo modelo sigmoideal.

Ao ser manejo adequadamente, em condições climáticas que favorecem o seu crescimento e desenvolvimento, o capim-marandu responde bem às adubações, podendo apresentar produtividade

anual de matéria seca entre 20 e 36 t ha<sup>-1</sup> (Ghisi & Pedreira, 1987; Cecato et al., 2000; Primavesi et al., 2006; Costa et al., 2010; Benício & Oliveira, 2011; Teixeira et al., 2018). Por ocasião da colheita, o capim-marandu chega a extrair do solo entre 27 e 327 kg ha<sup>-1</sup> de N; 6 a 42 kg ha<sup>-1</sup> de P; 41 a 429 kg ha<sup>-1</sup> de K; 9 a 48 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 8 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 3 a 35 kg ha<sup>-1</sup> de S (Costa et al., 2010; Primavesi et al., 2006; Costa et al., 2009; Costa et al., 2010).

As taxas de acúmulo e de utilização de nutrientes podem ser quantificadas pela análise quantitativa do crescimento vegetal. Segundo Araújo & Rossiello (2013), essas taxas constituem ferramentas efetivas para identificar os estádios de máxima demanda de nutrientes, identificar e interpretar as relações fonte-dreno, quantificar a absorção radicular de nutrientes e avaliar a resposta de cultivos à disponibilidade de nutrientes.

O estudo da marcha de acúmulo de matéria seca e de nutrientes do capim-marandu em condições de campo é importante para se estimar a demanda de nutrientes pela planta ao longo do tempo, o que contribui para estimativa mais exata da demanda de nutrientes e da época certa para aplicação de cada nutriente no âmbito de um programa de recomendação de adubação para essa cultura (IPNI, 2013). Porém, não foram encontrados trabalhos avaliando em condições de campo as marchas de acúmulo de matéria seca e de macronutrientes pelo capim-marandu na região nordeste do Brasil.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar as marchas de acúmulo de matéria seca e de macronutrientes pelo capim-marandu em dois ciclos de produção.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na área de experimentação da Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), campus de Macaíba, nas coordenadas 5° 53' 35.12" Latitude Sul e 35° 21' 47. 03" Longitude Oeste, no período de janeiro a agosto de 2017 (Figura 1). A área experimental apresenta, segundo a classificação de Köppen, clima tipo As, com estação chuvosa concentrada entre maio e julho e uma estação muito seca na primavera, entre setembro e dezembro. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.280 mm, e a temperatura média mensal varia de 24 a 28° C (Alvarez et al., 2014).

As medidas de temperatura do ar foram obtidas por meio da sonda HMP155A (Vaisala Corporation, Helsink, Finland), acoplada em torre instalada no local do experimento. Essas medições foram coletadas e armazenadas na frequência de 10 Hz, em um cartão de memória acoplado a um Datalogger modelo CR1000 (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA). Os dados de precipitação foram obtidos por meio de leituras a partir de pluviômetro do tipo Ville de Paris em aço inox, instalado no local do experimento (Figura 2).

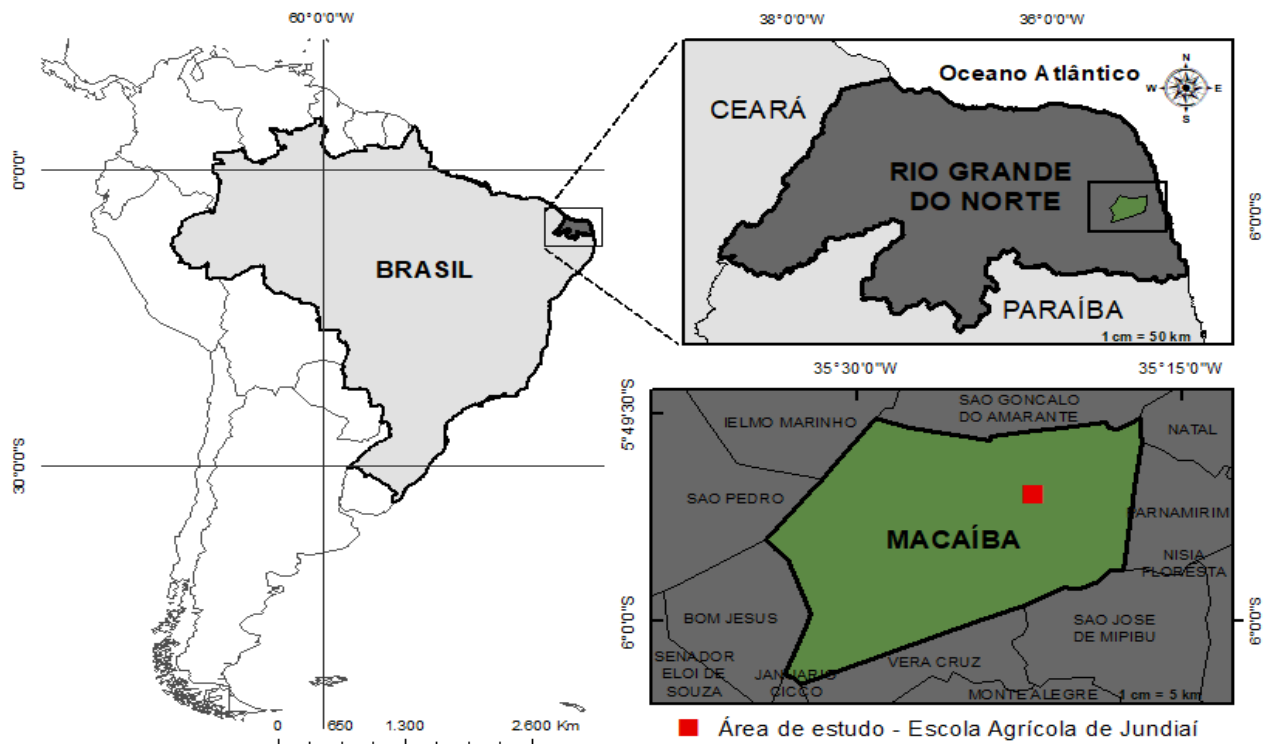


Figura 1. Mapa de localização da área de experimentação na Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba-RN.

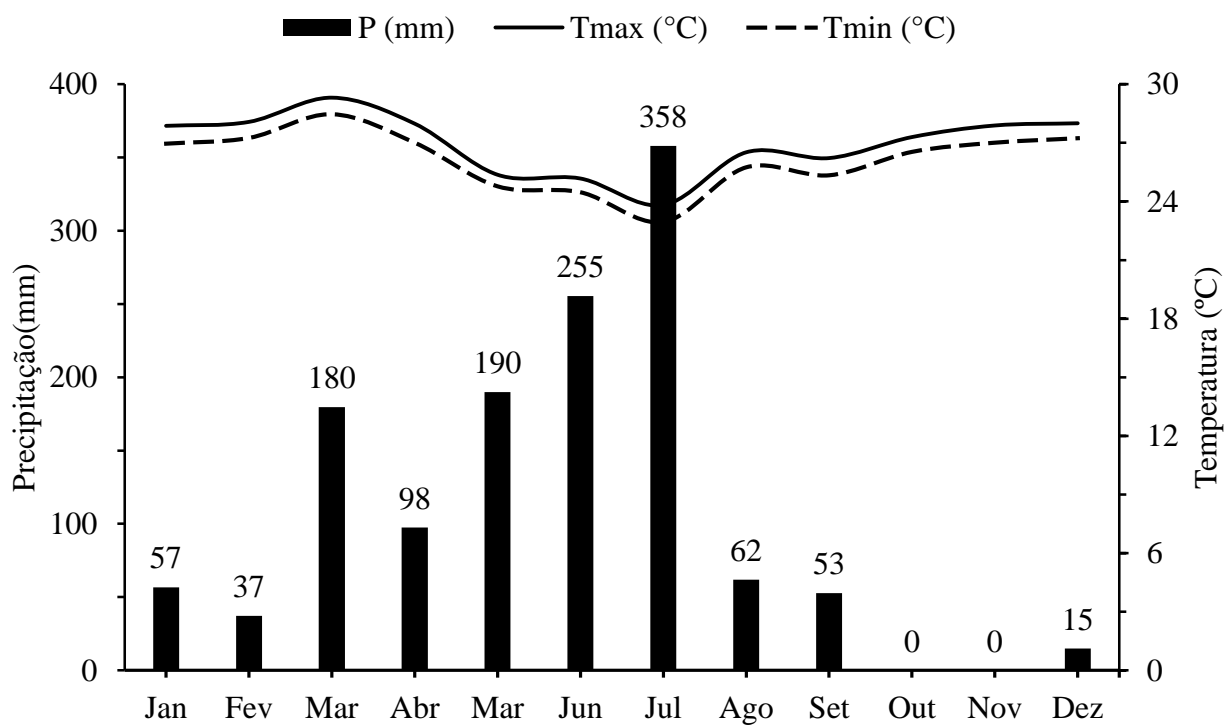


Figura 2. Variação da precipitação pluvial e das temperaturas mínimas e máximas observadas na área experimental durante a condução do experimento.

O solo da área experimental apresenta textura arenosa e topografia suavemente inclinada, sendo classificado como Neossolo Quartzarênico (Arenosols) de acordo com o Sistema Brasileiro de

Classificação de Solos (Santos et al., 2018). Foi obtida uma amostra de solo composta da mistura homogênea de 20 amostras simples coletadas na camada de 0-20 cm do solo da área experimental. Em seguida, a amostra foi acondicionada em saco plástico devidamente identificado e encaminhado ao Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta da Universidade Federal Rural do Semiárido (LASAP/UFERSA). Depois de obtida a TFSA, a análise química e granulométrica dessa amostra foi realizada conforme métodos analíticos descritos em Teixeira et al. (2017). Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e teores de areia, silte e argila do solo da área experimental antes da instalação do experimento, avaliadas na camada de 0-20 cm de profundidade <sup>(1)</sup>.

pH H <sub>2</sub> O	M.O	N <sub>total</sub>	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	Areia	Silte	Argila
--- g kg <sup>-1</sup> ---		----- mg dm <sup>-3</sup> -----			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				----- g kg <sup>-1</sup> -----			
5,9	2,64	0,7	1,0	32,8	5,3	0,4	1,2	0,05	0,83	940	40	20

<sup>(1)</sup> Análises realizadas de acordo com Teixeira et al. (2017).

O experimento foi conduzido em uma área experimental de 108 m<sup>2</sup> (3,0 m x 36 m), dividida em quatro parcelas iguais de 27 m<sup>2</sup> (3,0 x 9,0 m), onde foi implantado um estande uniforme de plantas de capim-marandu. Primeiramente, 30 dias antes do plantio, foi realizada a aplicação e incorporação de 1,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT = 45%; CaO = 35% e MgO = 12%) para elevar o pH e a saturação por bases do solo e os teores de cálcio e magnésio. Imediatamente antes do plantio foi realizada uma gradagem na área, e em seguida foi realizada a adubação de plantio junto com a semeadura.

Por ocasião da semeadura foi realizada uma adubação a lanço, aplicando-se 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 75 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 30 kg ha<sup>-1</sup> de S e 3,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, na forma de ureia, superfosfato triplo, cloreto de potássio, sulfato de amônio e FTE BR 12 (fonte de micronutrientes), respectivamente. Logo após, semeou-se manualmente e a lanço sobre o solo, as sementes de capim marandu, na quantidade de 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Após a semeadura, um rolo compactador foi passado sobre o solo visando aumentar o contato das sementes e dos adubos com o solo.

As adubações de cobertura consistiram das aplicações de N e K de acordo com o seguinte. No primeiro ciclo de cultivo, que durou 90 dias, foram realizadas duas adubações de cobertura, aos 30 e 60 dias após a semeadura. Em cada uma dessas adubações, foram aplicados 270 kg ha<sup>-1</sup> de N mais 75 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, totalizando 600 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. No segundo ciclo de cultivo, que durou 80 dias contados a partir do primeiro corte, também foram aplicadas doses totais de 600 kg ha<sup>-1</sup> de N mais 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, parceladas da seguinte maneira: 60 kg ha<sup>-1</sup> de N + 75 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aos dois dias após o primeiro corte, 270 kg ha<sup>-1</sup> de N + 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aos 30 dias após o primeiro corte e, aos 60 dias após o primeiro corte, aplicou-se novamente 270 kg ha<sup>-1</sup> de N + 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de

K<sub>2</sub>O. A adubação utilizada no experimento está acima da recomendada na literatura para pastagens (Ribeiro et al., 1999; Holanda et al., 2017), visando não limitar a extração de nutrientes pelo capim-marandu.

Na irrigação foi utilizado o sistema de aspersão convencional, constituindo por linhas laterais fixas, com turno de rega de dois dias, sendo resposta a evapotranspiração de referência.

Os acúmulos de matéria seca e de macronutrientes foram avaliados nas quatro parcelas (quatro repetições), por meio de amostragens de plantas em diferentes épocas. Em cada parcela foi amostrada uma área de 1,0 m<sup>2</sup>, utilizando um gabarito de metal com dimensões de 1,0 m x 1,0 m, cortando a forragem rente ao solo com tesoura inoxidável. No primeiro ciclo de cultivo as plantas foram coletadas aos 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a sementeira. No segundo ciclo, essas amostragens foram realizadas aos 30, 40, 50, 60, 70 e 80 dias após a colheita das plantas do primeiro ciclo. Após cada coleta, as amostras de plantas foram identificadas e encaminhadas para análise química no laboratório de solos e nutrição de plantas. Em cada época de amostragem de plantas, a altura das plantas de cada parcela foi avaliada com o auxílio de uma haste graduada, posicionando-a em 12 pontos distintos dentro da parcela. A partir dessas 12 leituras, foi calculada a altura média das plantas de cada parcela.

No laboratório, foi medida a massa da matéria fresca das plantas coletadas em cada parcela. Depois, foi retirada uma amostra de aproximadamente 800 gramas de matéria fresca, a qual foi acondicionada em saco de papel furado e encaminhada para a estufa de circulação forçada de ar a 65°C, onde ficou até atingir peso constante. Com o auxílio de balança analítica foi medida a massa da matéria seca e os dados expressos em “t ha<sup>-1</sup>”.

As amostras da matéria seca das plantas foram trituradas em moinho tipo Willey e depois analisadas quimicamente quanto aos teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S. Essas análises foram realizadas no laboratório de análise de tecido vegetal da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), seguindo a metodologia proposta por Miyazawa et al. (2009).

Por meio da técnica de regressão não linear, utilizando o software Sigma Plot versão 14.0 (Systat Graphing Software, 2018), para cada variável dependente (y) analisada foi ajustado o modelo de regressão não linear do tipo sigmoidal, considerando a época de coleta das plantas como variável independente (x):  $\hat{y} = a/(1 + \exp^{-((x-x_0)/b)})$ , em que:  $\hat{y}$  = estimativa da variável dependente, a = ponto de curvatura máxima; exp = base do logaritmo neperiano, x = valor da variável independente, x<sub>0</sub> = valor da variável independente onde ocorre a máxima taxa de variação da função e b = parâmetro de ajuste do modelo.

As curvas com as taxas de crescimento em altura, acúmulo de matéria seca total e acúmulo de macronutrientes, foram obtidas por meio da derivada de primeira ordem da equação igualada a zero

(Fernandes et al., 2010). Também foram estimados os pontos de curvatura mínima (PCmin) e máxima (PCmax), utilizando os parâmetros das equações não lineares, onde:  $PC_{min} = x_0 - 2b$ ; e,  $PC_{max} = x_0 + 2b$  (Cavalcante et al., 2018). O ponto de curvatura mínima indica o momento na curva (gráfico) em que se iniciam ganhos expressivos na variável analisada. Por outro lado, o ponto de curvatura máxima indica o momento em que esses ganhos começam a se estabilizar.

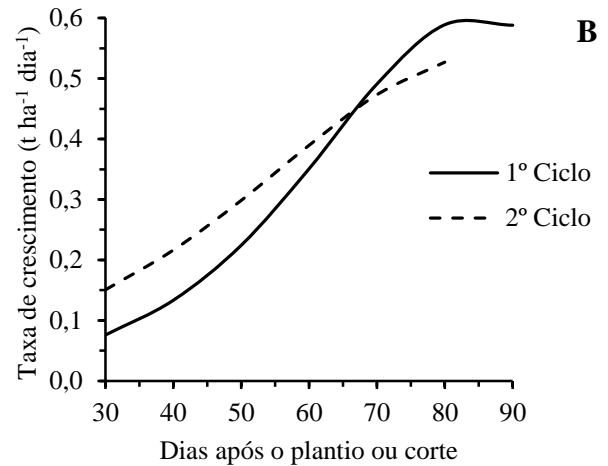
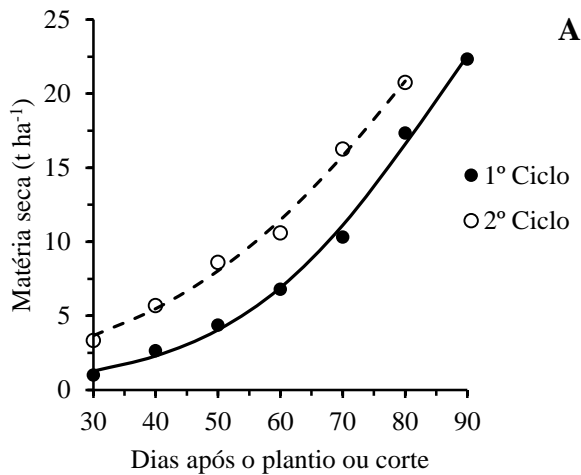
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de matéria seca (MS) da parte aérea foi contínuo nos dois ciclos, sendo o período inicial lento, seguido de um período intenso acúmulo de matéria seca (Figura 3A). No 1º e 2º ciclos, os ganhos mais expressivos foram obtidos a partir dos 52 e 41 dias após o plantio ou corte, com acúmulo médio de 4,65 e 5,75 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3A). As acumulações máximas (PCmax) de MS pelo capim-marandu nos dois ciclos, seriam alcançadas aos 117 dias no 1º ciclo e aos 131 dias 2º ciclo, inferindo que até o período da última coleta as plantas apresentavam grande vigor vegetativo.

A curva hipotética de crescimento de uma planta, segundo Magalhães (1985), é caracterizada por uma fase inicial de crescimento lento, passando posteriormente a uma fase de rápido aumento de tamanho e, em seguida, um novo período de crescimento lento com eventual estabilização do processo. O entendimento da fisiologia das diferentes fases de crescimento pode ser compreendida da seguinte maneira: no início a planta depende das reservas da semente para a produção dos diferentes órgãos componentes, após o desenvolvimento do sistema radicular e o aparecimento das folhas, os processos anabólicos inerentes da fotossíntese se refletem em acelerado crescimento, posteriormente a planta apresenta um tamanho definido, enquanto na fase seguinte a planta inicia um período de senescência que resulta na estagnação da produção de MS (Peixoto et al. 2011). Entretanto, para espécies forrageiras, o foco é a produção de biomassa, em outras palavras o crescimento vegetativo ou partes vegetativas, com isso, as plantas são colhidas antes de atingir a fase reprodutiva (floração/frutificação), explicando o comportamento exponencial do crescimento.

As taxas máximas de acúmulo diário (TMAD) de MS pelo capim-marandu para os dois ciclos estudados foram 0,589 (1º ciclo) e 0,527 (2º ciclo) t ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, ambas aos 80 dias após o plantio ou corte, porém observa-se um padrão de crescente taxa de acúmulo de MS a partir de 50 e 40 dias para o 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 3B). As diferenças observadas nos dias para produção de MS e taxa de acúmulo diário (TAD) desses ciclos, com o 2º ciclo mais precoce, é devido ao maior desenvolvimento radicular já estabelecido nesse ciclo, em relação ao 1º ciclo, que apresentava sistema radicular ainda em desenvolvimento.

1º Ciclo:  $y = 39,0483/(1+\exp^{-((x-84,9250)/16,1975)})$   $R^2 = 0,998$   
 2º Ciclo:  $y = 48,2454/(1+\exp^{-((x-86,1387)/22,4578)})$   $R^2 = 0,997$



1º Ciclo:  $y = 130,3133/(1+\exp^{-((x-50,3145)/12,4273)})$   $R^2 = 0,999$   
 2º Ciclo:  $y = 132,6027/(1+\exp^{-((x-41,9499)/10,7636)})$   $R^2 = 0,997$

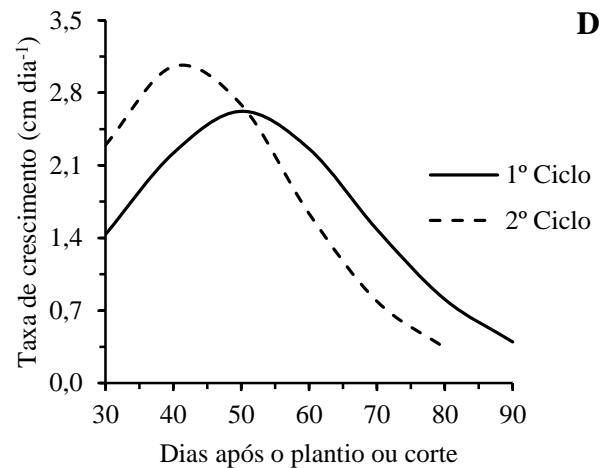
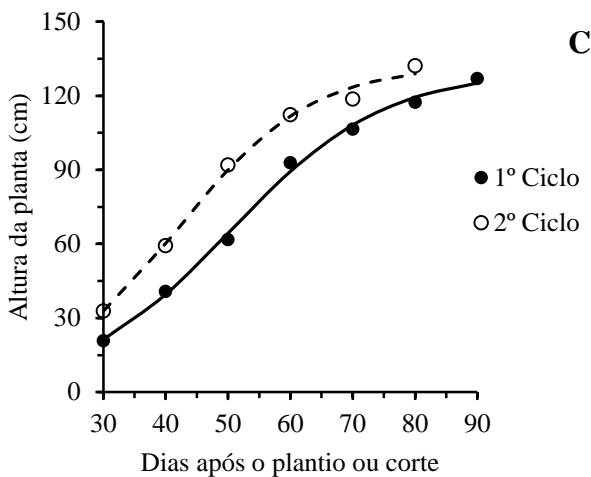


Figura 3. Marchas de crescimento avaliadas pelo acúmulo de matéria seca (A e B) e altura da planta (C e D) do capim-marandu em dois ciclos de cultivo.

De acordo com Pace et al. (1999), o crescimento inicial lento ocorre em virtude de as plantas gastarem grande parte da energia para fixação no solo, pois nesta fase, as raízes são o dreno preferencial dos fotoassimilados. Assim, a planta com sistema radicular mais desenvolvido tende a se desenvolver mais rápido, pois explora um volume maior de solo, o que provavelmente lhe dará acesso a maior quantidade de água e nutrientes ou ainda aproveitar de maneira eficientemente maior os insumos a ela destinados.

O resultado estimado com base nas equações de regressão para a taxa média de acúmulo de MS foi de 345 e 336 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, no 1º e 2º ciclo, respectivamente, são mais expressivos do que os obtidos por Lugão (2003), Sbrissia (2004), Pedreira (2007) e Rodrigues et al. (2011), que obtiveram valores de acúmulo de MS de 193, 115, 236 e 50 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, estudando diferentes espécies de plantas



fornageiras, *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Brachiaria brizantha*, respectivamente.

O acúmulo de MS mais elevado constatado na presente pesquisa é explicado pelo manejo da reposição de nutrientes durante os ciclos consecutivos da cultura, inferindo sobre o alto potencial de resposta do capim-marandu à adubação adequada nas diferentes fases de crescimento. Ao avaliar o acúmulo de MS e de nutrientes, correlacionados com os períodos de maior exigência das plantas forrageiras ao longo do seu desenvolvimento, é possível determinar um planejamento com o intuito de aperfeiçoar o manejo da adubação da espécie estudada.

As equações de regressão obtidas demonstram que o capim-marandu apresenta ganhos em altura (PCmin) a partir de 25 dias após o plantio para o 1º ciclo e 20 dias após o corte no 2º ciclo, com alturas estimadas em 15,5 e 15,8 cm, respectivamente (Figura 3C). O ponto de curvatura mínimo (PCmin) aumentou até os 75 dias após o plantio e 64 dias após o corte, para o 1º e 2º ciclo, onde observa-se o ponto de curvatura máximo (PCmax) com alturas estimadas em 114,7 e 116,8 cm.

As maiores taxas de crescimento em altura ocorreram aos 50 e 40 dias, com acréscimo de 2,62 e 3,05 cm dia<sup>-1</sup> para os dois ciclos consecutivos (Figura 3D). A partir desse ponto, a taxa de crescimento diminuiu de forma gradativa, apresentando ao final do período de estudo um compasso de crescimento lento, ou seja, até os 90 dias no 1º ciclo e 80 dias no 2º ciclo com valores de 0,39 e 0,34 cm dia<sup>-1</sup>. A partir da correlação dos valores obtidos com as máximas taxas de crescimento e aplicando-os na equação de regressão, constata-se que as alturas estimadas das plantas de capim-marandu aos 50 e 40 dias após plantio ou corte foram de 64,3 e 66,4 cm para o 1º e 2º ciclos, respectivamente.

De acordo com Costa & Queiroz (2013), as alturas observadas no presente estudo estão acima da recomendada para entrada de animais na área de pastejo formada por essa cultivar de planta forrageira (cv. Marandu), evidenciando, se tomarmos como base apenas essa variável, que os animais aptos a um provável pastejo teriam que ser inseridos em uma época anterior aos 50 e 40 dias do 1º e 2º ciclos, respectivamente, com o intuito de melhor aproveitamento da biomassa produzida. Avaliando o ganho de peso e produtividade animal em capim-marandu submetido a lotação rotativa e doses de N, Gimenes et al. (2011) concluíram que a estratégia de manejo mais adequada para aquela realidade corresponde à altura de pré-pastejo de 25 cm. Segundo Paula et al. (2012), o capim-marandu apresenta grande flexibilidade de manejo, podendo ser utilizado entre 15 e 45 cm de altura do dossel.

A precocidade no crescimento em altura do capim-marandu foi devido ao fornecimento de nutrientes de forma adequada durante o ciclo da cultura, sendo tal resultado ainda mais relevante por ter sido alcançado em solo de baixa fertilidade natural. A classe de solo da área do experimento é classificada como Neossolo Quartzarênico, a qual segundo Frazão et al. (2008), apresenta baixa

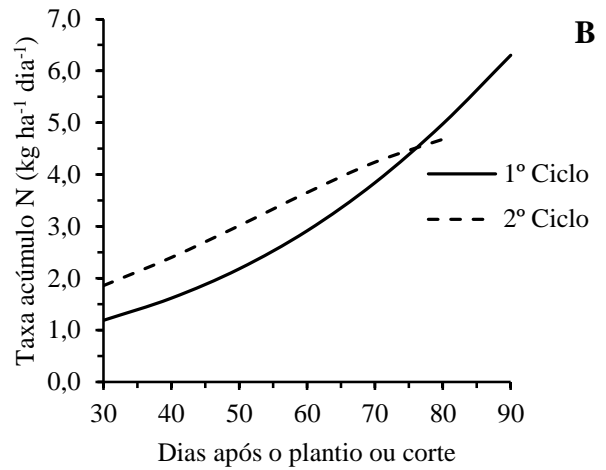
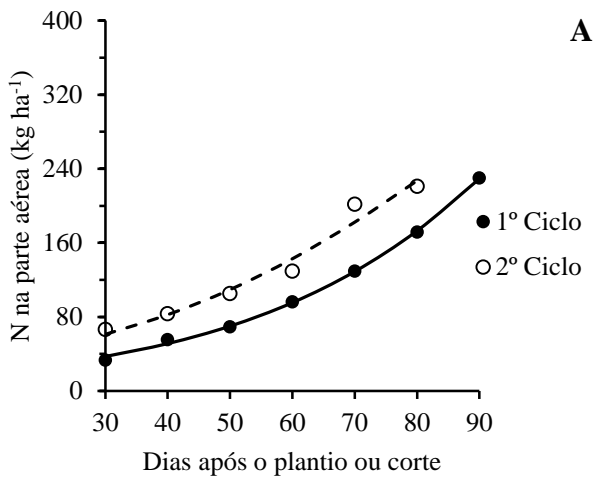
capacidade de agregação de partículas, baixos teores de argila e matéria orgânica, além de baixa capacidade de retenção de umidade, sendo assim considerados como solos de baixa aptidão agrícola.

A quantidade acumulada dos nutrientes N, P e K se relaciona diretamente com a produção de MS do capim-marandu (Figura 4). É notório que no período inicial de crescimento das plantas os acúmulos de nutrientes são modestos, com posterior acréscimo de forma acentuada. O N foi o segundo nutriente mais acumulado durante o 1º e 2º ciclos (Figura 4A), apresentando ganhos mais importantes (PCmin) a partir dos 79 e 34 dias, com estimativa de acúmulo de 170 e 69,0 kg ha<sup>-1</sup> no 1º e 2º ciclos. Dessa forma a aplicação de N no 2º ciclo deve ser antecipada em relação ao 1º ciclo, com o propósito de otimizar a tecnologia da adubação. Essa precocidade da cultura do capim-marandu em obter ganhos em acúmulo de N no 2º ciclo, está atrelada ao maior desenvolvimento radicular, que propicia maior absorção de nutrientes. As acumulações máximas (PCmax) nos dois ciclos estudados, de acordo com as equações, seriam obtidas aos 201 dias no 1º ciclo e 151 dias no 2º ciclo, de maneira a se inferir que até a data da última coleta as plantas apresentavam pleno crescimento.

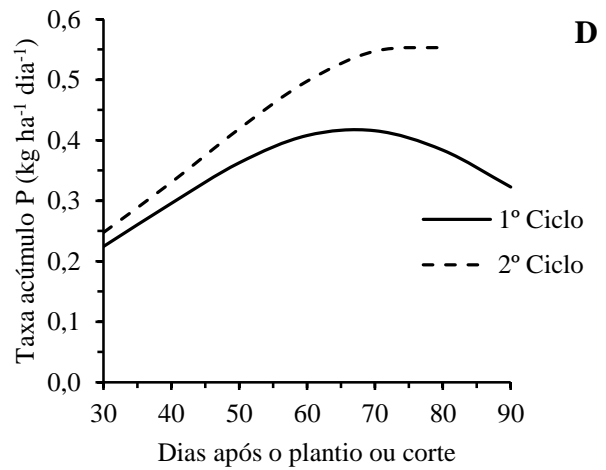
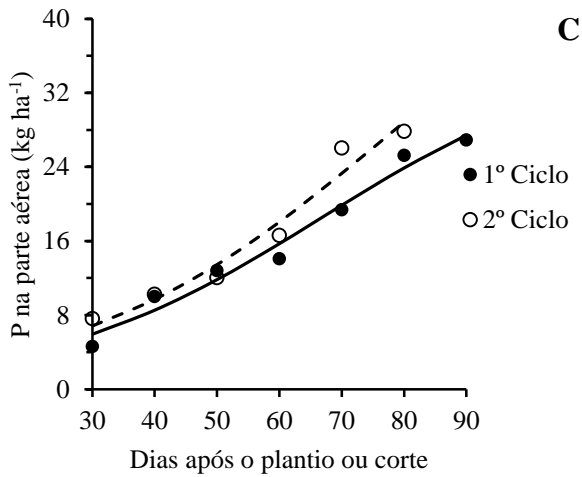
Em estudos com acumulação de nutrientes em diferentes espécies, entre elas o capim-marandu, Braz et al. (2004) encontraram tendência de resposta semelhante a deste estudo, quando se refere ao período de acumulação máxima de N, relatando que ocorreria a partir dos 121 dias após a germinação, observando que até a data da última coleta a planta apresentava pleno desenvolvimento vegetativo.

As maiores taxas de acúmulo de N foram aos 90 e 80 dias, no 1º e 2º ciclos, respectivamente, com estimativas de 6,3 e 4,6 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Figura 4B). O N é o elemento mineral que geralmente as plantas exigem em maiores quantidades, tendo em vista que é o constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos, além de ser componente da molécula de clorofila e, conseqüentemente, interfere diretamente nos processos fotossintéticos. Portanto, a deficiência de N rapidamente inibe o crescimento vegetal (Taiz et al., 2017).

1º Ciclo:  $y = 1428,217 / (1 + \exp^{-((x-140,5113)/30,5345)})$   $R^2 = 0,999$   
 2º Ciclo:  $y = 576,8557 / (1 + \exp^{-((x-92,6796)/29,4185)})$   $R^2 = 0,984$



1º Ciclo:  $y = 37,1478 / (1 + \exp^{-((x-66,9177)/22,2317)})$   $R^2 = 0,987$   
 2º Ciclo:  $y = 53,5282 / (1 + \exp^{-((x-76,241)/24,0483)})$   $R^2 = 0,980$



1º Ciclo:  $y = 540,8857 / (1 + \exp^{-((x-77,3399)/16,7587)})$   $R^2 = 0,996$   
 2º Ciclo:  $y = 688,0254 / (1 + \exp^{-((x-87,7971)/30,4446)})$   $R^2 = 0,983$

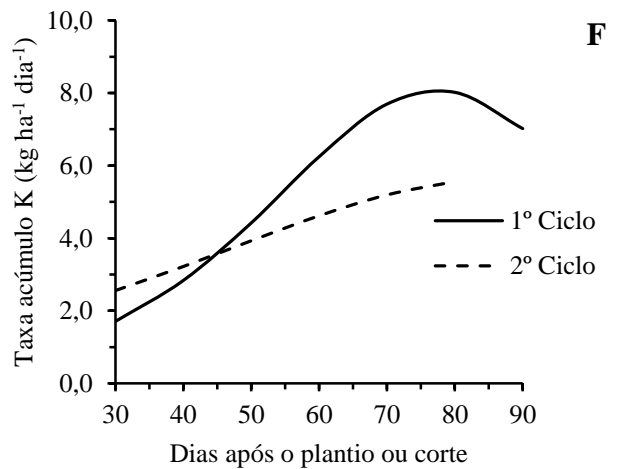
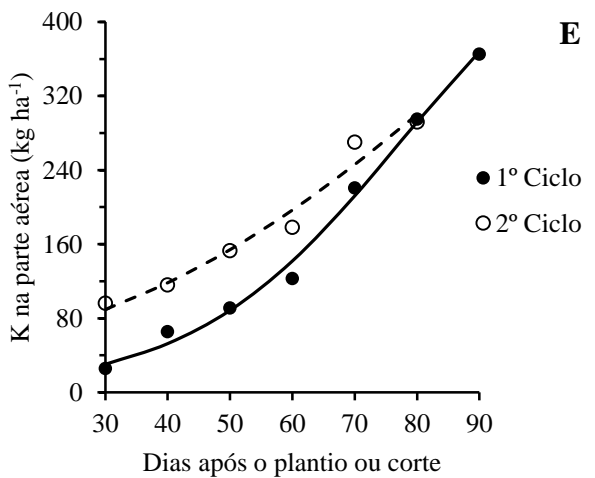


Figura 4. Marchas de acúmulo de nitrogênio (A e B), fósforo (C e D) e potássio (E e F) pelo capim-marandu em dois ciclos de cultivo.

A baixa disponibilidade de nutrientes na exploração da pastagem é um dos fatores limitantes a sua produtividade. Dentre esses, o N em muitos sistemas de produção é quase sempre o mais limitante, influenciando no crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente. Dada a sua importância e a alta mobilidade no solo, o N tem sido alvo de vários estudos com o intuito de otimizar a eficiência do seu uso. Para tanto, têm-se procurado diminuir as perdas de N no solo bem como melhorar a sua absorção no interior da planta (Bredemeier, 2000). Segundo Raij (2011), o N é um elemento afetado por dinâmica complexa e o manejo da adubação nitrogenada é dos mais difíceis.

A eficiência da utilização do N adicionado ao solo se refere ao grau de recuperação desse elemento pelas plantas, considerando as perdas que geralmente ocorrem. Normalmente, cerca de 50% do N aplicado sob a forma de fertilizante é utilizado pelas culturas. As perdas no solo são devido aos inúmeros processos aos quais o N está sujeito. O N é perdido, principalmente, pela lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de  $N_2$  (Carvalho & Zabet, 2012; Moreira et al., 2017; Rocha et al., 2019). Diante do exposto, é evidente a importância de estudos sobre a marcha de acúmulo de nutrientes, com o intuito de propiciar estratégias de manejo da adubação nitrogenada para plantas forrageiras, tais como: reposição de quantidades adequadas do nutriente e parcelamento das doses recomendadas próximo aos períodos de maior demanda de N.

O P foi o quinto nutriente mais acumulado por plantas de capim-marandu nos dois ciclos (Figura 4C) e, de acordo com as equações de regressão os PCmin foram de 4,43 e 6,38  $kg\ ha^{-1}$ , com início aos 22 e 28 dias após o plantio ou corte no 1º e 2º ciclo. Com base nesses resultados o período mais indicado para a adubação fosfatada é realmente no início do ciclo da cultura, pois foi nessa época que o capim-marandu começou a apresentar ganhos em acúmulo desse nutriente.

O PCmax para o P ocorreria aos 111 e 124 dias com valores de acúmulo de 32,7 e 47,1  $kg\ ha^{-1}$ , corroborando com a ideia de que até a data do último corte as plantas estavam em crescimento vegetativo. Resultados semelhantes foram encontrados por Braz et al. (2004), quando avaliaram as acumulações de nutrientes em folhas de diferentes gramíneas forrageiras e constataram que as acumulações máximas, no capim-marandu, ocorreriam após o período estudado, ou seja, após 110 dias.

As maiores taxas de acúmulo de P nos dois ciclos foram aos 70 e 80 dias (1º e 2º ciclo), com valores de 0,41 e 0,55  $kg\ ha^{-1}\ dia^{-1}$  (Figura 4D), sendo estimados acúmulos nas referentes épocas de 18,6 e 26,6  $kg\ ha^{-1}$ . Apesar de não ser exigido em grandes quantidades em relação aos demais macronutrientes, o P é de extrema importância para o estabelecimento e manutenção do estande de plantas. A importância do P para a produtividade das culturas decorre da sua participação nos fosfolipídios e em compostos que armazenam e fornecem energia metabólica como ATP (Fernandes, 2018).

Em gramíneas, a baixa disponibilidade de P no solo dificulta um bom perfilhamento, com as plantas apresentando crescimento lento e reduzido desenvolvimento radicular, que são fundamentais para a maior produtividade das forrageiras (Santos et al., 2002). Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a reposição de P para o capim-marandu em solo arenoso e irrigado, deve ser em torno  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  em ciclos de 90 dias, podendo esse valor ser ajustado conforme o sistema de produção utilizado. Estudos neste sentido auxiliam o produtor rural na melhor tomada de decisão quanto ao momento e quantidade certa de fertilizante a ser utilizado, visando critérios econômicos e sustentabilidade ambiental.

O K foi o nutriente mais acumulado na parte aérea do capim-marandu no 1º e no 2º ciclo, apresentando PCmin aos 43 e 27 dias, com acúmulo de  $64,5$  e  $82,0 \text{ kg ha}^{-1}$ , no 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 4E). É constatado acumulação antecipada de K no 2º ciclo, em comparação com o 1º, podendo-se inferir que o maior desenvolvimento radicular e de outros órgãos, como folhas, que ocorreram durante o 1º ciclo, favoreceram o acesso das plantas a um maior volume de solo e, conseqüentemente, de nutrientes e água. O PCmax seria alcançado aos 110 e 148 dias, com estimativas de acúmulo de  $476$  e  $606 \text{ kg ha}^{-1}$ .

As taxas máximas de acúmulo foram observadas aos 80 dias em ambos os ciclos com valores estimados em  $8,0$  e  $5,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de K (Figura 4F). De acordo com Braz (2004), avaliando acumulações de nutrientes em gramíneas, o acúmulo máximo de K no capim-marandu ocorreria aos 121 dias, período após a última coleta de material. As equações de regressão indicam que quando as taxas de acúmulo foram máximas, as plantas de capim-marandu acumularam  $292$  e  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de K no 1º e 2º ciclo, respectivamente. Primavesi et al. (2006), avaliando nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio, também constaram extrações de grandes quantidades de potássio de até  $429 \text{ kg ha}^{-1}$ , em função do aumento da produção de biomassa.

Em ambos os cortes o Ca foi o quarto nutriente mais acumulado, com valores estimados no PCmin de  $6,27$  e  $7,31 \text{ kg ha}^{-1}$ , aos 31 e 32 dias, no 1º e 2º ciclos, respectivamente (Figura 5A). Os acúmulos máximos estimados de  $46$  e  $54 \text{ kg ha}^{-1}$  ocorreriam aos 117 e 109 dias no 1º e 2º ciclo, respectivamente. A taxa máxima de acúmulo de Ca, nos dois ciclos, ocorreu aos 70 dias,  $0,60$  e  $0,80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , onde de acordo com as equações de regressão observam-se valores acumulados de  $26,14$  e  $30,08 \text{ kg ha}^{-1}$  no 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 5B). Resultado semelhante foi encontrado por Braz et al. (2004), também avaliando extração de nutrientes em forrageiras, observaram acúmulo de Ca de  $35 \text{ kg ha}^{-1}$  para o capim-marandu aos 110 dias. Costa et al. (2009), analisando nutrientes na parte aérea, com a mesma espécie forrageira do presente trabalho, sob doses de N, encontraram aumento linear na extração de Ca, obtendo até  $86,3 \text{ kg ha}^{-1}$  quando se utilizou a maior dose de N. O

Ca é um nutriente consumido em quantidades muito variadas por diferentes culturas, dentro dos limites de cerca de 10 até 200 kg ha<sup>-1</sup> (Raij, 2011).

O Ca é essencial para o crescimento de meristemas e dos ápices radiculares (Dechen & Nachtigall, 2007). Além disso, é importante para estabilidade e função das membranas vegetais evitando a saída de substâncias intracelulares, como também é componente da parede celular mantendo sua integridade (Dordas, 2008). Dependendo da fonte aplicada e da textura do solo, o Ca em sua dinâmica não apresenta grandes perdas por lixiviação para camadas mais profundas (Maria et al., 1993; Figueiredo, 2006; Soratto & Crusciol, 2008; Anjos et al., 2011). Diante do exposto, o Ca deve ser adicionado ao solo no início do ciclo da cultura do capim-marandu, pois o mesmo começou a apresentar acúmulos mais importantes, PCmin, por volta dos 30 dias nos dois ciclos estudados.

O Mg foi o terceiro macronutriente mais acumulado por plantas de capim-marandu nos dois ciclos (Figura 4C), apresentando ganhos mais evidentes, 23,5 e 17,5 kg ha<sup>-1</sup> (PCmin), a partir dos 46 e 32 dias, no 1º e 2º ciclos, respectivamente. Com base nas equações de regressão, o PCmax estimado seria obtido aos 127 e 109 dias com valores de Mg absorvidos por plantas de capim-marandu de 174,2 e 129,4 kg ha<sup>-1</sup> nos dois ciclos. Os maiores acúmulos diários de Mg ocorreram aos 90 e 70 dias para o 1º e 2º ciclos, apresentando os seguintes valores estimados, 2,43 e 1,89 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Figura 4D).

Os resultados estimados de acúmulo de Mg, de acordo com as equações de regressão, obtidos no presente estudo nos dois ciclos de crescimento (1º e 2º) aos 90 dias, 106,5 e 73,8 kg ha<sup>-1</sup>, são superiores aos encontrados por Braz et al. (2004), Primavesi et al. (2006) e Costa et al. (2009), quando avaliaram extração de nutrientes em capim-marandu. A maior extração de Mg por plantas de capim-marandu observada neste trabalho, foi ocasionada pela maior concentração desse nutriente no solo, conforme o resultado analítico (Tabela 1). Fernandes (2018) relata que quando se adiciona calcário dolomítico ao solo, por vezes, os teores de Mg igualam ou superam os teores de Ca. Com o tempo, porém, ocorre maior remoção de Mg do solo, retornando à proporção normal de maiores teores Ca (Raij, 1983).

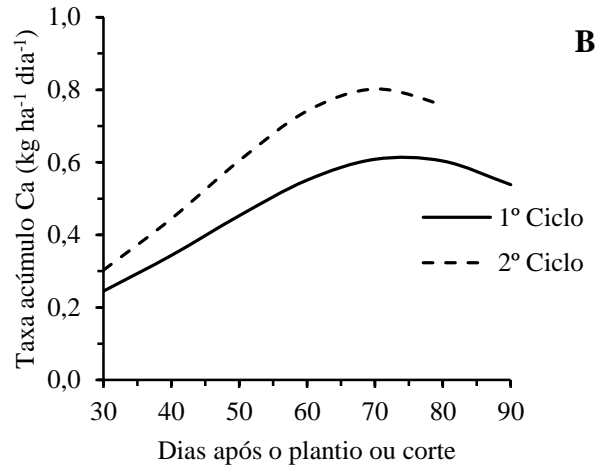
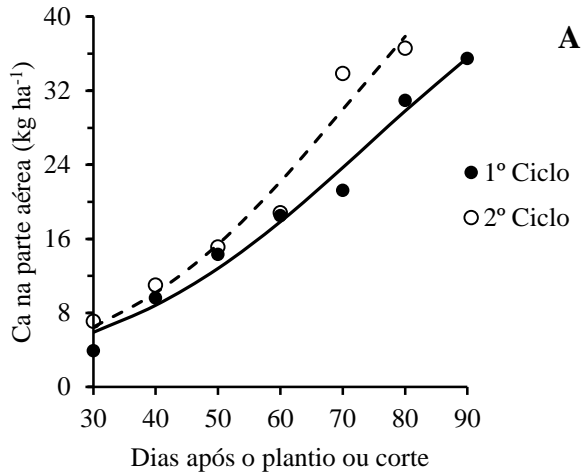
Assim como o Ca, o Mg não apresenta grandes problemas de perdas por lixiviação, dependendo da textura do solo, como também da fonte de fornecimento desse nutriente (Maria et al., 1993). Apesar do mesmo em comparação com o Ca ter maior mobilidade no perfil do solo (Zandoná et al., 2015). O Mg não é um elemento normalmente utilizado em adubações, mas é adicionado ao solo nas calagens. O fornecimento de Mg para as culturas é feito comumente por aplicação de calcário dolomítico (Raij, 2011). Assim, a adição de Mg para o capim-marandu deve ser efetuada no momento da correção do pH e/ou do teores de Ca e Mg do solo, ou seja, no início do cultivo, pois provavelmente não ocorrerá perdas para camadas fora do alcance do sistema radicular, já que a fonte comumente

utilizada é de baixa solubilidade, calcário dolomítico ( $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ ) (Alleoni et al., 2005; Natale et al., 2007; Dalla Nora et al., 2013).

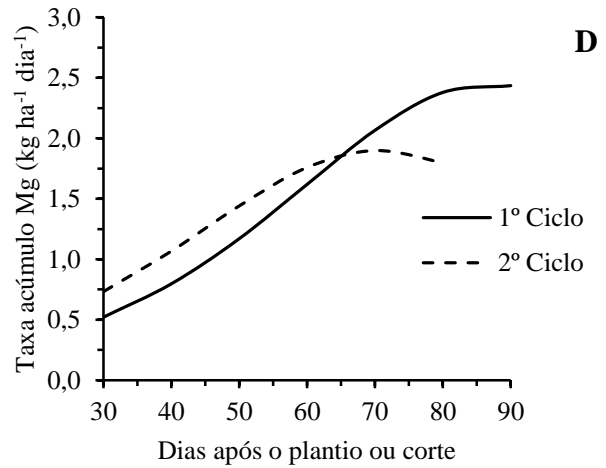
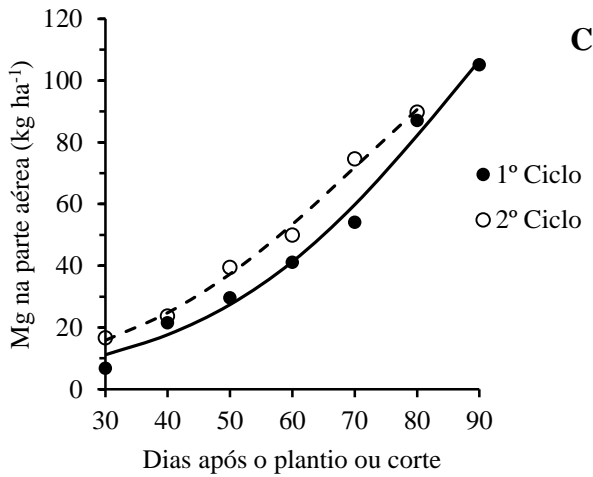
O S foi o menos absorvido por plantas de capim-marandu nos dois ciclos, apresentando acúmulo mais evidente, PCmin, a partir dos 37 e 19 dias, com valores estimados na ordem de 4,17 e 3,12  $\text{kg ha}^{-1}$  para o 1º e 2º ciclo (Figura 5E). O acúmulo máximo diário foi obtido aos 80 e 60 dias, sendo estimados em 0,41 e 0,29  $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , para o 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 5F). Com base nas equações de regressão, observa-se que no período de maior taxa de acúmulo (80 e 60 dias) as plantas acumularam 17,3 e 12,9  $\text{kg ha}^{-1}$  de S, nessa ordem (Figura 5E). Resultados semelhantes ao deste estudo foram observados por Primavesi et al. (2006) e Costa et al. (2009) avaliando doses e fontes de N na extração de nutrientes em capim-marandu, os quais encontraram acúmulo até 19 e 35  $\text{kg ha}^{-1}$  de S, respectivamente, quando utilizaram as maiores doses de N. Corroborando com estes resultados, Faria (2010) observou extração de 28,79  $\text{kg ha}^{-1}$  de S com aplicação de 557  $\text{kg ha}^{-1}$  N. O ponto de curvatura máximo seria alcançado aos 121 e 105 dias com valores na ordem de 30,8 e 23,05  $\text{kg ha}^{-1}$ , para o 1º e 2º ciclo.

O S na planta encontra-se, em sua maior parte, nas proteínas, desempenha funções que determinam aumentos na produção e na qualidade do produto obtido, sendo componente dos aminoácidos cistina, metionina e cisteína (Fernandes, 2018). A deficiência neste nutriente interrompe a síntese de proteínas retardando o crescimento das plantas e as mesmas se apresentam cloróticas. As necessidades da maioria das culturas estão na faixa de 10 a 30  $\text{kg ha}^{-1}$  de S, podendo ser mais elevadas para espécies mais exigentes (Raij, 2011). O enxofre pode ser perdido em quantidades importantes por lixiviação (Osterholm & Astrom, 2004). Dessa maneira, o S deve ser adicionado ao solo por ocasião do plantio, PCmin, por volta de 37 e 19 dias, 1º e 2º ciclo, e conforme houver aumentos na produtividade, com maiores demandas de S, pode-se planejar parcelar a dose anual recomendada, com intuito de mitigar perdas, principalmente em solos arenosos, e com isso otimizar a eficiência da adubação sulfatada.

1º Ciclo:  $y = 52,6181/(1+\exp^{-(x-74,27)/21,4096})$   $R^2 = 0,990$   
 2º Ciclo:  $y = 61,3171/(1+\exp^{-(x-70,8214)/19,0946})$   $R^2 = 0,980$



1º Ciclo:  $y = 197,8326/(1+\exp^{-(x-86,9014)/20,1929})$   $R^2 = 0,993$   
 2º Ciclo:  $y = 147,0142/(1+\exp^{-(x-70,8171)/19,349})$   $R^2 = 0,996$



1º Ciclo:  $y = 34,9808/(1+\exp^{-(x-79,3237)/20,9872})$   $R^2 = 0,992$   
 2º Ciclo:  $y = 26,1647/(1+\exp^{-(x-62,4657)/21,7583})$   $R^2 = 0,972$

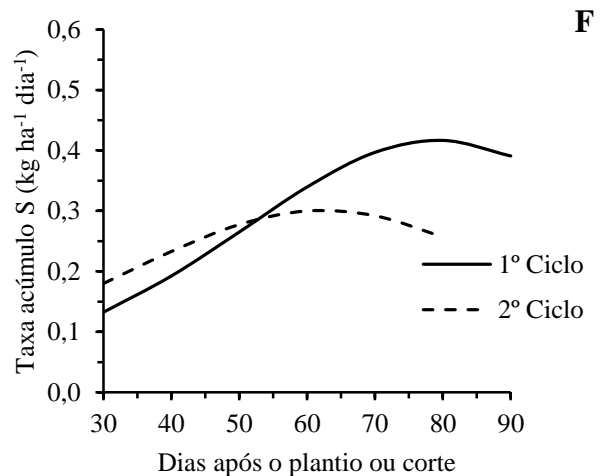
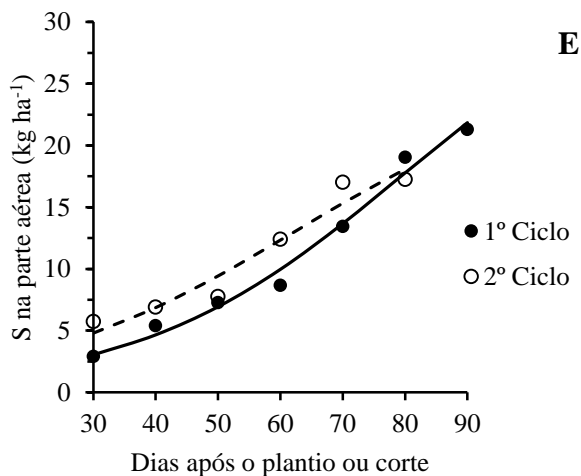


Figura 5. Marchas de acúmulo de cálcio (A), magnésio (B) e enxofre (C) pelo capim-marandu em dois ciclos de cultivo.



No primeiro ciclo, aos 50 dias as plantas apresentavam altura adequada para o corte, estimando-se uma produtividade média de 4,05 toneladas por hectare de matéria seca, e uma exportação de 70,0 kg ha<sup>-1</sup> de N, 11,8 kg ha<sup>-1</sup> de P, 88,5 kg ha<sup>-1</sup> de K, 12,81 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 27,41 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 6,94 kg ha<sup>-1</sup> de S (Figuras 3, 4 e 5). No segundo ciclo, as plantas de capim-marandu estavam aptas ao corte aos 40 dias após o primeiro corte, com a efetivação do corte nesse período, é obtido uma produtividade média de 5,48 toneladas por hectare de matéria seca, e uma exportação de 82,0 kg ha<sup>-1</sup> de N, 9,71 kg ha<sup>-1</sup> de P, 118,5 kg ha<sup>-1</sup> de K, 10,02 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 24,81 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 6,87 kg ha<sup>-1</sup> de S (Figuras 3, 4 e 5). Com isso, pode-se obter aproximadamente nove cortes por ano, tendo assim, uma estimativa anual de produtividade de 45,15 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, e uma exportação anual de 685,0 kg ha<sup>-1</sup> de N, 84,60 kg ha<sup>-1</sup> de P, 962,0 kg ha<sup>-1</sup> de K, 87,90 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 213,40 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 58,4 kg ha<sup>-1</sup> de S. Junto com a antecipação dos cortes, será necessário a antecipação das adubações de coberturas de 30 para 25 e 20 dias após a semeadura e corte, respectivamente.

#### 4. CONCLUSÕES

1. A produção de matéria seca e os acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S nos dois ciclos foram: 22,5 e 20,8 t ha<sup>-1</sup>; 229 e 227; 27 e 28; 368 e 300 kg ha<sup>-1</sup>; 35 e 37; 106 e 90; 21 e 18 kg ha<sup>-1</sup> no 1º e 2º ciclo aos 90 e 80 dias, respectivamente.

2. O acúmulo total de macronutrientes pelo capim-marandu acompanhou a produção de matéria seca. A ordem decrescente de acúmulo de nutrientes pelo capim marandu aos 90 e 80 dias, nos dois ciclos, é a seguinte K > N > Mg > Ca > P > S.

3. Os cortes podem ser antecipados para 50 dias no primeiro ciclo e 40 dias nos demais ciclos, com estimativa anual de produtividade de 45,15 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, e uma exportação anual de 685,0 kg ha<sup>-1</sup> de N, 84,60 kg ha<sup>-1</sup> de P, 962,0 kg ha<sup>-1</sup> de K, 87,90 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 213,40 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 58,4 kg ha<sup>-1</sup> de S.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alleoni, L. R. F.; Cambri, M. A.; Caires, E. F. Atributos químicos de um latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.923-934, 2005.

Alvares, C.A; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, vol.22, n.6, p.711-728, 2014.

Anjos, J. L.; Sobral, L. F.; Lima Junior, M. A. Efeito da calagem em atributos químicos do solo e na produção da laranjeira. *Agriambi*, v.15, n.11, p.1138-1142, 2011.

- Araújo A. P.; Rossiello R. O. P. Aplicação da análise quantitativa do crescimento vegetal para avaliar a absorção e a utilização de nutrientes. In: Araújo A. P., Alves B. J. R. eds. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência Solo, v.8, p.293-323, 2013.
- Benício, L. P. F.; Oliveira, I. M. Produtividade de pastagens de *Brachiaria brizantha*, c.v. Marandu em função de níveis de adubação fosfatada e calagem. PUBVET, v.5, n.13, p.1079-1085, 2011.
- Braz, A. J. B. P.; Silveira, P. M.; Kliemann, H. J.; Zimmermann, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.34, n.2, p.83-87, 2004.
- Bredemeier, C.; Mundstock, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. Ciência Rural, v.30, n.2, p.365-372, 2000.
- Carvalho, N. L.; Zobot, V. Nitrogênio: nutriente ou poluente? Rev. elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v.6, n. 6, p. 960-974, 2012.
- Cavalcante, T. J.; Castoldi, G.; Rodrigues, C. R.; Nogueira, M. M. Albert, A. M. Macro and micronutrients uptake in biomass sorghum. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.48, n.4, p.364-373, 2018.
- Cecato, U.; Yanaka, F. Y.; Brito Filho, M. R. T.; Santos, G. T.; Canto, M. W.; Onorato, W. M.; Peternelli, M. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilamento do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv. Marandu). Acta Scientiarum, v.22, n.3, p.817-822, 2000.
- Costa, J. A. A.; Queiroz, H. P. Régua de manejo de pastagens. Campo Grande: EMBRAPA, 2013.
- Costa, K. A. P.; Faquin, V.; Oliveira, I. P.; Severiano, E. C.; Simon, G. A.; Carrijo, M. S. Extração de nutrientes do capim-marandu sob doses e fontes de nitrogênio. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.10, n.4, p.801-812, 2009.
- 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.
- Dalla Nora, D. D., Amado, T. J. C.; Girardello, V. C.; Mertins, C. Gesso: alternativa para redistribuir verticalmente nutrientes no perfil do solo sob sistema plantio direto. Revista Plantio Direto, v.133, n.1, p.8-20, 2013.
- Dordas, C. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. Agronomy For Sustainable Development, v.28, n.1, p.33-46, 2008.
- Faria, A. F. G. Acúmulo de forragem verde, extração de nutrientes e valor nutricional do capim-xaraés adubado com nitrogênio. Jaboticabal: Unesp, 2010 81p. Dissertação Mestrado
- Fernandes, A. M.; Soratto, R. P.; Silva, B. L.; Souza-Schlick, G. D. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.45, n.8, p.826-835, 2010.
- Fernandes, M. S. Nutrição Mineral de Plantas. 2.ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa: MG, 2018. 670p.
- Figueiredo, G. C. Movimentação de cálcio de diferentes fontes adicionadas em colunas de dois latossolos. Viçosa: UFV, 2006. 72p. Tese Doutorado

- Franco, M. "Aids" do Marandu tem raízes na umidade do solo. ACRE: DBO Rural, 2006.
- Frazão, L. A.; Píccolo, M. C.; Feigl, B. J.; Cerri, C. C.; Cerri, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, n.5, p.641-648, 2008.
- Ghisi, O. M. A.; Pedreira, J. V. S. Características agronômicas das principais *Brachiaria* spp. In: Pedreira, J. V. S.; Meirelles, N. M. F. Encontro sobre capins do gênero *Brachiaria*, Nova Odessa, 1986. Anais... Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987.
- Gimenes, F. M. A.; Silva, S. C.; Fialho, C. A.; Gomes, M. B.; Berndt, A.; Gerdes, L.; Colozza, M. T. Ganho de peso e produtividade animal em capim-marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, n.7, p.751-759, 2011.
- Holanda, J. S.; Dantas, J. A.; Medeiros, A. A.; Ferreira Neto, M. Medeiros, J. F.; Guedes, F. X. Indicações para adubação de culturas em solos do Rio Grande do Norte. Parnamirim, RN: EMPARN, 2017. (Série Documentos, 46)
- International Plant Nutrition Institute – IPNI. 4C Nutrição de Plantas: um manual para melhorar o manejo da nutrição das plantas, versão métrica /International Plant Nutrition Institute. Piracicaba: IPNI, 2013. 134p.
- Jacovetti, R. Desempenho agronômico e nutricional do capim "Mulato II" sob doses e fontes de nitrogênio. Goiânia: UFG, 2016. 98p.
- Lugão, S. M. B.; Rodrigues, L. R. A.; Abrahão, J. J. S.; Malheiros, E. B.; Morais, A. Acúmulo de forragem e eficiência de utilização do Nitrogênio em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. (Acesso BRA-006998) adubadas com Nitrogênio. Acta Scientiarum. Animal Sciences, v.25, n.2, p.371-379, 2003.
- Macedo, M. C. M.; Zimmer, A. H.; Kichel, A. N.; Almeida, R. G.; Araújo, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: Encontro de adubação de pastagens da Scot Consultoria-Tec-Fértil, 25., 2013, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: EMBRAPA, 2013. p.158-181.
- Magalhães, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: Ferri, M. G. Fisiologia vegetal. São Paulo, EPU, 1985. V.1, p.363 - 50.
- Maria, I. C.; Rosseto, R.; Ambrosano, E. J.; Castro, O. M. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. Scientia Agricola, v.50, n.1, p.87-98, 1993.
- Marin, F. R.; Pilau, F. G.; Spolador, H. F. S.; Otto, R.; Pedreira, C. G. S. Intensificação sustentável da agricultura brasileira Cenários para 2050. Revista de Política Agrícola, Brasília, n. 3, p.108-124, 2016.
- Medica, J. A. S.; Santos, M. E. R.; Reis, N. S.; Silva, N. A. M.; Ferreira Neto, J. G. Índice de horizontalidade e remoção de tecidos do capim-marandú. Ciência Animal Brasileira, v.18, p.1-15, 2017.
- Meirelles, P. R.; Mochiutti, S. Formação de pastagens com Capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv Marandu) nos cerrados do Amapá. Macapá: EMBRAPA Amapá, 1999.
- Miyazawa, M.; Pavan, M.A.; Muraoka, T.; Carmo, C.A.F.S.; Melo, W.J. Análise química de tecido vegetal. In: Silva, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ª ed. rev., ampl. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2009. Cap. 2, p.191-233.

- Moreira, A. C. M.; Santos, C. H.; Fabris, L. B.; Calonego, J. C. Perdas de nitrogênio por volatilização em sistema de plantio direto em solo arenoso, *Colloquium Agrariae*, vol.13, n.Especial, p. 115-121, 2017.
- Natale, W.; Prado, R. M.; Rozane, D. E.; Romualdo, L. M. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1475-1485, 2007.
- Osterholm, P.; Astrom, M. Quantification of current and future leaching of sulfur and metals from Boreal acid sulfate soils, western Finland. *Australian Journal Of Soil Research*, v.42, p.547-551, 2004.
- Pace, P. F.; Cralle, H. T.; El-Halawany, S. H. M.; Cothren, T. J.; Scott, A. Senseman Drought-induced Changes in Shoot and Root Growth of Young Cotton Plants. *The Journal Of Cotton Science*, v.3, p.183-187, 1999.
- Paula, C. C. L.; Euclides, V. P. B.; Lemppii, B.; Barbosa, R. A.; Montagner, D. B.; Carlotto, M. N. Acúmulo de forragem, características morfogênicas e estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. *Ciência Rural*, v.42, n.11, p.2059-2065, 2012.
- Pedreira, B. C. E.; Pedreira, C. G. S.; Silva, S. C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.2, p.281-287, 2007.
- Pedula, R. O.; Schultz, N.; Monteiro, R. C.; Pereira, W.; Araújo, A. P.; Urquiaga, S.; Reis, V. M. Growth analysis of sugarcane inoculated with diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 11, n. 30, p. 2786-2795, 2016.
- Peixoto, C.P.; Cruz, T.V.D.; Peixoto, M.F.S.P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. *Enciclopédia Biosfera*, v.13, n.7, p.51-76, 2011.
- Prado, R. M. Manual de nutrição de plantas forrageiras. Jaboticabal: Funep, 2008. 500p.
- Primavesi, A. C.; Primavesi, O.; Corrêa, L. A.; Silva, A. G.; Cantarella, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.3, p.562-568, 2006.
- Raij, B. V. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute (IPNI), cap.3, p.21-2; cap. 8, p. 109-14, 1983.
- Raij, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2011. 420p.
- Ribeiro, C. A.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez, V. H. Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, 1999.
- Rocha, A. A.; Araujo, E. S.; Santos, S. S.; Goulart, J. M.; Espindola, J. A. A.; Guerra, J. G. M.; Alves, B. J. R.; Rouws, J. R. C. Ammonia Volatilization from Soil-Applied Organic Fertilizers. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 43, n. 1, p.1-10, 2019.
- Rodrigues, C. A. G.; Grego, C. R.; Gimenes, F. M. A.; Almeida, C. G. F.; Oliveira, A. Taxa de acúmulo de matéria seca e biomassa aérea de uma pastagem de capim braquiária. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.A.; Lumbreras, J.F.; Coelho, M.R.; Almeida, J.A.; Araújo Filho, J.C.; Oliveira, J.B.; Cunha, T.J.F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa Solos, 2018. (E-book).

Santos, H. Q.; Fonseca, D. M.; Cantarutti, R. B.; V. H. Alvarez, V. H. V.; Júnior, N. 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, p.173-182, 2002.

Sbrissia, A. F. Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim Marandu sob lotação contínua. São Paulo: USP, ESALQ, 2004. 117p. Tese Doutorado

Scientific Graphing Software. SigmaPlot 14.0. Jandel: San Rafael. 2018.

Soratto, R. P.; Crusciol, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n.1, p.675-688, 2008.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I.; Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. Z. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 574 p.

Teixeira, R. N. V; Pereira, C. E; Kikuti, H; Deminicis, B. B. *Brachiaria brizantha* (Syn. *Uroclhoa brizantha*) cv. Marandu sob diferentes doses de nitrogênio e fósforo em Humaitá-AM, Brazil. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, v.11, n.2, p.35-41, 2018.

Valle, C. B; Macedo M. C. M.; Euclides, V. P. B.; Jank, L; Resende. L. M. S. Gênero *Brachiaria*. In: Fonseca, D. M.; Martuscello, J. A. Plantas forrageiras. Viçosa: UFV, 2010. p.30-77.

Zandoná, R. R.; Beutler, A. N.; Burg, G. M.; Barreto, C. F.; Schmidt, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. Pesq. Agropec. Trop., v.45, n.2, p.128-137, 2015.

## CAPÍTULO II – RENDIMENTO DO CAPIM-MARANDU EM RESPOSTA ÀS ADUBAÇÕES NITROGENADA E FOSFATADA

### RESUMO

As doses recomendadas de nitrogênio (N) e de fósforo (P) para as gramíneas forrageiras variam em função de diversos fatores, destacando-se a produtividade esperada da forrageira, o nível tecnológico adotado no cultivo e a disponibilidade de P no solo. A partir disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do capim-marandu a doses de N e de  $P_2O_5$  em condições de campo e definir doses desses nutrientes associadas à obtenção da máxima produtividade física e econômica. O experimento foi conduzido em um Neossolo Quartzarênico no município de Macaíba-RN, no período de janeiro 2017 a janeiro de 2018. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 11 tratamentos e quatro repetições, totalizando 44 parcelas, apresentando cada uma 5,76 m<sup>2</sup> de área útil. Os tratamentos consistiram de 5 doses de N (0, 400, 800, 1200 e 1600 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N) aplicadas junto com 150 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  e 5 doses de fósforo (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$ ) aplicadas junto com 1200 kg ha<sup>-1</sup> de N, mais um tratamento testemunha sem a aplicação de N e nem de  $P_2O_5$ . As variáveis avaliadas em seis cortes do capim-marandu, através da coleta de toda a forragem da área útil de cada parcela, foram altura das plantas, relação folha/colmo, teor de N e de P na folha diagnóstica, teor de proteína bruta, produção de matéria seca e N e P acumulado na planta. O crescimento da planta e a produtividade de forragem do capim-marandu aumentou em função do aumento das doses de N e de  $P_2O_5$ . A qualidade da forragem aumentou com o aumento das doses de N, mas não foi influenciada pela adubação fosfatada. A estimativa da dose anual de N recomendada para a produtividade de capim-marandu, equivalente a 90% da máxima produtividade obtida, foi de 860 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto para P esse valor foi estimado em 100 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$ .

**Palavras-chave:** *Brachiaria brizantha*, exportação de nutrientes, relação folha/colmo, proteína.

## CHAPTER II – YIELD OF MARANDU CAPIMENT IN RESPONSE TO NITROGEN AND PHOSPHATED FERTILIZERS

### ABSTRACT

The recommended doses of nitrogen (N) and phosphorus (P) for forage grasses vary depending on several factors, highlighting the expected forage productivity, the technological level adopted for cultivation and the availability of P in the soil. From this, the objective of this work was to evaluate the response of marandu grass to N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> doses under field conditions and to define doses of these nutrients associated to obtain the maximum physical and economic productivity. The experiment was conducted in a Quartzarenic Neossol in the city of Macaíba-RN, from January 2017 to January 2018. The experimental design was randomized blocks with 11 treatments and four replications, totaling 44 plots, each presenting 5.76 m<sup>2</sup> of floor area. The treatments consisted of 5 N rates (0, 400, 800, 1200 and 1600 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> of N) applied together with 150 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 5 phosphorus doses (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) applied together with 1200 kg ha<sup>-1</sup> of N, plus a control treatment without the application of N or P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. The variables evaluated in six cuts of marandu grass, by collecting all the forage of the useful area of each plot, were plant height, leaf / stem ratio, N and P content in the diagnostic leaf, crude protein content, dry matter production and accumulated N and P in the plant. Plant growth and forage yield of marandu grass increased as a function of increasing N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> rates. Forage quality increased with increasing N rates, but was not influenced by phosphate fertilization. The estimated annual N dose for marandu grass yield, equivalent to 90% of the maximum yield obtained, was 860 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, while for P this value was estimated at 100 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Key-words:** *Brachiaria brizantha*, nutrient export, leaf / stem ratio, protein.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, são encontrados cerca de 158 milhões de hectares de terras ocupadas com pastagens, sendo 112 milhões de hectares com pastagens cultivadas e 46 milhões de hectares com pastagens naturais (IBGE, 2017). Dentre as espécies cultivadas destaca-se o capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), sendo considerada uma das principais gramíneas forrageiras cultivadas nas pastagens do país, compondo cerca de 60 milhões de hectares de área plantada (Paula et al., 2012; Macedo et al., 2013; Marin et al., 2016; Medica et al., 2017). Segundo Rodrigues Júnior et al. (2015), essa gramínea vem sendo amplamente utilizada em função de apresentar produtividade elevada, bom valor nutritivo e persistência em períodos de estiagem, além de boa adaptação à maioria dos solos tropicais.

A obtenção de produtividades elevadas de plantas forrageiras é afetada negativamente por diversos fatores, destacando-se as práticas inadequadas de manejo da pastagem, especialmente a falta de correção e adubação dos solos cultivados com plantas forrageiras. Quando o suprimento de nutrientes do solo para as plantas forrageiras não é adequado, a cobertura vegetal do solo proporcionada pela pastagem é pequena. Isso impacta diretamente a produtividade da pastagem, expondo o solo à compactação, ao escoamento superficial e à erosão hídrica. No Brasil, a diminuição da fertilidade do solo causada pela exportação de nutrientes por ocasião da colheita das plantas forrageiras, aliada a não utilização de corretivos e fertilizantes ou à utilização dos mesmos em doses inadequadas, é considerada uma das principais causas da obtenção de produtividades muito baixas das plantas forrageiras cultivadas e da degradação de pastagens (Dias-Filho & Lopes, 2019).

Dentre os nutrientes que mais limitam a obtenção de produtividades elevadas das gramíneas forrageiras nos solos tropicais, destacam-se o nitrogênio (N) e o fósforo (P). Geralmente, esses nutrientes são encontrados nos solos em concentrações muito baixas em relação às necessidades das plantas. Isso ainda é mais evidente quando se cultiva gramíneas forrageiras em solos arenosos, visto que essas plantas são exigentes em N e esses solos geralmente são pobres em matéria orgânica e N.

O N é considerado, quantitativamente, o nutriente mais importante para o aumento da produtividade de plantas forrageiras, sendo constituinte essencial das proteínas, ácidos nucleicos, hormônios e da clorofila, atuando diretamente no processo fotossintético (Galindo et al., 2018a; Dias-Filho & Lopes, 2019). Quanto ao P, sabe-se que a maioria dos solos brasileiros é pobre em P e apresenta capacidade máxima de adsorção de P elevada (Novais et al., 2007).

Embora as gramíneas forrageiras geralmente sejam mais exigentes em N que em P, todavia as adubações fosfatadas são indispensáveis para que essas forrageiras produzam bem (Santos et al., 2002). A importância do P para as gramíneas forrageiras encontra-se relacionada à participação direta desse nutriente nos processos vitais da planta, sendo componente importante do material genético, dos compostos energéticos bioquímicos e dos fosfolipídios (Cecato et al., 2008; Taiz et al., 2017).



As principais tabelas de recomendação de adubação em uso no país (Raij et al., 1997; Ribeiro et al., 1999; Souza & Lobato, 2004; Cavalcanti et al. 2008; SBCS, 2016; Holanda, et al., 2017; Pauletti & Motta, 2019), recomendam para espécies forrageiras doses de N que variam de 20 a 450 kg ha<sup>-1</sup> (média de 49 a 187 kg ha<sup>-1</sup> de N) e de 0 a 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (média de 2,9 a 147 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Nessas tabelas, essas doses variam em função de vários fatores, como a produtividade esperada da forrageira, o nível tecnológico adotado no cultivo e a disponibilidade de P no solo.

Apesar de recomendarem doses máximas que não ultrapassam 450 kg ha<sup>-1</sup> de N e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, vários trabalhos tem demonstrado que as espécies forrageiras respondem a doses maiores desses nutrientes. Dupas et al. (2010), avaliando o efeito de doses de N no rendimento de matéria seca do capim-marandu, obtiveram maior produtividade aplicando 1020 kg ha<sup>-1</sup> de N. Primavesi et al. (2006), e Sousa et al. (2013), recomendam doses de N iguais a 800 e 773 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. Teixeira et al. (2018) observaram que, utilizando doses de até 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, quando associado ao N, a produtividade de matéria seca do capim-marandu aumentou linearmente. Souza & Lobato (2003), destacam que a braquiária apresenta potencial de resposta à adubação fosfatada, sendo observados maiores incrementos na produtividade aplicando-se doses variando de 60 a 280 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do capim-marandu a doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em condições de campo e definir doses desses nutrientes associadas à obtenção da máxima produtividade física e econômica.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido na área de experimentação da Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), campus de Macaíba, entre as coordenadas centrais 5° 53' 35.12" Latitude Sul e 35° 21' 47. 03" Longitude Oeste (Figura 1). A área do experimento apresenta, segundo a classificação de Köppen, clima tipo As, com estação chuvosa concentrada entre maio e julho e uma estação muito seca na primavera, entre setembro e dezembro. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.280 mm, e a temperatura média mensal varia de 24 a 28° C (Alvarez et al., 2014).

As medidas de temperatura do ar foram obtidas por meio da sonda HMP155A (Vaisala Corporation, Helsink, Finland), acoplada em torre instalada no local do experimento. Essas medições foram coletadas e armazenadas na frequência de 10 Hz, em um cartão de memória acoplado a um Datalogger modelo CR1000 (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA). Os dados de precipitação foram obtidos por meio de leituras a partir de pluviômetro do tipo Ville de Paris em aço inox, instalado no local do experimento (Figura 2).

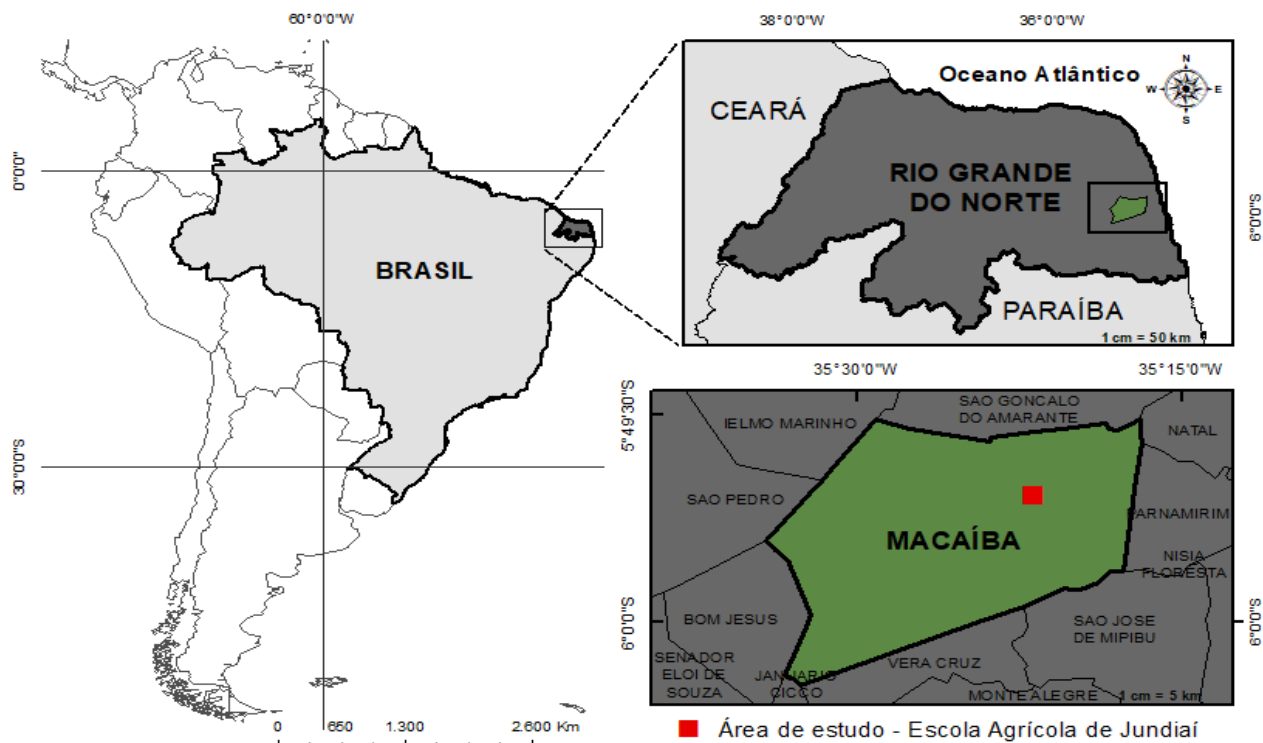


Figura 1. Mapa de localização da área de experimentação na Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba-RN.

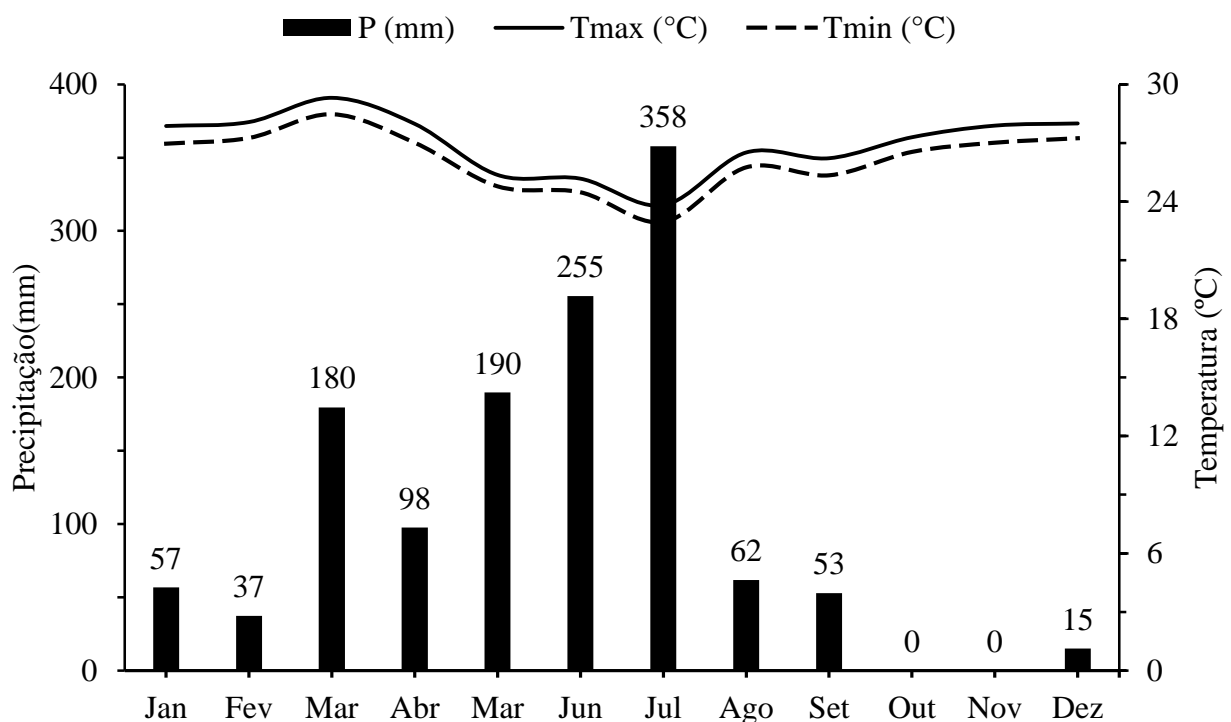


Figura 2. Variação da precipitação pluvial e das temperaturas mínimas e máximas observadas na área experimental durante a condução do experimento.

O solo da área experimental apresenta textura arenosa e topografia suavemente inclinada, sendo classificado como Neossolo Quartzarênico (Arenosols) no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018). Foi obtida uma amostra de solo composta da mistura homogênea de

20 amostras simples coletadas na camada de 0-20 cm do solo da área experimental. Em seguida, a amostra foi acondicionada em saco plástico devidamente identificado e encaminhado ao Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta da Universidade Federal Rural do Semiárido (LASAP/UFERSA). Depois de obtida a TFSA, a análise química e granulométrica dessa amostra foi realizada conforme métodos analíticos descritos em Teixeira et al. (2017). Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e teores de areia, silte e argila do solo da área experimental antes da instalação do experimento, avaliadas na camada de 0-20 cm de profundidade<sup>(1)</sup>.

pH H <sub>2</sub> O	M.O	N <sub>total</sub>	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	Areia	Silte	Argila
	--- g kg <sup>-1</sup> ---		----- mg dm <sup>-3</sup> -----			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				----- g kg <sup>-1</sup> -----		
5,9	2,64	0,7	1,0	32,8	5,3	0,4	1,2	0,05	0,83	940	40	20

<sup>(1)</sup> Análises realizadas de acordo com Teixeira et al. (2017).

O experimento foi conduzido entre os meses de janeiro de 2017 a janeiro de 2018. Nesse período, foram realizados seis cortes do capim-marandu, sendo o primeiro corte efetuado aos 100 dias após o plantio, e os seguintes com intervalo de 48 dias após cada corte.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 11 tratamentos e quatro repetições, totalizando 44 parcelas. Cada parcela tinha a área de 9,0 m<sup>2</sup> (3,0 m x 3,0 m), sendo que para coleta de dados foi descartada 0,30 m de bordadura nos quatro lados da parcela, totalizando uma área útil de 5,76 m<sup>2</sup>. Os cinco primeiros tratamentos consistiram de cinco doses de nitrogênio (0, 400, 800, 1200 e 1600 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N) aplicadas junto com 150 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, os tratamentos seis a dez referem-se às cinco doses de fósforo (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicadas junto com 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, mais um tratamento testemunha sem a aplicação de N e nem de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. As doses de fósforo e nitrogênio estudadas, foram estipuladas a partir da recomendação de Ribeiro et al. (1999) e de Dupas et al. (2010), respectivamente.

Primeiramente, 30 dias antes do plantio, foi realizada a aplicação e incorporação de 1,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT = 45%; CaO = 35% e MgO = 12%) para elevar o pH e a saturação por bases do solo. Imediatamente antes do plantio foi realizada uma gradagem na área, e em seguida foi realizada a adubação de plantio junto com a semeadura. Todas as parcelas experimentais foram adubadas com 150 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 30 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de S, 1,0 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de B, 3,0 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Zn e 0,5 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Cu (Ribeiro et al., 1999). Nas adubações desse experimento foram utilizados os seguintes fertilizantes comerciais: ureia, sulfato de amônio, superfosfato triplo, cloreto de potássio e FTE BR-12 como fonte de micronutrientes.

As doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, S, B, Zn e Cu foram aplicados 100 % por ocasião do plantio, juntamente com 10 % da dose de N utilizada para cada tratamento e 50 % da dose de K<sub>2</sub>O utilizada. Os 90% restantes das doses de N de cada tratamento e os 50% da dose de K<sub>2</sub>O foram parceladas em doses

iguais e aplicadas em 10 épocas, correspondentes a duas épocas para cada um dos cinco primeiros ciclos de produção. No primeiro ciclo as doses de N e de K<sub>2</sub>O foram aplicadas aos 30 e 60 dias após o plantio. Do segundo ao quinto ciclo de produção, esses nutrientes foram aplicados sempre aos 14 e 28 dias após a colheita do ciclo anterior. Durante o sexto ciclo de produção avaliado, não foi realizada nenhuma adubação. As adubações de plantio e cobertura foram realizadas a lanço, distribuindo o adubo uniformemente em todas as parcelas experimentais.

Logo após a adubação de plantio, semearam-se manualmente e a lanço sobre o solo de todas as parcelas, as sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, na quantidade de 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Após a semeadura, um rolo compactador foi passado sobre o solo visando aumentar o contato das sementes e dos adubos com o solo. A água evapotranspirada, foi repostada via irrigações suplementares, utilizando sistema de irrigação aspersão convencional, constituindo por linhas laterais fixas, com turno de rega de dois dias, evitando-se problemas com déficit hídrico.

Em todos os seis cortes do capim-marandu, coletou-se toda a forragem da área útil de cada parcela experimental, cortando as plantas a 20 cm do solo com tesoura inoxidável. Em seguida, as amostras de plantas foram identificadas e encaminhadas para análise química no laboratório. Por ocasião da colheita das plantas em cada corte, a altura das plantas de cada parcela foi avaliada com o auxílio de uma haste graduada, posicionando-a em 12 pontos distintos dentro da parcela. A partir dessas 12 leituras, foi calculada a altura média das plantas de cada parcela.

No laboratório, foi medida a massa da matéria fresca das plantas coletadas na área útil de cada parcela. Depois, foi retirada uma subamostra de aproximadamente 800 gramas de matéria fresca, a qual foi acondicionada em saco de papel furado e encaminhada para a estufa de circulação forçada de ar a 65°C, onde ficou até atingir peso constante. Com o auxílio de balança analítica foi medida a massa da matéria seca e os dados expressos em “t ha<sup>-1</sup>”.

Uma segunda subamostra foi retirada e realizada a separação morfológica do capim-marandu em folha e colmo. A matéria fresca e seca das subamostras de folha e de colmo foi obtida segundo a mesma metodologia para a obtenção da matéria fresca e seca da subamostra da planta inteira. Nessa mesma ocasião, também foi coletada uma amostra de aproximadamente 150 gramas de folhas diagnósticas (duas últimas folhas completamente expandidas) em cada ciclo do capim-marandu para a quantificação dos teores de N e de P, tendo em vista a avaliação do estado nutricional das plantas em relação a esses macronutrientes. Essas amostras também foram acondicionadas em saco de papel furado e encaminhadas para a estufa de circulação forçada de ar a 65°C, onde ficou até atingir peso constante. Com esses valores foi possível calcular a relação folha/colmo do capim-marandu para cada tratamento.

Após secas, as subamostras de matéria seca da planta inteira e das amostras das folhas diagnósticas do capim-marandu foram trituradas em um moinho tipo Willey, e depois analisadas

quimicamente quanto aos teores dos macronutrientes N e P. Essas análises foram realizadas no laboratório de análise de tecido vegetal da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), seguindo a metodologia proposta por Miyazawa et al. (2009).

O acúmulo de N e de P no capim-marandu foi calculado multiplicando os teores de N e de P da planta inteira pelo o acúmulo de matéria seca total. A quantificação do teor de proteína bruta no capim-marandu foi obtida pelo produto do teor de nitrogênio da planta inteira (convertido em porcentagem) multiplicado por 6,25.

As eficiências de recuperação de N e de P pela planta, em função de doses de nitrogênio e de fósforo foram estimadas pelo acúmulo de N ou de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) com adubação, menos o acúmulo de N ou de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) sem adubação, dividido pela dose de N ou de P aplicada ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) multiplicadas por 100, com os dados expressos em porcentagem (Silva et al., 2011). Para esse cálculo, transformou-se as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicadas em doses de P, dividindo-se os valores das doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por 2,2914.

Os dados foram submetidos à análises de variância e de regressão, utilizando-se o software SISVAR v. 5.3 (Ferreira, 2014). Para cada característica avaliada, o quadrado médio do resíduo da análise de variância foi utilizado como erro experimental para testar a significância dos coeficientes dos modelos de regressão que foram ajustados.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Adubação Nitrogenada**

A altura das plantas de capim-marandu aumentou com as doses de N aplicadas, sendo observado maior incremento quando a dose variou de 0 a  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 3a). Os dados de altura da planta foram ajustados o modelo raiz quadrada, com estimativas de 41,2 cm de altura da planta para a dose zero de N, e de 72,8 a 87,8 cm de altura da planta, quando as doses de N variaram de 400 a  $1600 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente (Figura 3a).

A altura do pasto é uma característica estrutural de grande importância para o manejo prático das plantas forrageiras, pois indica, por exemplo, o melhor momento para entrada dos animais na pastagem. A altura, em muitos estudos, apresenta boa correlação com a produção de matéria seca das pastagens, podendo assim predizer de maneira indireta a quantidade de forragem disponível para um determinado ciclo de pastejo, auxiliando o produtor na melhor tomada de decisão (Castagnara et al., 2011; Nantes et al.; 2013).

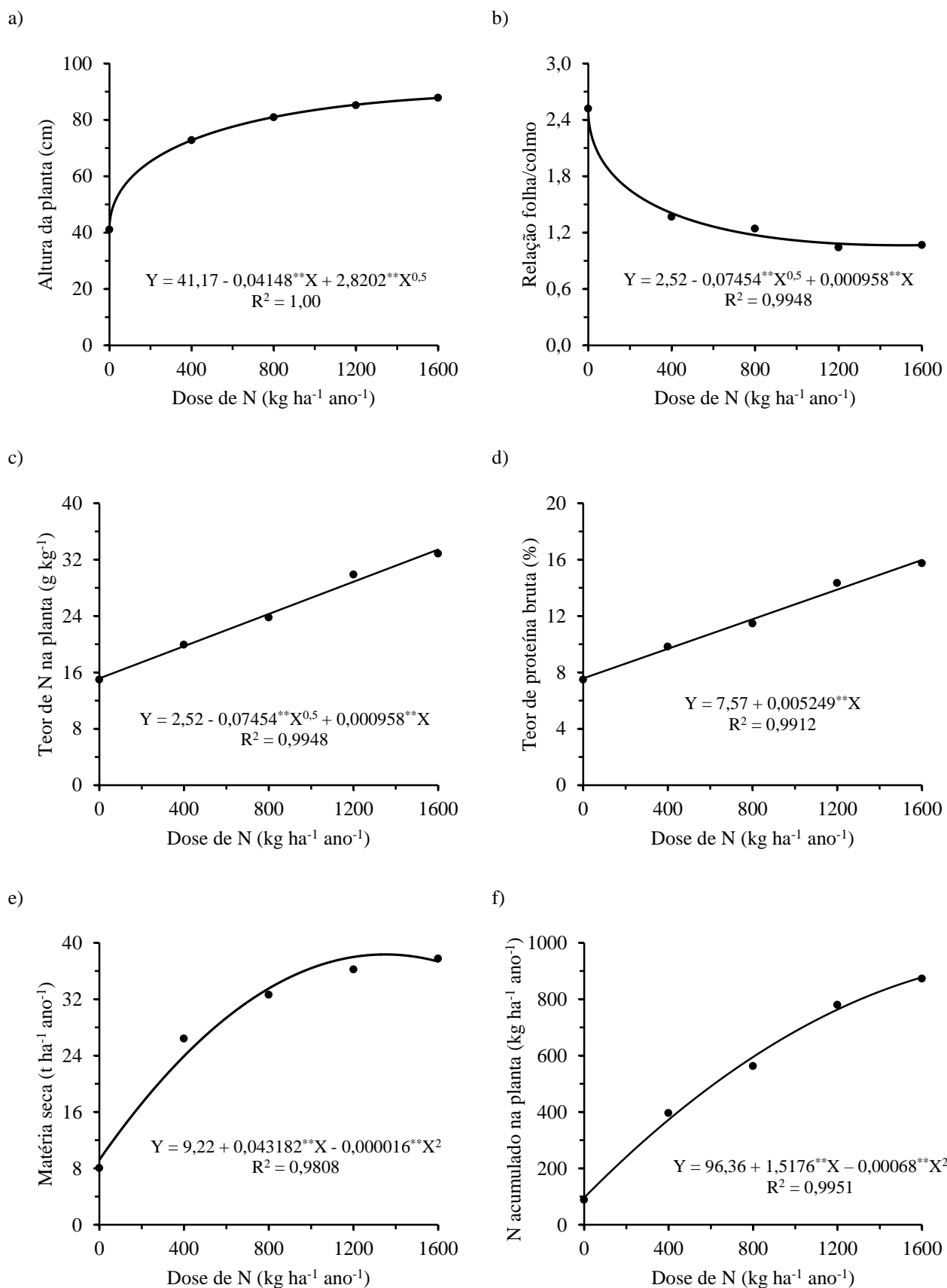


Figura 3. Médias de altura da planta (a), relação folha/colmo (b), teor de fósforo na folha diagnóstica da planta (c), teor de proteína bruta na parte aérea da planta (1d), matéria seca da parte aérea da planta (1e) e fósforo acumulado na parte aérea da planta (1f) do capim-marandu em função de doses de nitrogênio aplicadas ao solo.

A altura de entrada de animais no pasto, varia de acordo com as condições edafoclimáticas e de manejo do pastejo de cada região. As alturas obtidas no presente estudo, quando se utilizou adubação nitrogenada, estão acima das indicadas pela Costa & Queiroz (2013) e Jochims et al. (2018), que variam de 35 a 50 cm para o capim-marandu, indicando que o intervalo entre dois cortes consecutivos deve ser mais curto à medida que se aumenta a quantidade de N aplicado na pastagem.

Em estudos realizados com forragens alguns autores obtiveram aumento na altura quando aplicaram maiores doses N nas pastagens (Carard et al., 2008; Silva Filho et al., 2014; Souza et al., 2017; Germano et al., 2018; Nascimento et al., 2019). A aplicação de fertilizantes nitrogenados em pastos permite intervalo de descanso mais reduzido ou ainda maior periodicidade de pastejo, possibilitando uma melhor utilização da forragem produzida com qualidade (Sousa et al., 2013). A aplicação de N acelerou o crescimento das plantas, evidenciando assim a capacidade de uso da altura do pasto como característica prática em condições de campo para avaliar a melhor estratégia de manejo em determinado ciclo de pastejo ou corte. Silva et al. (2013) obtiveram alturas de capim-marandu de 77, 78 e 89 cm com a aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, e apontam a altura das plantas, como indicativo do aumento de biomassa disponível, ou seja, uma maior oportunidade de ingestão de forragem pelo animal.

Na ausência de adubação nitrogenada a relação folha/colmo (RFC) foi elevada (2,5), mas esse valor caiu para 1,4 na dose 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N. Em seguida, a mesma decresceu muito pouco, variando de 1,17 a 1,07 em função do aumento das doses de N de 800 a 1600 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 3b). A relação folha/colmo é uma característica estrutural importante em condições de pastejo, pois influencia no consumo de forragem pelo animal. No pasto a folha é a parte de maior preferência e o componente da alimentação fundamental para o animal em pastejo, pois pode propiciar maior qualidade e digestibilidade da dieta, além de maior consumo voluntário desde que haja disponibilidade.

A aplicação de N, mesmo na dose 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, favoreceu o crescimento da planta propiciando uma menor relação folha/colmo em virtude do aumento da quantidade de colmo, isso ocorreu devido à competição entre as plantas pela radiação solar. Porém esse fato também acarreta em maior produção de matéria seca verde (PMSV - termo utilizado quando não são contabilizadas as frações de material senescente), e tendo em vista que a oferta de forragem deve levar em consideração o binômio quantidade-qualidade, ou seja, não é interessante uma relação folha/colmo alta em função do não alongamento de colmo de plantas que não cresceram, pois nesse caso provavelmente, sem adubação nitrogenada, também não haverá alongamento de folhas e as mesmas não irão contribuir com a maior PMSV.

Neste estudo a aplicação de doses de N diminuiu a RFC, corroborando com os resultados obtidos por Rodrigues et al. (2017), quando utilizaram até 450 kg ha<sup>-1</sup> de N. Contudo mesmo com a

maior quantidade de N adicionada no capim-marandu, a relação folha/colmo foi superior a RFC crítica de 1:1 conforme Pinto et al. (1994) e Bezerra et al. (2017). De qualquer forma os possíveis efeitos negativos observados na RFC em função do aumento das doses de N podem ser compensados parcialmente ou totalmente pelo benefício do aumento de produção de fitomassa, ou seja, matéria seca verde (Rodrigues et al., 2008; Porto et al., 2014).

Outra forma de manejar o capim-marandu, adubado com N, com o intuito de otimizar o binômio quantidade-qualidade, ou seja, aumentar a RFC sem grandes diminuições na PMSV, seria diminuir o intervalo entre cortes ou aumentar a frequência de pastejo, pois essa cultivar de planta forrageira tem grande capacidade de se adaptar a diferentes tipos de manejo, ou seja, plasticidade fenotípica (Barbero et al., 2015; Carvalho et al., 2016; Medica et al., 2017; Santos et al., 2017).

O teor de N na folha diagnóstica do capim-marandu aumentou linearmente com o aumento das doses de N, com teor estimado de 15,14 g kg<sup>-1</sup> de N na ausência de adubação nitrogenada, com incremento linear de 0,01142 g kg<sup>-1</sup> de N na folha para cada kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado ao solo, alcançando o valor máximo de 33,41 g kg<sup>-1</sup> de N na folha na dose de 1600 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 3c). De acordo com a EMBRAPA (2009), os teores considerados adequados de N em folhas de capim-marandu estão na faixa entre 13 e 20 g kg<sup>-1</sup>. Dessa forma, o teor estimado de N na folha diagnóstica das plantas na ausência de adubação nitrogenada está dentro da faixa de adequação. Porém esse resultado pode ser devido a menor produção de forragem obtida nesse tratamento, propiciando assim efeito de concentração (Costa et al., 2013).

O N é um nutriente essencial na dinâmica de crescimento e produção de plantas forrageiras. Além da produção é necessário avaliar o estado nutricional da espécie forrageira, pois pode ocorrer absorção de nutrientes em excesso sem que haja aumento de produtividade (Cabral et al., 2013). Para as doses avaliadas neste estudo, os teores estimados de N na folha diagnóstica de acordo com a equação de regressão foram 19,7; 24,2; 28,0 e 33,4 g kg<sup>-1</sup>, sendo o primeiro 19,7 g kg<sup>-1</sup> dentro da faixa de adequação proposta pela EMBRAPA (2009) e os demais acima dessa faixa. Costa et al. (2009), avaliando doses de N no capim-marandu, em diferentes anos, verificaram aumentos na concentração deste elemento na parte aérea das plantas à medida que ocorreu elevação na aplicação de N, observando valores acima da faixa de adequação. Esses resultados reforçam a importância da diagnose foliar, para avaliar o estado nutricional das plantas forrageiras, em conjunto com a produção da cultura, evitando o uso de fertilizantes em excesso e assim não permitir que a planta entre na condição de consumo de luxo, ou seja, condição em que o teor de N continua aumentado e o rendimento de produtividade fica estável com doses elevadas desse nutriente (Almeida et al., 2016).

Além de aumentar o teor de N na folha diagnóstica da planta (Figura 3c), a adubação nitrogenada também aumentou o teor de N na parte aérea da planta e, conseqüentemente, aumentou o teor de proteína bruta do capim-marandu (Figura 3d). Na ausência de adubação nitrogenada, o



capim-marandu apresentou teor de proteína bruta estimada em 7,6%, mas este valor aumentou linearmente 0,005249% para cada  $\text{kg ha}^{-1}$  de N aplicado ao solo (Figura 3d). A proteína é o segundo nutriente mais exigido pelos ruminantes, e seu nível crítico foi estimado em 7% abaixo do qual, limita o desenvolvimento dos microrganismos do rúmen, o consumo e a digestibilidade da forragem resultando em baixo desempenho animal (Rodrigues Júnior et al., 2015; Teixeira et al., 2019).

Com base nos resultados deste estudo pode-se inferir que a adição de N propiciou melhorias na qualidade da forragem produzida, pois com a dose  $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N, o teor de proteína bruta foi estimado em 9,8%, valor acima do considerado crítico para um bom desempenho animal em pastagens, isso reforça a relevância da adubação de plantas forrageiras de forma equilibrada, para a melhoria da produtividade do rebanho mantido a pasto. Resultados semelhantes a estes foram encontrados por outros autores, quando avaliando a composição química de plantas forrageiras em resposta a adubação nitrogenada, observaram aumentos no teor de proteína bruta das plantas com aumento das doses de N, indicando assim que este nutriente pode melhorar qualitativamente a forragem produzida, acarretando em benefícios para o sistema de produção a pasto (Oliveira et al., 2014; Dupas et al., 2016; Campos et al., 2016; Pontes et al., 2017; Delavatti, 2019).

O acúmulo de N na parte aérea da planta aumentou em função das doses de N aplicadas, com maior incremento quando a dose de N variou de 0 a  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Nas doses acima de  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de N esse incremento foi menor, sendo que a planta conseguiu acumular  $878 \text{ kg ha}^{-1}$  de N para a dose de  $1600 \text{ kg ha}^{-1}$  de N aplicada ao solo (Figura 3f).

A medida em que se elevou a adubação nitrogenada, o acúmulo de N diminuiu proporcionalmente a dose aplicada, ou seja, para dose de  $400 \text{ kg}$  de N o acúmulo foi de 93% do aplicado, enquanto para  $1600 \text{ kg}$  de N foram apenas 55%. Este resultado é de grande relevância, pois é mais uma ferramenta que possibilita a definição da dose a ser aplicada em resposta positiva ao acúmulo de N, sendo possível a diminuição da quantidade do fertilizante utilizado, aliando economia e mitigação de possíveis danos ao ambiente pelo uso excessivo de adubos, com suprimento adequado do nutriente para a cultura dependendo da sua produtividade. Resultados semelhantes foram observados por Galindo et al. (2018) quando estudando o acúmulo de nutrientes no capim-mombaça em função do manejo da adubação nitrogenada, com até  $1200 \text{ kg}$  de N por hectare, observaram ajuste a função quadrática quando utilizaram o nitrato de amônio, com ponto de máxima na dose de  $774 \text{ kg ha}^{-1}$ , propiciando  $251,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de acúmulo de N.

Em pastagens manejadas com alto nível tecnológico e, conseqüentemente, uso de doses elevadas de fertilizantes, é de grande importância conhecer a recuperação dos nutrientes pelas plantas, com intuito o de aumentar a eficiência de utilização e mitigar efeitos ambientais negativos. A recuperação aparente do nutriente do fertilizante, isto é, a diferença do nutriente absorvido por plantas de parcelas adubadas em relação às plantas de parcelas não adubadas, apresenta a conveniência de

ser de fácil estimativa e de baixo custo, pois utiliza apenas o teor de nutriente total da planta e a massa seca de forragem (Primavesi et al., 2006).

### 3.2. Adubação Fosfatada

A adubação fosfatada não influenciou a relação folha/colmo e nem o teor de proteína bruta do capim-marandu. A média dos valores observados da relação folha/colmo foi de 1,17 e do teor de proteína bruta foi igual a 14,1% (Figuras 4b e 4d). Este fato pode ser explicado em virtude dessas variáveis serem mais influenciadas pela adubação com N, conforme relatado por Magalhães et al. (2007), que avaliando a relação folha/colmo e o teor de proteína bruta em capim-braquiária, sobre influência de N e P, observaram que essas variáveis obtiveram aumentos apenas com as doses de N, independente do aumento das doses de P.

A altura da planta do capim-marandu foi estimada em 76,5 cm na ausência de adubação fosfatada. Na presença da adubação fosfata, a altura da planta apresentou apenas um pequeno acréscimo de 0,0146 cm para cada  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicado, alcançando a altura máxima de 79,4 cm para a dose de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Figura 4a). A altura das plantas forrageiras é altamente influenciada por adubações nitrogenadas, porém a adubação fosfatada também influenciou positivamente essa variável indicando um sinergismo entre esses nutrientes, e isso indica que para melhoria da produtividade das plantas forrageiras o uso em conjunto desses nutrientes, em doses equilibradas e consequentemente econômicas pode ser a forma mais vantajosa, pois pode propiciar além de altas produtividades, maior longevidade da pastagem. Rezende et al. (2011), avaliando o parcelamento de P no capim-marandu observaram efeito positivo para a variável altura de perfilho. Dias et al. (2015), avaliando a produção do capim-piatã submetido a diferentes fontes de P, concluíram que a utilização de superfosfato simples e de fosfato reativo natural da Argélia proporcionou maior altura dos perfilhos.

O teor de P na folha diagnóstica do capim-marandu aumentou linearmente com o aumento das doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , com teor estimado de  $2,24 \text{ g kg}^{-1}$  de P na ausência de adubação fosfatada e incremento linear de  $0,0067 \text{ g kg}^{-1}$  de P na folha para cada  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicado ao solo, alcançando o valor máximo de  $3,58 \text{ g kg}^{-1}$  de P na folha na dose de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Figura 4c). Este resultado é esperado, pois com o aumento das doses de P as plantas podem absorver mais esse nutriente, em consequência da sua maior disponibilidade no solo. Volpe et al. (2008) observaram aumento no teor de P nas folhas diagnósticas do capim-massai com o aumento das doses de P até  $240 \text{ kg ha}^{-1}$ . Segundo Boaretto et al. (2009), os teores adequados de P nas folhas do capim-marandu situa-se na faixa entre  $0,8$ - $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ . Politi & Prado (2009) avaliando a aplicação de P na nutrição do capim-tanzânia, notaram que a maior produção de massa seca esteve associada com teor foliar de  $3,7$ ,  $1,8$  e  $1,6 \text{ g kg}^{-1}$ , para o primeiro, segundo e terceiro corte, respectivamente.

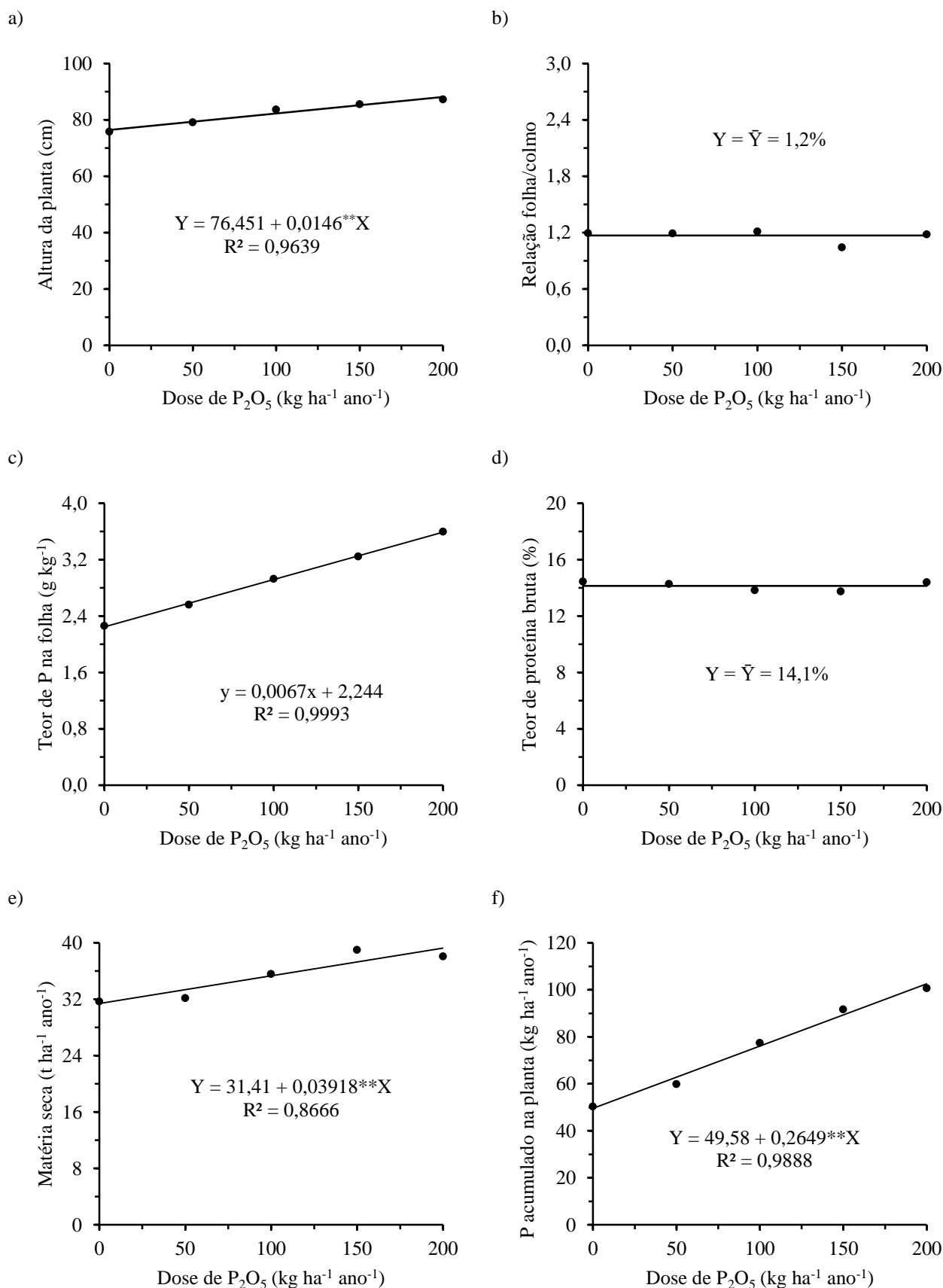


Figura 4. Médias de altura da planta (a), relação folha/colmo (b), teor de fósforo na folha diagnóstica da planta (c), teor de proteína bruta na parte aérea da planta (d), matéria seca da parte aérea da planta (e) e fósforo acumulado na parte aérea da planta (f) do capim-marandu em função de doses de fósforo aplicadas ao solo.

Na ausência de adubação fosfatada, a planta acumulou  $49,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de P na parte aérea (Figura 4f). A partir desse valor, o acúmulo de P na parte aérea da planta aumentou linearmente em função das doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicadas, na taxa de  $0,0662 \text{ kg ha}^{-1}$  de P acumulado na planta, para cada  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicado ao solo como fertilizante (Figura 4f). Na maior dose de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicada ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ), a estimativa da quantidade de P acumulado na parte aérea da planta foi igual a  $102,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de P (Figura 4f). Esses resultados indicam que culturas que apresentam altas produtividades de matéria seca, requerem quantidades maiores de nutrientes. Por isso, trabalhos com curvas de resposta das plantas forrageiras a diferentes adubações se justificam, pois podem nortear sobre quanto de fertilizante deve-se usar, com intuito de manutenção da produtividade e não extração dos nutrientes do solo. Avaliando nutrientes na fitomassa do capim-marandu com doses de N de até  $800 \text{ kg ha}^{-1}$ , Primavesi et al. (2006) constataram aumentos na extração de P com aumento da dose de N e produção de matéria seca.

Embora tenha propiciado aumentos na produção de matéria seca em menor magnitude em relação ao N, a elevação das doses de P incrementou de forma significativa os teores e conseqüentemente o acúmulo de P no tecido vegetal do capim-marandu (Figura 4). Esses resultados são de grande relevância para a melhoria qualitativa da forragem produzida, pois é sabido que a deficiência desse mineral causa importantes distúrbios para os ruminantes, principalmente aqueles mantidos em regime de campo, onde existem extensas áreas com deficiência de P. Não há dúvida que o distúrbio causado pelos baixos teores de P em pastos é o mais comum e, também economicamente, mais importante que afeta os ruminantes em regime de campo no Brasil (Tokarnia et al., 2000).

Dentre os distúrbios causados pela hipofosfatemia pode-se destacar a osteomalácia, podendo frequentemente ocorrer a osteofagia. Os sinais clínicos são caracterizados pela claudicação e fragilidade óssea podendo acarretar em fraturas sem motivo aparente (osteomalácia) e apetite depravado, ou seja, ingestão de restos de carcaças e outros objetos tais com pedra, solo, plásticos etc. (Blowey & Weaver, 2011; Duarte et al., 2011). Shen et al. (2019), avaliando a relação entre transtornos como claudicação e curvaturas anormais de ossos longos de cabras mantidas em pastagens, concluíram que este transtorno é causado principalmente por deficiências de fósforo na forragem consumida pelos animais.

Soares & Machado Junior (2014) relatam que a exigência de P para bovinos está na faixa entre 0,12 a 0,34%. Vilela et al. (2016) destacam que a exigência líquida de P, para ganho de 1,5 kg de peso por bovinos nelores com 300 kg de peso corporal é de  $8,3 \text{ g dia}^{-1}$ . Tomando como exemplo os dados supracitados, pode-se estimar a quantidade de P ingerida pelo animal a pasto que consome forragem com teores de  $2,91 \text{ g kg}^{-1}$  (dose aplicada  $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ ), considerando um bovino com 300 kg de peso vivo, consumindo 3% do seu peso em MS, tem-se um consumo de 9 kg de MS dia. Logo, multiplicando 9 kg por 2,91, obtêm-se 26,2 g de P, esse valor multiplicado pelo coeficiente de

absorção do mineral pelo ruminante (0,68), resulta no valor de 17,8 g de P que será consumido pelo bovino por dia. Mediante este valor fica evidente que as exigências em P para ganhos de 1,5 kg de peso vivo por bovinos da raça nelore seriam atendidas de forma satisfatória, levando em consideração os valores de teor de P no tecido vegetal da planta forrageira avaliada na presente pesquisa. Diante do exposto e com base nos resultados obtidos no presente estudo, é possível afirmar que a adubação fosfatada propicia melhoria na qualidade da forragem do capim-marandu com relação aos teores de P, inibindo dessa maneira o aparecimento de distúrbios relacionados à deficiência desse mineral.

### **3.3. Recomendação de adubação**

O acúmulo de matéria seca na parte aérea do capim-marandu foi 9,2 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 2) na ausência de adubação nitrogenada, o que é considerado muito baixo, o que reflete a baixa disponibilidade de N para a planta neste solo arenoso e pobre em matéria orgânica (Tabela 1). Aos dados observados foi ajustado o modelo quadrático, com acúmulo máximo de matéria seca igual a 38,4 t ha<sup>-1</sup>, para a dose de 1.360 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 3e). Ao aplicar a dose 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, a produtividade estimada aumentou 160%, subindo de 9,2 t ha<sup>-1</sup> para 23,9 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 2). Para as doses de N iguais a 800, 1200 e 1600 kg ha<sup>-1</sup>, esses incrementos em relação à dose zero de N foram 264, 313 e 307%, com produtividades estimadas de 33,5, 38,0 e 37,4 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 2).

O N é o principal nutriente para o aumento e manutenção da produtividade das plantas forrageiras, em condições climáticas favoráveis, quando aplicado é assimilado pelas plantas e associado às cadeias de carbono promovendo aumentos dos constituintes celulares e com isso possibilita aumentos na produção de matéria seca verde (Galindo et al., 2017). Avaliando a aplicação de doses de N e enxofre na recuperação do capim-marandu em Neossolo Quartzarênico, Oliveira et al. (2005), relatam que a indicação de pontos de equilíbrio para diferentes níveis de produção de matéria seca de forragem, por meio de curvas de resposta ao N ao longo dos anos, seria de grande valia para o manejo da adubação nitrogenada em pastagens.

A produção de matéria seca é um parâmetro importante e de mais alta relevância para o manejo do rebanho durante o ano sendo, por exemplo, capaz de nortear sobre tomada de decisões em relação ao número de animais, que poderão ser manejados numa determinada área de pastagem. E dependendo do rendimento da planta forrageira, ou seja, altas produções de matéria seca por hectare, pode-se favorecer aumentos da taxa de lotação e maiores produtividades.

A aplicação de N propiciou aumentos na produção de matéria seca verde do capim-marandu até um ponto de máxima produção, este resultado corrobora com os resultados encontrados por Dupas et al. (2010), Lopes et al. (2013), Sousa et al. (2013); Galindo et al. (2018), Teixeira et al. (2018), Delavatti et al (2019) e Neves et al. (2019), quando avaliaram a utilização de doses de N na

produtividade de gramíneas forrageiras dentre as quais o capim-marandu. Além do benefício na produtividade da pastagem e do rebanho, a adubação nitrogenada, se utilizada de forma equilibrada no capim-marandu, pode proporcionar maior equilíbrio entre a emissão e sequestro dos gases de efeito estufa (GEES), pois aumenta o sequestro de carbono atmosférico por meio das altas taxas de atividade fotossintética das plantas, quando em bom estado nutricional (Dupas et al., 2016).

Tabela 2. Médias observadas e estimadas para a produtividade acumulada de matéria seca da parte aérea de capim-marandu, e eficiências de recuperação de N e de P pela planta, em função de doses de nitrogênio e de fósforo.

Tratamento	Dose		Produtividade acumulada		Eficiência de recuperação	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Observada	Estimada <sup>1</sup>	N	P
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		----- t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> -----		----- % -----	
T01	0	0	8,0	-	-	-
T02	0	150	8,1	9,2	-	-
T03	400	150	26,4	23,9	77	-
T04	800	150	32,7	33,4	59	-
T05	1200	150	36,2	37,6	58	-
T06	1600	150	37,8	36,7	49	-
	<b>Média</b>		<b>28,2</b>	<b>28,2</b>	<b>61</b>	<b>-</b>
T07	1200	0	31,7	31,4	-	-
T08	1200	50	32,2	33,4	-	44
T09	1200	100	35,6	35,3	-	62
T10	1200	150	39,0	37,3	-	63
T11	1200	200	38,1	39,2	-	58
	<b>Média</b>		<b>35,3</b>	<b>35,3</b>	<b>-</b>	<b>57</b>

<sup>1</sup>Para as doses de N:  $Y = 9,217 + 0,086364**X - 0,000065**X^2$ , com  $R^2 = 0,9808$ . Para as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:  $Y = 31,41 + 0,03918**X$ , com  $R^2 = 0,8666$ .

A eficiência de recuperação de N pelo capim-marandu diminuiu com o aumento das doses deste nutriente (Tabela 2). O menor aproveitamento de N aplicado quando se utilizou a maior dose de N pode ser devido a maior possibilidade de perdas por lixiviação, volatilização e desnitrificação (Silva et al., 2011). Outra observação importante no presente trabalho é que foram coletados e analisados em cada ciclo, apenas caules e folhas acima de 20 cm, portanto não foi avaliado o N acumulado nas raízes e parte aérea abaixo de 20 cm. Corroborando com os resultados do presente estudo, Silva et al. (2011) verificaram que a recuperação de N aplicado diminuiu com o aumento das doses de N. Apesar da diminuição na recuperação do N aplicado, os valores de eficiência de recuperação obtidos para as doses utilizadas na presente pesquisa variaram de 49 a 77%, indicando que além do parcelamento, o valor do quanto de N deve ser aplicado por cada parcelamento é de grande relevância para obtenção de maiores eficiências, por exemplo, 50, 60 e 70 kg de N por aplicação. De maneira geral a eficiência do uso de N via aplicação de uréia granulada em pastagens é geralmente inferior a 50% (Suter et al., 2015).

A maior eficiência de recuperação de P 63%, pelo capim-marandu foi obtida com a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabela 2). Porto et al. (2012) avaliando o rendimento forrageiro do capim-marandu submetido a doses crescentes de P, encontraram eficiência máxima de 67% com aplicação

de 150 kg ha<sup>-1</sup>. Estes resultados são importantes, pois fornecem informações no sentido de determinar o requerimento de P por esta planta forrageira, associado a diferentes produtividades e com isso propiciar uma recomendação de adubação de maneira mais adequada.

Na ausência de adubação fosfatada a estimativa do acúmulo de matéria seca na parte aérea do capim-marandu foi elevada e igual a 31,4 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 2), o que reflete a baixa exigência de P pelo capim-marandu, já que o teor de P no solo era baixo (Tabela 1). Aos dados observados foi ajustado o modelo de regressão linear simples (Figura 4e). Quando se aplicaram as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a produtividade acumulada de matéria seca da parte aérea da planta foi acrescida somente em 0,03918 t ha<sup>-1</sup> para cada kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado (Figura 4e), alcançando a produtividade máxima de 39,2 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca acumulada nos seis cortes, para a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, representando um incremento de 24,8% (Tabela 2).

Apesar do incremento relativamente baixo, este resultado reforça a ideia de que a adubação fosfatada indica um sinergismo com a adubação nitrogenada, pois mesmo utilizando dose elevada de N (1200 kg), o P pode incrementar ainda mais a produção de matéria seca do capim-marandu. Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Teixeira et al. (2018), quando avaliaram a capacidade produtiva do capim-marandu submetida a diferentes doses de N e P, observando que não há resposta a adubação fosfatada quando não aplicado o N, com crescimento linear das plantas em função do N é significativamente menor quando não aplicado o P. Teixeira et al. (2018), estudando o desenvolvimento vegetativo de *Brachiaria híbrida* cv. Mulato II, sob diferentes doses de P, com e sem N, concluíram que a produção de matéria seca total respondeu positivamente à aplicação de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P na presença de N.

A variação da produtividade de matéria seca e teores de N e P no capim-marandu durante o ano (seis ciclos ou corte), deixa evidente que no primeiro ciclo a produtividade de matéria seca foi superior aos demais ao longo do ano, tal resultado é explicado devido ao maior intervalo de crescimento ao qual as plantas foram submetidas, 100 dias até o primeiro corte (Figura 5a). A partir do segundo corte a produtividade de forragem manteve-se relativamente homogênea, isso é devido ao período de rebrotação (48 dias), que foi igual para todos os cortes, a contar do segundo ciclo, como também a reposição de N que foi aplicado após cada corte (Figura 5a). Assim como a produtividade, os teores de N na planta apresentam certa similaridade com início no segundo corte, este efeito é atribuído à adubação nitrogenada que foi parcelada e repostada pós corte.

Os teores de P na parte aérea do capim-marandu, seguiram uma tendência de diminuição ao longo dos ciclos de cultivo, e analisando os dados (Figura 5b) pode-se perceber que no sexto ciclo a produtividade de matéria seca caiu no sexto ciclo, devido à ausência de adubação, porém os teores de N permanecem semelhantes aos dos demais ciclos. Entretanto, os teores de P foram reduzidos no quinto e sexto ciclo, denotando a necessidade de uma

suplementação adicional de fósforo, após o quarto ciclo, tendo vistas na melhoria da qualidade nutricional da forragem.

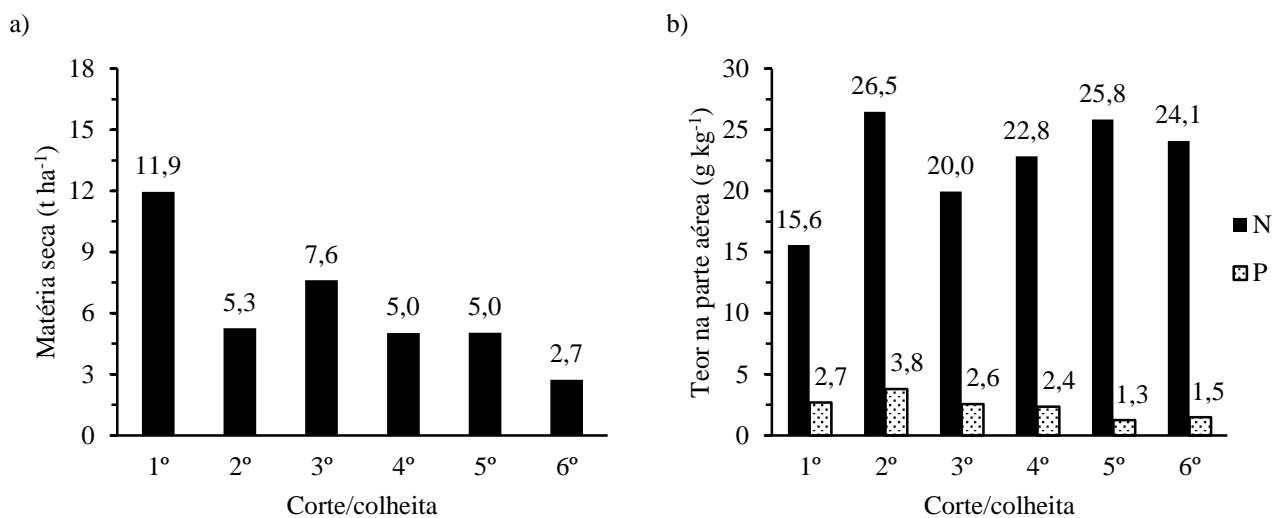


Figura 5. Variação da produtividade de matéria seca (a) e dos teores de N e de P (b) na parte aérea da planta ao longo dos seis ciclos de cultivo do capim-marandu, para as doses anuais de 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N + 150 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Média de oito repetições, sendo quatro repetições do tratamento cinco mais quatro repetições do tratamento dez).

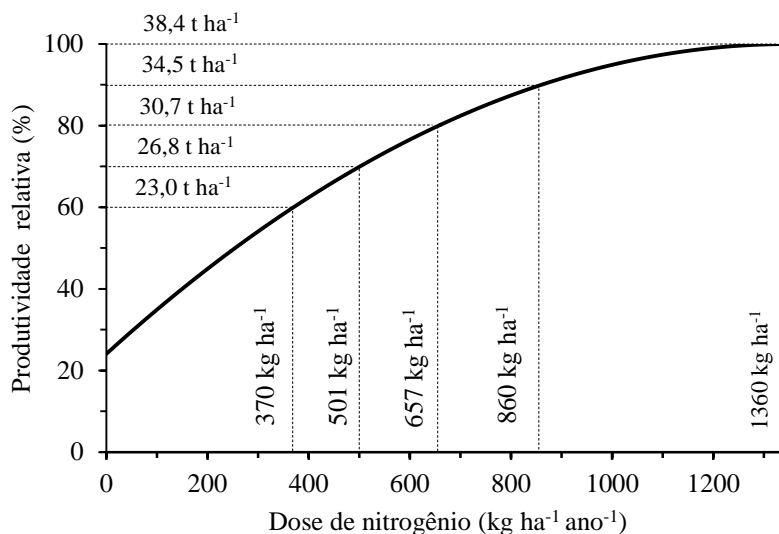
Para se alcançar a máxima produtividade estimada de matéria seca (38,4 t ha<sup>-1</sup>), o que equivale a 100% da produtividade relativa, é necessário aplicar 1360 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 6a). Se diminuir a produtividade relativa para 90% (34,5 t ha<sup>-1</sup>), o dose recomendada de N cai 36,8%, diminuindo de 1360 kg ha<sup>-1</sup> de N para 860 kg ha<sup>-1</sup> de N. Para os valores de produtividades relativas iguais a 80, 70 e 60%, as doses recomendadas de N caem para 657, 501 e 370 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 6a). Quanto ao P, a produtividade relativa de matéria seca igual a 100% (39,2 t ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 6b). Na ausência de adubação fosfatada, o capim-marandu já produziu 80% (31,4 t ha<sup>-1</sup>) da produtividade relativa máxima. Ao realizar a adubação fosfatada, a produtividade relativa do capim-marandu aumentou somente 5% para cada 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado (Figura 6b), o que também evidencia a pequena resposta do capim-marandu à adubação fosfatada.

Para o nitrogênio, recomenda-se a dose anual de 860 kg ha<sup>-1</sup> de N para produção de capim-marandu, podendo esse valor sofrer ajustes para mais (no máximo 1360 kg ha<sup>-1</sup>) ou para menos (no mínimo 501 kg ha<sup>-1</sup>), a fim de que o agricultor alcance a máxima eficiência econômica de acordo com a sua realidade. Para essas doses recomendadas de N, as estimativas dos níveis críticos ou valores de referência para os teores de N na folha diagnóstica da planta, variaram de 20,86 a 30,67 g kg<sup>-1</sup> de N. E para o fósforo, recomenda-se aplicar a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por ocasião do plantio do capim-marandu, podendo essa dose sofrer ajustes para mais (no máximo 200 kg ha<sup>-1</sup>) ou para menos (no mínimo 25 kg ha<sup>-1</sup>), a fim de que o agricultor alcance a máxima eficiência econômica de acordo com



a sua realidade. Para essas doses recomendadas de  $P_2O_5$ , as estimativas dos níveis críticos ou valores de referência para os teores de P na folha diagnóstica da planta, variaram de 2,41 a 3,58 g  $kg^{-1}$  de P.

a)



b)

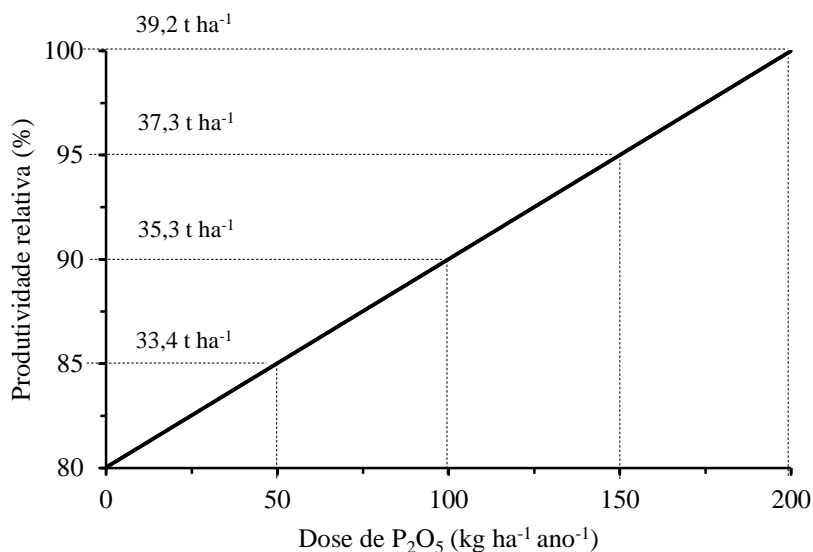


Figura 6. Estimativas das produtividades relativa (%) e absoluta ( $t\ ha^{-1}$ ) de matéria seca da parte aérea de capim-marandu em função de doses de nitrogênio e de fósforo.

#### 4. CONCLUSÕES

1. O crescimento da planta e a produtividade de forragem do capim-marandu aumentou em função do aumento das doses de N e de  $P_2O_5$ , sendo que as magnitudes das respostas dessa forrageira à adubação nitrogenada foram maiores que às verificadas para à adubação fosfatada;

2. A qualidade da forragem avaliada pelo teor de proteína bruta e pela relação folha/colmo aumentou com as doses de N, mas não foi influenciada pela adubação fosfatada;

3. A estimativa da dose anual de N recomendada para a produtividade de capim-marandu equivalente à 90% da máxima produtividade obtida, foi de 860 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, e o nível crítico de N na folha diagnóstica da planta para essa dose foi estimado em 24,9 g kg<sup>-1</sup> de N. Para P, esses valores foram estimados em 100 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 2,9 g kg<sup>-1</sup> de P.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, E. I. B.; Deus, J. A. L.; Corrêa, M. C. M.; Crisostomo, L. A.; Neves, J. C. L. Linha de fronteira e chance matemática na determinação do estado nutricional de pitaia. *Revista Ciência Agronômica*, v.47, n.4, p.744-754, 2016.

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, vol.22, n.6, p.711-728, 2014.

Barrero, L. M.; Basso, K. C.; Igarasi, M. S.; Paiva, A. J.; Basso, F. C. Respostas morfológicas e estruturais de plantas tropicais submetidas à desfolhação. *Boletim de Indústria Animal*, v.72, n.4, p.321-330, 2015.

Bezerra, F. J. S. M.; Leite, M. L. M. V.; Lucena, L. R. R.; Pereira, J. S.; Silva, M. J. A. Características agronômicas de *Urochloa mosambicensis* em função do nitrogênio e fósforo. *Agrarian Academy*, v.4, n.7, p.92-102, 2017.

Blowey, R. W.; Weaver, A. D. *Color Atlas of Diseases and Disorders of Cattle*. 3. ed. Edinburgh: Elsevier Ltd, 2011. 280 p.

Boaretto, A. E.; Raij, B. V.; Silva F. C.; Chitolina, J. C.; Tedesco, J. M.; Carmo C. A. F. S. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química. In: Silva, F. C. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2. ed. Rev. Ampl. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2009. Cap. 2, p. 61-85

Cabral, C. E. A.; Abreu, J. G.; Bonfim-Silva, E. M.; Cabral, C. H. A.; Scaramuzza, J. F.; Silva, T. J. A. Eficiência de produção e concentração de nitrogênio nos capins marandu, decumbens e convert submetidos à adubação nitrogenada. *Biosci. J.*, v.29, n.1, p.1653-1663, 2013.

Campos, F. P.; Nicácio, D. R. O.; Sarmento, P.; Cruz, M. C. P.; Santos, T. M.; Faria, A. F. G.; Ferreira, M. E.; Conceição, M. R. G.; Lima, C. G. Chemical composition and in vitro ruminal digestibility of hand-plucked samples of Xaraes palisade grass fertilized with incremental levels of nitrogen. *Animal Feed Science And Technology*, v.215, p.1-12, 2016.

Carard, M.; Neres, M. A.; Tonello, C. L. Efeito de doses crescentes de nitrogênio no desenvolvimento de cultivares de *Brachiaria brizantha*. *Revista da Fzva*, v.15, n.2, p.135-144, 2008.

Carvalho, R. M.; Carvalho, B. H. R.; Fernandes, W. B.; Alves, K. M.; Sousa, D. C. O.; Silva, G. F.; Santos, M. E. R. Rebaixamento do capim-marandu para o diferimento e seus efeitos sobre índice de área foliar e número de meristemas apicais. *Boletim de Indústria Animal*, v.73, n.3, p.212-219, 2016.

Castagnara, D. D.; Zoz, T.; Krutzmann, A.; Uhlein, A.; Mesquita, E. E.; Neres, M. A.; Oliveira, P. S. R. Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. *Semina: Ciências Agrárias*, v.32, n.4, p.1617-1648, 2011.

- Cavalcanti, F. J. A. (Org.) Instituto Agrônomo de Pernambuco. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3.ed. revisada. Instituto Agrônomo de Pernambuco. Recife, 2008.
- Cecato, U.; Skrobot, V. D.; Fakir, G. R.; Brando, A. B.; Galbeiro, S.; Gomes, J. A. N. Perfilamento e características estruturais do capim-Mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo adubado com fontes de fósforo, em pastejo. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v.30, n.1, p.1-7, 2008.
- Costa, J. A. A.; Queiroz, H. P. Régua de Manejo de Pastagens. Campo Grande: Embrapa, 2013.
- Costa, K. A. P.; Faquin, V.; Oliveira, I. P.; Severiano, E. C.; Oliveira, M. A. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu. *Ciência Animal Brasileira*, v.10, n.1, p.115-123, 2008.
- Costa, N. L.; Moraes, A.; Carvalho, P. C. F.; Monteiro, A. L. G.; Motta, A. C. V.; Oliveira, R. A. Composição e extração de nutrientes por *trachypogon plumosus* sob adubação e idades de rebrota. *Archivos de zootecnia*, vol.62, n.238, p.227-238, 2013.
- Dias-Filho, M. B.; Lopes, M. J. S. Manejo do solo em pastagens. In: Bertol, I.; Maria, I. C.; Souza, L. S. Manejo e conservação do solo e da água. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. Cap.16. p.1163-1181.
- Delevatti, L. M.; Cardoso, A. S.; Barbero, R. P.; Leite, R. G.; Romanzini, E. P.; Ruggieri, A. C.; Reis, R. A. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. *Scientific Reports*, v.9, n.1, p.1-9, 2019.
- Dias, D. G.; Pegoraro, R. F.; Alves, D. D.; Porto, E. M. V.; Santos Neto, J. A.; Aspiazú, I. Produção do capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.4, p.330-335, 2015.
- Duarte, A. L. L.; Pires, M. L. S.; Barbosa, R. R.; Dias, R. V. C.; Soto-Blanco, B. Avaliação da deficiência de fósforo em ruminantes por meio de bioquímica sérica. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.5, n.4, p.380-384, 2011.
- Dupas, E.; Buzetti, S.; Sarto, A. L.; Hernandez, F. B. T.; Bergamaschine, A. F. Dry matter yield and nutritional value of Marandu grass under nitrogen fertilization and irrigation in cerrado in São Paulo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.12, p.2598-2603, 2010.
- Dupas, E.; Buzetti, S.; Rabêlo, F. H. S.; Sarto, A. L.; Cheng, N. C.; Teixeira Filho, M. C. M.; Galindo, F. S.; Dinalli, R. P.; Gazola, R. N. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. *Australian Journal Of Crop Science*, v.10, n.9, p.1330-1338, 2016.
- Dupas, E.; Buzetti, S.; Rabêlo, F. H. R.; Sarto, A. L. Carbon and carbon dioxide accumulation by marandu grass under nitrogen fertilization and irrigation. *Revista Ceres*, v.63, n.3, p.387-393, 2016.
- Ferreira, D. F. *Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons*. *Ciência e Agrotecnologia*, v.38, n.2, p.109-112, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>>.
- Galindo, F. S.; Buzetti, S.; Teixeira Filho, M. C. M.; Dupas, E.; Carvalho, F. C. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. *Revista de Ciências Agrárias*, v.41, n.4, p.900-913, 2018.

- Galindo, F. S.; Buzetti, S.; Teixeira Filho, M. C. M.; Dupas, E.; Ludkiewicz, M. G. Z. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no capim-mombaça em função do manejo da adubação nitrogenada. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.5, n.3, p.1-9, 2018.
- Galindo, F. S.; Buzetti, S.; Teixeira Filho, M. C. M.; Dupas, E.; Ludkiewicz, M. G. Z. Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in Mombasa guinegrass (*Panicum maximum* cv. mombasa) at dry and rainy seasons. *Australian Journal Of Crop Science*, v.11, n.12, p.1657-1664, 2017.
- Germano, L. H. E.; Vendruscolo, M. C.; Daniel, D. F.; Dalbianco, A. B. Produtividade e características agronômicas de *Brachiaria brizantha* cv. Paiaguás submetida a doses de nitrogênio sob cortes. *Boletim de Indústria Animal*, v.75, p.1-14, 2018.
- Holanda, J. S.; Dantas, J. A.; Medeiros, A. A.; Ferreira Neto, M. Medeiros, J. F.; Guedes, F. X. Indicações para adubação de culturas em solos do Rio Grande do Norte. Parnamirim, RN: EMPARN, 2017. (Série Documentos, 46)
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 108 p.
- Jochims, F.; Silva, P. A. P.; Portes, V. M. Utilizando a altura do pasto como ferramenta de manejo de pastagens. *Agropecuária Catarinense*, v.31, n.2, p.42-44, 2018.
- Lopes, M. N.; Cândido, M. J. D.; Pompeu, R. C. F. F.; Silva, R. G.; Carvalho, T. C. F.; Sombra, A. W.; Morais Neto, L. B.; Peixoto, M. J. A. Biomass flow in massai grass fertilized with nitrogen under intermittent stocking grazing with sheep. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Brasília, v.42, n.1, p.13-21, 2013.
- Macedo, M. C. M.; Zimmer, A. H.; Kichel, A. N.; Almeida, R. G.; Araújo, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: Encontro de adubação de pastagens da Scot Consultoria-Tec-Fértil, 25., 2013, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: EMBRAPA, 2013. p.158-181.
- Magalhães, A. F.; Pires, A. J. V.; Carvalho, G. G. P.; Silva, F. F.; Sousa, R. S.; Veloso, C. M. Influência do nitrogênio e do fósforo na produção do capim-braquiária. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.5, p.1240-1246, 2007.
- Marin, F. R.; Pilau, F. G.; Spolador, H. F. S.; Otto, R.; Pedreira, C. G. S. Intensificação sustentável da agricultura brasileira Cenários para 2050. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, n. 3, p.108-124, 2016.
- Medica, J. A. S.; Reis, N. S.; Santos, M. E. R. Caracterização morfológica em pastos de capim-marandu submetidos a frequências de desfolhação e níveis de adubação. *Ciência Animal Brasileira*, v. 8, p.1-13, 2017.
- Medica, J. A. S.; Santos, M. E. R.; Reis, N. S.; Silva, N. A. M.; Ferreira Neto, J. G. Índice de horizontalidade e remoção de tecidos do capim-marandú. *Ciência Animal Brasileira*, v.18, p.1-15, 2017.
- Melo, S. P.; Monteiro, F. A.; Manfredini, D. Silicate and phosphate combinations for marandu palisadegrass growing on an oxisol. *Scientia Agricola*, v.64, n.3, p.275-281, 2007.
- Miyazawa, M.; Pavan, M. A.; Muraoka, T.; Carmo, C. A. F. S.; Melo, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: Silva, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Rev. Ampl. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2009. Cap. 2, p.191-233.

- Nantes, N. N.; Euclides, V. P. B.; Montagner, D. B.; Lempp, B.; Barbosa, R. A.; Gois, P. O. Desempenho animal e características de pastos de capim-piatã submetidos a diferentes intensidades de pastejo. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.48, n.1, p.114-121, 2013.
- Nascimento, D.; Vendruscolo, M. C.; Dalbianco, A. B.; Daniel, D. F. Produtividade de capim Paiaguás sob doses de nitrogênio e cortes. *Pubvet*, v.13, n.5, p.1-15, 2019.
- Neves, R. G.; Freitas, G. S.; Deminicus, B. B.; Mendonça, E. S.; Peçanha, A. L.; Dobbss, L. B.; Neto, A. C.; Deminicus, R. G. S. Dry matter yield, growth index, chemical composition and digestibility of Marandu grass under nitrogen and organic fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v.40, n.5, p.1901-1912, 2019.
- Novais, R. F.; Alvarez, V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 1017p.
- Oliveira, P. P. A.; Trivelin, P. C. O.; Oliveira, W. S.; Corsi, M. Fertilização com N e S na Recuperação de Pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.4, p.1121-1129, 2005.
- Oliveira, T. S.; Leonel, F. P.; Pereira, J. C.; Silva, C. J.; Baffa, D. F.; Zervoudakis, J. T. Yield, chemical composition, and efficiency of use of nitrogen by Marandu grass. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.43, n.8, p.440-444, 2014.
- Paula, C. C. L.; Euclides, V. P. B.; Lempp, B.; Barbosa, R. A.; Montagner, D. B.; Carloto, M. N. Acúmulo de forragem, características morfológicas e estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. *Ciência Rural*, v.42, p.2059-2065, 2012.
- Pinto, J. C.; Gomide, J. A.; Maestri, M.; Lopes, N. F. Crescimento de folhas de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.23, n.3, p.327-332, 1994.
- Politi, L. S.; Prado, R. M. Fósforo na nutrição e produção de massa seca do capim-tânzania. *Revista da Fzva*, v.16, n.1, p.95-104, 2009.
- Pontes, L. S.; Baldissera†§, T. C.; Giostri†, A. F.; Stafin, G.; Santos, B. R. C.; Carvalho‡, P. C. F. Effects of nitrogen fertilization and cutting intensity on the agronomic performance of warm-season grasses. *Grass And Forage Science*, v.72, n.4, p.663-675, 2016.
- Porto, E. M. V.; Alves, D. D.; Vitor, C. M. T.; Gomes, V. M.; Silva, M. F.; David, A. M. S. 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.
- Porto, E. M. V.; Vitor, C. M. T.; Alves, D. D.; Lima, M. V. G.; Silva, M. F. Estruturais de cultivares do capim buffel submetidos à adubação nitrogenada. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.10, n.1, p.85-90, 2014.
- Primavesi, A. C.; Primavesi, O.; Corrêa, L. A.; Silva, A. G.; Cantarella, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.3, p.562-568, 2006.
- Raij, B. V.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. Instituto Agronômico de Campinas. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico / Fundação IAC, 1997.

- Rezende, A. V.; Lima, J. F.; Rabelo, C. H. S.; Rabelo, F. H. S.; Nogueira, D. A.; Carvalho, M.; Faria Junior, D. C. N. A.; Barbosa, L. A. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. *Agrarian*, v.4, n.14, p.335-343, 2011.
- Ribeiro, C. A.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez, V. H. Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, 1999.
- Rodrigues Júnior, C. T.; Carneiro, M. S. S.; Magalhães, J. A.; Pereira, E. S.; Rodrigues, B. H. N.; Costa, N. L.; Pinto, M. S. C.; Andrade, A. C.; Pinto, A. P.; Fogaça, F. H. S.; Castro, K. N. C. Produção e composição bromatológica do capim-Marandu em diferentes épocas de diferimento e utilização. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.31, p.2141-2154, 2015.
- Rodrigues, L. F.; Santos, A. C.; Silveira Junior, O.; Santos, J. G. D. Productivity of *Urochloa brizantha* ‘Marandu’ influenced by strategic rest periods and nitrogen levels. *Semina: Ciências Agrárias*, v.38, n.5, p.3203-3214, 2017.
- Rodrigues, R. C.; Mourão, G. B.; Brennecke, K.; Luz, P. H. C.; Herling, V. R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.3, p.394-400, 2008.
- Santos, G. O.; Faria, R. T.; Rodrigues, G. A.; Souza, A.; Dalri, A. B. Relação folha-colmo de *Braquiária Urochloa* fertirrigada com efluente de esgoto tratado. *Revista Ciência & Tecnologia*, v.9, p.11-24, 2017.
- Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Araújo Filho, J. C.; Oliveira, J. B.; Cunha, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5.ed. Rev. e Ampl. Brasília: Embrapa Solos, 2018. (E-book).
- Santos, I. P. A.; Pinto, J. C.; Siqueira, J. O.; Morais, A. R.; Santos, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p.605-616, 2002.
- SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina - Núcleo Regional Sul. – [s. l.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016.
- SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. 2.ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. NEPAR-SBCS, 2019.
- Shen, X.; Chi, Y.; Huo, B.; Xiong, K. Studies on phosphorus deficiency in the Qianbei-Pockmarked goat. *Asian-australasian Journal Of Animal Sciences*, v.32, n.6, p.896-903, 2019.
- Silva, D. R. G.; Costa, K. A. P.; Faquin, V.; Oliveira, I. P.; Bernardes, T. F. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. *Ciência Agronômica*, v 44, n.1, p.184-191, 2013.
- Silva, D. R. G.; Costa, K. A. P.; Faquin, V.; Oliveira, I. P.; Souza, M. R. F.; Souza, M. A. S. Eficiência nutricional e aproveitamento do nitrogênio pelo capim-marandu de pastagem em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio. *Ciênc. Agrotec.*, v.35, n.2, p.242-249, 2011

- Silva Filho, A. S.; Mousquer, C. J.; Castro, W. J. R.; Siqueira, J. V. M.; Oliveira, V. J.; Machado, R. J. T. Development of *Brachiaria brizantha* marandu cultivated in oxisol fertilized with different doses of urea. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v.8, n.1, p.172-188, 2014.
- Silva, S. C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, 2, 2004. Anais... Viçosa, p.347-385, 2004.
- Soares, P. R. M.; Machado Junior, P. C. Efeito da renovação da pastagem de braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), sobre a qualidade bromatológica da forragem nas estações de seca e de chuva, em Formosa/GO. *Revista Científica de Medicina Veterinária*, v.1, n.1, p.46-66, 2014.
- Sousa, A. R.; Andrade, A. C.; Magalhães, J. A.; Mehl, H. U.; Rodrigues, B. H. N.; Silva, E. M.; Bitencourt, A. B.; Fogaça, F. H. S.; Costa, N. L. Produtividade do Capim-Marandu sob diferentes doses de nitrogênio. *PUBVET*, v.7, n.5, Ed.228, Art.1510, 2013.
- Souza, B. A.; Vendruscolo, M. C.; Mexia, A. A.; Alves, D. S. Produtividade de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã em diferentes doses de nitrogênio. *Veterinária em Foco*, v.15, n.1, p.21-38, 2017.
- Sousa, D. M. G.; Lobato, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. Piracicaba: Potafos, 2003.
- Souza, D. M. G.; Lobato, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, 2004.
- Suter, H.; Lam, S. K.; Walker, C.; Chen, D. Nitrogen use efficiency for pasture production – impact of enhanced efficiency fertilisers and N rate. In ‘Proceedings of the 17th Australian Society of Agronomy Conference’, Hobart, Australia, 2015.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I.; Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.
- Teixeira, R. M. A.; Martins, J. M.; Silva, N. G.; Silva, E. A.; Fernandes, L. O.; Oliveira, A. S.; Salvador, F. M.; Faria, D. J. G. Suplementação proteica de vacas leiteiras mantidas em pastagem de Tifton 85 durante o período de seca. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.71, n.3, p.1027-1036, 2019.
- Teixeira, R. N. V.; Pereira, C. E.; Kikuti, H.; Deminicis, B. B. *Brachiaria brizantha* (Syn. *Uroclhoa brizantha*) cv. Marandu sob diferentes doses de nitrogênio e fósforo em Humaitá-AM, Brazil. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.11, n.2, p.35-41, 2018.
- Teixeira, S. O.; Teixeira, R. O.; Santos, V. B.; Carvalho, M. A. C.; Yamashita, O. M. Doses de fósforo e nitrogênio na produção de *Brachiaria híbrida* cv. Mulato II. *Revista Ceres*, v.65, n.1, p.28-34, 2018.
- Tokarnia, Carlos H.; Döbereiner, Jürgen; Peixoto, Paulo V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v.20, n.3, p.127-138, 2000.
- Vilela, D. F.; Andrade, C. L.; Castro, K. S. Pires, M. F. Exigências de cálcio e fósforo na nutrição de bovinos. *Nutritime Revista Eletrônica*, v.13, n.2, p.4601-4608, 2016.
- Volpe, E.; Marchetti, M. E.; Macedo, M. C. M.; Lempp, B. Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim-massai com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.2, p.228-237, 2008.