



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

ÉRIC GEORGE MORAIS

MARCHAS DE CRESCIMENTO E DE ACÚMULO DE NUTRIENTES DO CAPIM-ELEFANTE

MOSSORÓ / RN

2021

ÉRIC GEORGE MORAIS

MARCHAS DE CRESCIMENTO E DE ACÚMULO DE NUTRIENTES DO CAPIM-ELEFANTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como um dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

Linha de Pesquisa: Fertilidade do solo e Adubação.

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

Co-orientador: Prof. Dr. Gualter Guenther Costa da Silva.

MOSSORÓ / RN

2021

© 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.

M832m Morais, Éric George.

MARCHAS DE CRESCIMENTO E DE ACÚMULO DE  
NUTRIENTES DO CAPIM-ELEFANTE / Éric George Morais.

- 2021.

50 f. : il.

Orientador: Fábio Henrique Tavares de Oliveira.  
Coorientador: Gualter Guenther Costa da Silva.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Manejo do Solo e Água, 2021.

1. Pennisetum purpureum Schum. 2. Adubação. 3. Produção. 4. Macronutrientes.. 5. Micronutrientes. I. Oliveira, Fábio Henrique Tavares de, orient. II. Silva, Gualter GuentherCosta da, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ÉRIC GEORGE MORAIS

MARCHAS DE CRESCIMENTO E DE ACÚMULO DE NUTRIENTES DO CAPIM-ELEFANTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como um dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

Aprovada em: 11/03/2021



---

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



---

Prof. Dr. Gualter Guenther Costa da Silva (UFRN)  
Co-orientador



---

Dr. Francisco Vanies da Silva Sá (UFERSA)  
Examinador

## AGRADECIMENTOS

À Deus por sempre estar me apoiando e guiando nesta jornada.

Aos meus pais, José Pascoal de Moraes e Hélia Maria de Macedo Moraes, que sempre me indicaram o caminho certo, me educaram e nunca deixaram que nada faltasse, por todo amor, esforço e dedicação.

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

Aos Professores Ermelinda Maria e Gualter Guenther, por todos os ensinamentos acadêmicos, profissionais e pessoais repassados durante a graduação, e pela compreensão, apoio e disponibilidade em ajudar. Minha gratidão a vocês será eterna!

À Márcio Gleybson da Silva Bezerra e Luiz Eduardo Cordeiro de Oliveira pela confiança depositada em mim, pela orientação em todas as fases do trabalho e por todos os ensinamentos acadêmicos, profissionais e pessoais repassados nesses últimos anos. Muito obrigado!

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e a todos os docentes que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água (PPGMSA), pelos conhecimentos transmitidos ao longo desta jornada. Bem como, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por todo auxílio financeiro;

Ao Grupo de Estudos em Solos (GESOLO), pelo crescimento profissional oportunizado por meio dos trabalhos desenvolvidos.

Aos meus companheiros de Grupo de Estudos, especialmente, Gabriel Felipe, Giovana Soares, Jucier Magson, Elielson Cirley, Paulo Guilherme, Gustavo Viana e Francisco Flávio. Pela ajuda durante as coletas e análises do experimento. Obrigado!

Aos meus amigos do PPMSA, especialmente, Isabela, Rodrigo, Helena, Renata e Roberto. Essa jornada com vocês ao meu lado foi muito mais fácil, por isso, muito obrigado.

À José Simplício (Diretor de pesquisa) e Alfredo Osvaldo (Chefe de laboratório) da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) por disponibilizar o laboratório para realizar as análises. E aos funcionários da EMPARN: Ernesto, Tarcísio, Ronildo, Luana e Mirian, pela ajuda nas análises, pela convivência e pelos conhecimentos partilhados.

À Rafael Nunes, por estar sempre presente, tanto na execução das atividades quanto no levantamento de questionamentos importantes para finalidade do trabalho; pelo seu otimismo e incentivo: eterna gratidão!

**À minha família, especialmente a minha mãe, por  
sempre apoiar minhas decisões**

*Dedico.*

## RESUMO GERAL

MORAIS, E. G. Marchas de crescimento e de acúmulo de nutrientes do capim-elefante. 2021. 50f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró / RN, 2021.

Ao conhecer com mais exatidão a dinâmica de crescimento e de acúmulo de nutrientes pelo capim elefante, é possível ofertar os nutrientes de acordo com a demanda da planta, sobretudo nas fases ou intervalos de maior exigência nutricional. Assim, é possível sugerir recomendações de adubação mais adequadas para essa cultura, evitando-se subestimar ou superestimar as doses recomendadas de nutrientes. Portanto, objetivou-se avaliar o acúmulo de matéria seca e de nutrientes do capim-elefante cv. Cameroon, cultivado em um Neossolo Quartzarênico. O capim-elefante foi cultivado em condições de campo em quatro parcelas de 27 m<sup>2</sup> (3,0 x 9,0 m) durante dois ciclos de cultivo, correspondentes a quatro repetições. Em cada uma dessas parcelas foram realizadas amostragens destrutivas de plantas em diferentes épocas para avaliação do acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea das plantas. No primeiro ciclo de cultivo, as plantas foram coletadas aos 21, 35, 49, 63, 77, 91, 105 e 119 dias após o plantio. As amostragens de plantas do segundo ciclo foram realizadas aos 21, 35, 49, 63, 77, 91 e 105 dias após o corte de uniformização. Em todas as coletas foi estimado o número de perfilhos por metro linear e avaliadas as seguintes características: altura da planta, massa da matéria seca da parte aérea e os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e de micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn) na matéria seca da parte aérea das plantas de capim-elefante. O acúmulo total de macronutrientes pelo capim-elefante acompanhou o acúmulo de matéria seca da parte aérea. O período de maior crescimento do capim-elefante ocorreu dos 18 aos 102 dias no 1º ciclo, e no 2º ciclo dos 8 aos 61 dias. Ao final do primeiro e segundo ciclo, o capim-elefante obteve uma produção total de matéria seca de 32,62 e 39,42 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As maiores taxas de acúmulo diário ocorreram por volta dos 60 dias após o plantio ou corte. O acúmulo de macronutrientes na parte aérea do capim-elefante cv. Cameroon apresentou a seguinte ordem decrescente: K > N > Mg > Ca > P > S, em ambos os ciclos. O acúmulo de micronutrientes na parte aérea do capim-elefante cv. Cameroon apresentou a seguinte ordem decrescente: Fe > Mn > Zn > Cu, e, Fe > Zn > Mn > Cu, no primeiro e segundo ciclo, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Pennisetum purpureum* Schum. Adubação. Produção. Macronutrientes. Micronutrientes.

## ABSTRACT

MORAIS, E. G. Marches of growth and accumulation of nutrients in elephant grass. 2021. 50f. Dissertation (Master of Science in Manejo de Solo e Água), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró / RN, 2021.

By knowing more accurately the dynamics of growth and accumulation of nutrients by elephant grass, it is possible to offer nutrients according to the plant's demand, especially in the phases or intervals of greatest nutritional demand. Thus, it is possible to suggest more appropriate fertilization recommendations for this crop, avoiding underestimating or overestimating the recommended nutrient doses. Therefore, the objective was to evaluate the accumulation of dry matter and nutrients of elephant grass cv. Cameroon, grown in a Quartzene Neossolo. Elephant grass was grown under field conditions in four plots of 27 m<sup>2</sup> (3.0 x 9.0 m) during two cultivation cycles, corresponding to four replications. In each of these plots, destructive sampling of plants was carried out at different times to assess the accumulation of dry matter and nutrients in the aerial part of the plants. In the first cultivation cycle, the plants were collected at 21, 35, 49, 63, 77, 91, 105 and 119 days after planting. Samples of plants from the second cycle were carried out at 21, 35, 49, 63, 77, 91 and 105 days after the uniform cut. In all collections, the number of tillers per linear meter was estimated and the following characteristics were evaluated: plant height, dry matter weight of the aerial part and the levels of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg and S) and micronutrients (Fe, Cu, Mn and Zn) in the dry matter of the aerial part of elephant grass plants. The total accumulation of macronutrients by elephant grass accompanied the accumulation of dry matter in the aerial part. The period of greatest growth of elephant grass occurred from 18 to 102 days in the 1st cycle, and in the 2nd cycle from 8 to 61 days. At the end of the first and second cycle, elephant grass had a total dry matter production of 32.62 and 39.42 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The highest daily accumulation rates occurred around 60 days after planting or cutting. The accumulation of macronutrients in the aerial part of elephant grass cv. Cameroon presented the following decreasing order: K > N > Mg > Ca > P > S, in both cycles. The accumulation of micronutrients in the aerial part of elephant grass cv. Cameroon presented the following decreasing order: Fe > Mn > Zn > Cu, and, Fe > Zn > Mn > Cu, in the first and second cycles, respectively.

**Key-words:** *Pennisetum purpureum Schum.* Fertilizing. Yield. Macronutrients. Micronutrients.



## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO I – CRESCIMENTO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES PELO CAPIM-ELEFANTE CV. CAMERON**

- Figura 1. Variação das temperaturas mínimas e máximas e da precipitação pluvial observada na área experimental, ao longo do experimento, EAJ/UFRN, Campus Macaíba-RN..... 21
- Figura 2. Marcha de crescimento avaliada pelo acúmulo de matéria seca (A e B) do capim-elefante em dois ciclos de cultivo. .... 24
- Figura 3. Marchas de acúmulo de nitrogênio (A e B), fósforo (C e D) e potássio (E e F) pelo capim-elefante em dois ciclos de cultivo. .... 26
- Figura 4. Marchas de acúmulo de cálcio (A e B), magnésio (C e D) e enxofre (E e F) pelo capim-elefante em dois ciclos de cultivo. .... 29

### **CAPÍTULO II – CRESCIMENTO E ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES PELO CAPIM-ELEFANTE CV. CAMEROON**

- Figura 1. Variação das temperaturas mínimas e máximas e da precipitação pluviométrica observadas na área experimental, ao longo do experimento, EAJ/UFRN, Campus Macaíba-RN. .... 39
- Figura 2. Marcha de crescimento avaliada pela altura (A e B) do capim-elefante em dois ciclos de cultivo..... 43
- Figura 3. Marchas de acúmulo de ferro (A e B) e cobre (C e D) pelo capim-elefante em dois ciclos de cultivo..... 44
- Figura 4. Marchas de acúmulo de manganês (A e B) e zinco (C e D) pelo capim-elefante em dois ciclos de cultivo. .... 46

## **LISTA DE TABELAS**

### **CAPÍTULO I – CRESCIMENTO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES PELO CAPIM-ELEFANTE CV. CAMERON**

Tabela 1. Caracterização química e análise granulométrica de amostras de solo da área experimental antes da implantação do experimento (0 a 20 cm), EAJ/UFRN, Campus Macaíba/RN..... 22

### **CAPÍTULO II – CRESCIMENTO E ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES PELO CAPIM-ELEFANTE CV. CAMEROON**

Tabela 1. Produção total de matéria seca por hectare pelo Capim-elefante cv. Camerron ao longo dos ciclos de cultivo. .... 41

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>11</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I – CRESCIMENTO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES PELO CAPIM-ELEFANTE CV. CAMERON .....</b>	<b>17</b>
RESUMO.....	17
ABSTRACT.....	18
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
4. CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
<b>CAPÍTULO II – CRESCIMENTO E ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES PELO CAPIM-ELEFANTE CV. CAMEROON.....</b>	<b>36</b>
RESUMO.....	36
ABSTRACT.....	37
1. INTRODUÇÃO.....	38
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
4. CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, as pastagens são a principal fonte de alimento na produção animal, ocupando a maior parte das áreas utilizadas para a exploração agrícola (Guimarães et al., 2011; Pereira, et al., 2016). Entretanto, as mesmas não recebem a devida importância, sendo consideradas muitas vezes como subculturas, implantadas em áreas marginais de menor fertilidade. Estima-se que no país sejam encontrados cerca de 175 milhões de hectares de pastagens, correspondendo a 21 % do território nacional, dos quais 56 % são compostas por pastagens cultivadas e 44 % com pastagens naturais (Araújo et al., 2017; IBGE, 2017).

Entre as pastagens cultivadas, as espécies mais utilizadas são as gramíneas dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* (Macedo, 2005, Paciullo et al., 2016). Por outro lado, apesar de não ter grande representatividade em termos de área cultivada, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) também se destaca entre as forrageiras tropicais mais difundidas e importantes no Brasil, podendo ser utilizada de diversas formas, e alcançando produtividades elevadas quando bem manejada.

O capim-elefante foi introduzido no Brasil em 1920 a partir de estacas oriundas de Cuba (Granato, 1924), se adaptando rapidamente ao clima brasileiro, com disseminação por todo o País. É uma espécie perene com hábito de crescimento cespitoso, com características morfológicas e fenológicas bem variadas, revelando a existência de grande diversidade genética na espécie (Pereira, 1999).

O interesse por essa gramínea aumentou nos últimos 30 anos, quando se constatou a possibilidade de aumentar a produtividade e reduzir a área explorada com sua utilização para pastejo direto em sistemas rotativos com a utilização de insumos, como água e adubação (Mota et al., 2010). Além disso, essa espécie apresenta diversos cultivares amplamente utilizadas em sistemas intensivos de produção, tanto para bovinos leiteiros como para os de corte (Garcia et al., 2011).

A ampla utilização dessa forrageira é atribuída a sua alta produção de matéria seca com valor nutritivo elevado, além de se desenvolver bem em diferentes condições edafoclimáticas (Meinerz et al., 2011; Saraiva & König, 2013; Hinojosa et al., 2014). Segundo Morais et al. (2009), a produtividade de diferentes genótipos de capim-elefante, inclusive o Cameroon, esteve próxima de 45 t ha<sup>-1</sup>. Pereira et al. (2016), avaliando a curva de crescimento do capim-elefante cv. 'BRS Capiaçú', em diferentes intervalos de cortes, relataram elevada produção de matéria fresca (112,2 t ha<sup>-1</sup>).

À medida que a produção de biomassa de uma forrageira aumenta, maior será sua exigência em fertilidade do solo. Assim, é necessária a adoção de programas de adubação que possibilitem a reposição adequada dos nutrientes extraídos do solo ao longo do ciclo de crescimento da planta. Segundo Luz et al. (2001), é importante conhecer a necessidade de nutrientes das plantas forrageiras.

Para Martuscello et al. (2016), o capim-elefante é considerado exigente em fertilidade do solo, devido à elevada capacidade de acúmulo de matéria seca.

O período de maior extração de nutrientes pela planta, geralmente, coincide com a maior taxa de crescimento e o maior acúmulo de matéria seca (Marcussi et al., 2004). Para a maioria das culturas, o crescimento das plantas é representado por uma curva sigmoide (IPNI, 2013), com uma fase inicial apresentando um crescimento lento, com baixa absorção de nutrientes, seguida de uma fase de crescimento intenso e taxas elevadas de acúmulo de nutrientes e, finalmente, uma estabilização no crescimento e na absorção de nutrientes, completando o ciclo da cultura (Augostinho et al., 2008; Prado, 2008).

Em sistemas intensivos de produção, o uso eficiente da pastagem é dependente de concentrações adequadas de elementos minerais na forragem (Hopkins et al., 1994). O acúmulo e exportação de nutrientes pela planta variam em função da idade, disponibilidade de fatores abióticos, manejo, espécie, cultivar, tipo de solo, intervalo de cortes e condições edafoclimáticas nas quais o dossel se desenvolve (Andrade et al., 2000, Costa et al., 2010; Silva et al., 2015; Backes et al., 2018; Lopes et al., 2018). Por ocasião do corte, o capim-elefante chega a extrair do solo entre 330 a 563 kg ha<sup>-1</sup> de N; 31 a 76 kg ha<sup>-1</sup> de P; 422 a 1.590 kg ha<sup>-1</sup> de K; 20 a 253 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 45 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de Mg; 14 a 151 kg ha<sup>-1</sup> de S; 432 a 991 g ha<sup>-1</sup> de Fe; 98 a 407 g ha<sup>-1</sup> de Zn; 21 a 58 g ha<sup>-1</sup> de Cu; e 130 a 299 g ha<sup>-1</sup> de Mn (Flores et al., 2012; Santos et al., 2012; Maranhão et al., 2018; Maranhão et al., 2019).

A adubação do capim-elefante pode ser realizada de forma eficiente ao analisar as curvas de crescimento e acúmulo de nutrientes. Ao descrever todo o estágio de crescimento de uma espécie, é possível compreender a dinâmica de absorção/extração dos nutrientes e, assim, ofertá-los de acordo com a demanda da planta (Pegoraro et al., 2014), sobretudo nos momentos de maior exigência nutricional, como também repor as quantidades mínimas extraídas do solo, com objetivo de manter sua fertilidade, ou seja, é possível sugerir recomendações de adubação mais adequadas para essa cultura, evitando-se subestimar ou superestimar as doses recomendadas de nutrientes.

Indicar a época certa de fornecimento de nutrientes para o capim-elefante proporciona ganhos em produtividade e redução de custos de produção para o produtor rural, pela utilização racional e eficiente dos insumos e do solo. O manejo eficiente dos nutrientes, com relação à época certa, consiste em disponibilizar os nutrientes para as plantas nos períodos de maior necessidade. Com isso, os nutrientes são utilizados de forma mais eficiente, sincronizando sua disponibilidade com a demanda da planta, nos momentos em que se mensuram elevadas taxas de absorção dos mesmos (Nascimento et al., 2012).

Assim, estudos sobre a marcha de crescimento e de acúmulos de nutrientes são de fundamental importância para subsidiar as estratégias durante o manejo da adubação. A análise de crescimento é

uma ferramenta que possibilita a estimativa das taxas de crescimento da planta, quantificando este balanço em determinado momento ou intervalo de tempo de interesse (Lopes et al., 2009). E a marcha de acúmulo de nutrientes permite o entendimento do padrão de acúmulo e exportação de nutrientes pela forrageira, tornando uma ferramenta importante nos programas de adubação.

O manejo correto da adubação torna-se ainda mais importante quando realizado em solos naturalmente pobres, como é o caso dos Neossolos Quartzarênicos, onde, segundo Souza et al. (2006), o uso continuado dos mesmos com culturas anuais, pode levá-los rapidamente à degradação. Solos sob estas condições têm dificuldades de nutrir adequadamente as plantas, além de favorecer perdas de nutrientes por lixiviação, são mais dependentes do uso de adubação e de calagem para correção da acidez. Deste modo, é essencial que seja adotada medidas que evitem a degradação do mesmo e da pastagem que está sendo cultivada.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Albuquerque, U.P.; Sieber, S.S.; Caetano De Sá, J.; Soldati, G.T.; Medeiros, P.M. & Souza, L.C. Rapid ethnobotanical diagnosis of the Fulni-ô Indigenous lands (NE Brazil): floristic survey and local conservation priorities for medicinal plants. *Environment, Development and Sustainability*, v. 13, p. 277-292, 2011.

Andrade, A. C.; Fonseca, D. M.; Gomide, J. A.; Alvarez V., V. H.; Martins, C. E.; Souza, D. P. H. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Viçosa, v. 29, p. 1589-1595, 2000.

Araújo, F. M.; Faria, A. S.; Ferreira, L. G.; Nogueira, S. H. M. Distribuição e avaliação da acuidade espacial dos mapeamentos da área de pastagem para o Brasil. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017.

Augostinho, L. M. D.; Prado, R. M.; Rozane, D. E.; Freitas, N. Acúmulo de Massa Seca e Marcha de Absorção de Nutrientes em Mudanças de Goiabeira 'Pedro Sato'. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 3, p. 577-585, 2008.

Backes, C. Bôas, R. L. V.; Godoy, L. J. G.; Vargas, P. F.; Santos, A. J. M. Determination of growth and nutrient accumulation in bella vista onion. *Revista Caatinga*, v. 31, n. 1, p. 246-254, 2018.

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.

Flores, R. A.; Urquiaga, S. S.; Alves, B. J. R.; Collier, L. S.; Morais, R. F.; Prado, R. M. Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim-elefante no Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 12, p. 1282-1288, 2012.

- Garcia, C. S.; Fernandes, A. M.; Fontes, C. A. A.; Vieira, R. A. M.; Sant'Ana, N. F.; Pimentel, V. A. Desempenho de novilhos mantidos em pastagens de capim-elefante e capim-mombaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n.2, p. 403-410, 2011.
- Granato, L. O. *Capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.)*. São Paulo: Secretaria de Agricultura, 1924.
- Guimarães, M. M. C.; Matsumoto, S. N.; Figueiredo, M. P.; Cruz, P. G.; Araújo, G. A. Estimativa da composição química do Capim Braquiária cv. Marandú por meio de um clorofilômetro portátil. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* v. 4, n. 2. 2011.
- Hinojosa, L. A.; Yépez, N. D.; Rodal, C. F., Ríos, A.; Claros, B. R.; Suárez, N. T. Producción y características agronomicas de cuatro variedades de pasto de corte del genero *Pennisetum*, en Trinidad, Bolivia. *Revista Científica Agrociencias Amazonía*, v. 20, p. 28-35, 2014.
- Hopkins, A.; Adamson, A. H.; Bowling, P. J. Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen: 2. effects on concentrations of Ca, Mg, K, Na, S, P, Mn, Zn, Cu, Co and Mo in herbage at a range of sites. *Grass and Forage Science*, Oxford, v. 49, p. 9-20, 1994.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 108 p.
- IPNI. 4C Nutrição de Plantas: um manual para melhorar o manejo de plantas, versão métrica. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2013.
- Lopes, M. N.; Cândido, M. J. D.; Silveira, W. M.; Maranhão, T. D.; Soares, I.; Pompeu, R. C. F. F.; Silva, R. G.; Carneiro, M. S. S. Accumulation and export of nutrients in cactus pear cladodes (*Opuntia ficus-indica*) under different managements in the Brazilian Semiarid. *Brazilian Journal of Animal Science*, v. 47, p. 1-11, 2018.
- Lopes, W. A. R.; Negreiros, M. Z.; Rodrigues G. S. O.; Araújo, A. P.; Soares A. M.; Dombroski, J. L. D.; Grangeiro, L. C.; Nunes, G. H. S. Crescimento de tomate SM-16 sob diferentes tipos de coberturas de solo. *Horticultura Brasileira* 27: S486-S491. 2009.
- Luz, P. H. C.; Herling, V. R.; Peternelli, M.; Braga, G. J. Calagem e adubação no manejo intensivo do pastejo. In: *Simpósio de Forragicultura e Pastagens: Temas Em Evidência, 2.*, Lavras. Anais. Lavras: UFLA, p. 27-110, 2001.
- Macedo, M. C. M. Degradação de pastagens: conceitos, alternativas e métodos de recuperação. In: EPAMIG. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 26, n. 226, p. 36-42, 2005.
- Maranhão, T. D.; Cândido, M. J. D.; Soares, I.; Lopes, M. N.; Silva, R. R.; Pompeu, R. C. F. F.; Lacerda, G. F.; Sousa, W. N. Accumulation and partition of macronutrients in *Pennisetum purpureum* cv. Roxo managed under different growth ages and seasons. *Brazilian Journal of Health and Animal Production*, Salvador, v. 19, n. 3, p. 223-240, 2018.

- Maranhão, T. D.; Lopes, M. N.; Soares, I.; Pompeu, R. C. F. F.; Silva, R. R.; Alves, F. G. S.; Araújo, A. C.; Cândido, J. D. Nutritional status and accumulation of micronutrients in elephant grass cv. Roxo under rainfed conditions. *Zootechnics Archives*, v. 69, p. 86-94, 2019.
- Marcussi, F. F. N.; Bôas, R. L. V.; Godoy, L. J. G.; Goto, R. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. *Scient. Agricola*, v. 61, n. 1, p. 62-68, 2004.
- Martuscello, J. A.; Majerowicz, N.; Cunha, D. N. F. V.; Amorim, P. L.; Braz, T. G. S. Características produtivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação Nitrogenada. *Archivos de Zootecnia*, v. 65, n. 252, p. 565-570, 2016.
- Meinerz, G. R.; Olivo, C. J.; Agnolin, C. A.; Dullius, A. P.; Moraes, R. S.; Mombach, G.; Foletto, V.; Machado, E. P. R. Forage production and nutritive value of elephant grass in two production systems. *Brazilian Journal of Animal Science*, v. 40, n. 12, p. 2673-2680, 2011.
- Morais, R.F.; Zanetti, J.B.; Jantália, C.P.; Boddey, R.M.; Alves, B.J.; Urquiaga, S.; Pacheco, B.M. Produção e qualidade da biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 2. p. 1103-1107, 2009.
- Mota, V. J. G.; Reis, S.T.; Sales, E.C.J.; Rocha Júnior, V. R.; Oliveira, F. G., Walker, S. F.; Martins, C. E.; Cóser, A. C. Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período seco do ano, no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 6, p. 1191-1199, 2010.
- Nascimento, M. S.; Crusciol, C. A. C.; Fernandes, A. M.; Zanotto, M. D. Nutrient extraction and exportation by castor bean hybrid Iyra. *Brazilian Journal of Soil Science*, Viçosa, v. 36, n. 1, p.113-124, 2012.
- Paciullo, D. S. C.; Gomide, C. A. M.; Leite, J. L. B.; Resende, H. Tecnologia e custo de produção de *Brachiaria brizantha* para uso sob pastejo. 1ª ed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 7 p. (Circular Técnica 112). 2016.
- Pegoraro, R. F.; Souza, B. A. M.; Maia, V. M.; Silva, D. F.; Medeiros, A. C.; Sampaio, R. A. Macronutrient uptake, accumulation and export by the irrigated 'vitória' pineapple plant. *Brazilian Journal of Soil Science*, v. 38, p. 896-904, 2014.
- Pereira, A. V. Germoplasma e diversidade genética do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.). In: Passos, L. P.; Carvalho, L. A.; Martins, C. E.; Bressan, M.; Pereira, A. V. (Ed.). *Biologia e manejo do capim-elefante*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p. 1-16, 1999.
- Pereira, A. V.; Morenz, M. J. F.; Lédo, F. J. S.; Ferreira, R. P. Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos. *Capim-elefante: Versatilidades de usos na pecuária de leite*. cap.03, p.188-211, 2016.
- Prado, R. M. Manual de nutrição de plantas forrageiras. Jaboticabal – Funep, ISBN: 978-85-7805-017-7, 2008.



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, R. L.; Azevedo, V. M.; Freire, F. J., Rocha, A. T.; Tavares, J. L.; Freire, M. B. G. S. Extração e Eficiência de Uso de Nutrientes em Capim-Elefante na Presença de Gesso. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 36, p. 497-505, 2012.

Saraiva, V. M.; Konig, A. Produtividade do capim-elefante-roxo irrigado com efluente doméstico tratado no semiárido potiguar e suas utilidades. Revista Hollos, v. 29, n. 1, p. 28-46, 2013.

Silva, M. R.; Pelissari, A.; Moraes, A.; Sandini, I. E.; Cassol, L. C.; Assmann, T. S.; Oliveira, E. B. Acumulação de nutrientes e produção forrageira de aveia e azevém em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. Revista de Ciências Agrárias, v. 38, n. 3, p. 346-356, 2015.

Souza, E. D.; Carneiro, M. A. C.; Paulino, H. B.; Silva, C. A.; Buzetti, S.; Alterações nas frações do carbono em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. Acta Scientiarum, Maringá, v. 28, n. 3, p. 305-311, 2006.

## CAPÍTULO I – CRESCIMENTO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES PELO CAPIM-ELEFANTE CV. CAMERON

### RESUMO

Para produzir uma forragem com qualidade e em grande quantidade, é necessário que o solo ofereça todos os nutrientes que a planta necessita para o seu desenvolvimento, principalmente nos momentos de maior exigência nutricional. Assim, objetiva-se com este trabalho avaliar o crescimento e o acúmulo de matéria seca e de macronutrientes do capim-elefante cv. Cameroon, cultivado em um Neossolo Quartzarênico. O capim elefante foi cultivado em condições de campo por dois ciclos de cultivo, em quatro repetições de 27 m<sup>2</sup> (3,0 x 9,0 m). Foram realizadas amostragens destrutivas de plantas em diferentes épocas para avaliação do acúmulo de matéria seca e de macronutrientes na parte aérea das plantas. No primeiro ciclo de cultivo, as plantas foram coletadas aos 21, 35, 49, 63, 77, 91, 105 e 119 dias após o plantio. No segundo ciclo foram realizadas amostragens aos 21, 35, 49, 63, 77, 91 e 105 dias após corte de uniformização. Em cada coleta foram avaliadas as seguintes características: massa da matéria seca da parte aérea do capim-elefante e teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S). O acúmulo total de macronutrientes pelo capim-elefante acompanhou o acúmulo de matéria seca. Ao final do primeiro e segundo ciclo, o capim-elefante acumulou na parte aérea, 32,62 e 39,42 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, respectivamente. E os acúmulos de K, N, Mg, Ca, P, e S foram: 643,69 e 889,77; 310,89 e 249,30; 89,08 e 79,64; 43,87 e 49,11; 34,82 e 37,43; 21,16 e 11,42 kg ha<sup>-1</sup>; respectivamente. As maiores taxas de acúmulo diário ocorreram por volta dos 60 dias após o plantio ou corte. O acúmulo de macronutrientes na parte aérea do capim-elefante cv. Cameron apresentou a seguinte ordem decrescente: K > N > Mg > Ca > P > S.

**Palavras-chave:** *Pennisetum purpureum* Schum. Marcha de Absorção. Adubação. Produção.

## CHAPTER I – GROWTH AND ACCUMULATION OF MACRONUTRIENTS BY ELEPHANT GRASS CV. CAMERON

### ABSTRACT

In order to produce quality forage and in large quantities, it is necessary for the soil to offer all the nutrients that the plant needs for its development, especially in times of greatest nutritional demand. Thus, the objective of this work is to evaluate the growth and accumulation of dry matter and nutrients of elephant grass cv. Cameroon, cultivated in a Quartossenic Neossol. Elephant grass was grown under field conditions for two growing cycles, in four replications of 27 m<sup>2</sup> (3.0 x 9.0 m). Destructive sampling of plants was carried out at different times to assess the accumulation of dry matter and macronutrients in the aerial part of the plants. In the first cultivation cycle, the plants were collected at 21, 35, 49, 63, 77, 91, 105 and 119 days after planting. In the second cycle, samples were taken at 21, 35, 49, 63, 77, 91 and 105 days after uniform cut. In each collection, the following characteristics were evaluated: dry matter mass of the aerial part of elephant grass and macronutrient levels (N, P, K, Ca, Mg and S). The total accumulation of macronutrients by elephant grass accompanied the accumulation of dry matter. At the end of the first and second cycles, elephant grass accumulated 32.62 and 39.42 t ha<sup>-1</sup> of dry matter in the aerial part, respectively. And the accumulations of K, N, Mg, Ca, P, and S were: 643.69 and 889.77; 310.89 and 249.30; 89.08 and 79.64; 43.87 and 49.11; 34.82 and 37.43; 21.16 and 11.42 kg ha<sup>-1</sup>; respectively. The highest daily accumulation rates occurred around 60 days after planting or cutting. The accumulation of macronutrients in the aerial part of elephant grass cv. Cameroon presented the following decreasing order: K > N > Mg > Ca > P > S.

**Key-words:** *Pennisetum purpureum* Schum. Absorption March. Fertilizing. Yield.

## 1. INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) é uma espécie forrageira que se destaca na pecuária brasileira, principalmente entre os pequenos produtores do Nordeste do país, como uma importante reserva ou complementação da alimentação volumosa dos animais. Essa forrageira é largamente utilizada como capineira, sendo fornecida verde ou como forragem conservada, sob a forma de silagem ou feno e, além disso, também é indicada para pastejo (Figueira et al., 2015).

A grande utilização dessa forrageira é atribuída a sua produção elevada de matéria seca por unidade de área e por apresentar valor nutritivo elevado, além de se desenvolver bem em diferentes condições edafoclimáticas (Meinerz et al., 2011; Saraiva & König, 2013; Hinojosa et al., 2014). Na literatura são encontrados diversos trabalhos que expõem a elevada produção de matéria seca do capim-elefante, como por exemplo, Botrel et al. (2000), avaliando o comportamento forrageiro de vinte clones e duas cultivares de capim-elefante, relataram que essa cultura pode atingir produções de 5.782, 24.989 e 30.771 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, no período seco, das águas e anual, respectivamente. Avaliando o crescimento do capim-elefante cv. 'BRS Capiacu', em diferentes intervalos de cortes, Pereira et al. (2016), também verificaram valores elevados na produção de matéria fresca (112,2 t ha<sup>-1</sup>).

Devido à elevada capacidade de acúmulo de biomassa, o capim-elefante é considerado uma forrageira exigente em nutrientes (Martuscello et al., 2016). A composição mineral de espécies forrageiras varia com uma série de fatores, entre os quais se destacam o solo e as adubações realizadas, as diferenças genéticas entre espécies, as estações do ano e o intervalo de cortes. Alguns trabalhos com capim elefante tem estimado extrações de nutrientes, por ocasião do corte, entre 330 e 563 kg ha<sup>-1</sup> de N; 31 a 76 kg ha<sup>-1</sup> de P; 422 a 1.590 kg ha<sup>-1</sup> de K; 20 a 253 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 45 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 14 a 151 kg ha<sup>-1</sup> de S (Flores et al., 2012; Santos et al., 2012; Maranhão et al., 2018).

O período de maior extração de nutrientes pela planta, geralmente, coincide com a época de maior taxa de acúmulo de matéria seca (Marcussi et al., 2004). Para a maioria das culturas, o crescimento das plantas é representado por uma curva sigmoide (IPNI, 2013), com uma fase inicial apresentando um crescimento lento, com baixa absorção de nutrientes, seguida de uma fase de crescimento intenso e taxas elevadas de acúmulo de nutrientes e, finalmente, uma estabilização no crescimento e na absorção de nutrientes, completando o ciclo da cultura (Augustinho et al., 2008; Prado, 2008). Segundo Magalhães et al. (2006), a idade de corte afeta o rendimento da forragem colhida, resultando em incrementos significativos na produção de matéria seca. Com isso, ao se estudar o acúmulo de matéria seca e o acúmulo de nutrientes das forrageiras, juntamente com os períodos onde ocorrem as maiores taxas de crescimento, é possível identificar os momentos de maior

exigência nutricional das plantas e, assim, definir estratégias relativas ao manejo de adubação da espécie em questão.

Indicar o manejo de adubação e a época certa de fornecimento de macronutrientes para o capim-elefante, proporcionará ganhos em produtividade e redução de custos de produção para o produtor rural, pela utilização racional e eficiente dos insumos e do solo. O manejo eficiente dos nutrientes, com relação à época certa, consiste em disponibilizar os nutrientes para as plantas nos períodos de maior necessidade. Deste modo, os nutrientes são utilizados de forma mais eficiente, sincronizando sua disponibilidade com a demanda da planta, nos momentos onde se mensuram as maiores taxas de acúmulo de nutrientes na planta (Nascimento et al., 2012).

Por isso, estudos sobre as marchas de acúmulo de matéria seca e de nutrientes pelas culturas são de fundamental importância para subsidiar as estratégias de manejo que fornecem os nutrientes às plantas na época certa, como também repor ao solo as quantidades mínimas que devem ser restituídas ao solo com objetivo de manter sua fertilidade. Entretanto, estudos que descrevem com mais detalhes os padrões de crescimento e acúmulo de macronutrientes do capim-elefante, são escassos na literatura, principalmente quando esta espécie é cultivada por ciclos consecutivos.

O manejo correto da adubação torna-se ainda mais importante quando realizado em solos naturalmente pobres em nutrientes, como é o caso dos Neossolos Quartzarênicos, os quais são solos arenosos com baixa capacidade de retenção de água e com baixos teores de matéria orgânica e de nutrientes (Santos et al., 2018), onde o uso continuado dos mesmos com culturas anuais pode levá-los rapidamente à degradação (Souza et al., 2006). Assim, objetiva-se com este trabalho avaliar a marcha de crescimento e de acúmulo de macronutrientes do capim-elefante cv. Cameroon, cultivado em um Neossolo Quartzarênico, no litoral potiguar.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido no período de dezembro de 2019 a julho de 2020, na Área de Experimentação do Grupo de Estudos em Forragicultura (GEFOR) da Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Campus Macaíba/RN. A área experimental encontra-se entre as coordenadas geográficas 5°53'35.12" latitude Sul (S) e 35°21'47.03" longitude Oeste (W).

O solo da área experimental foi classificado em acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como Neossolo Quartzarênico, apresentando textura arenosa e topografia suavemente inclinada (Santos et al., 2018). O clima local segundo a classificação de Köppen é do tipo As', com uma estação chuvosa entre os meses de maio a julho, e outra, caracterizada pelo inverno

seco, entre os meses de setembro a dezembro. A precipitação pluvial anual na região é de aproximadamente 1.280 mm, com temperatura média mensal variando de 24 a 28 °C (Alvares et al., 2014). Ao longo do experimento foram medidos os valores de temperatura do ar e precipitação pluvial (Figura 1).

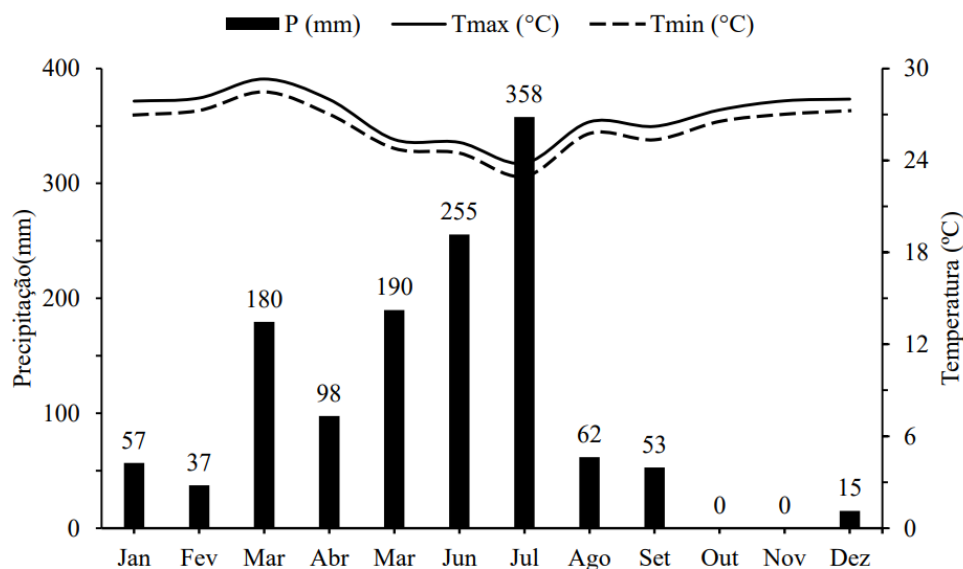


Figura 1. Variação das temperaturas mínimas e máximas e da precipitação pluvial observada na área experimental, EAJ/UFRN, Campus Macaíba-RN

O experimento foi conduzido em quatro parcelas de 27 m<sup>2</sup> (3,0 x 9,0 m), correspondentes a quatro repetições, totalizando uma área experimental de 108 m<sup>2</sup> (3,0 x 36 m). Em cada uma das quatro parcelas, foi implantado um estande uniforme de plantas de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), cultivar Cameroon. As parcelas foram compostas por quatro linhas de plantio de 9,0 m de comprimento espaçadas a 0,70 m. As duas linhas centrais foram consideradas como úteis para análise e coleta efetiva de dados. E as linhas laterais utilizadas apenas para estimar o número de perfilhos por metro linear.

O capim-elefante foi cultivado durante dois ciclos de cultivo, nos quais foram realizadas amostragens destrutivas de plantas em diferentes épocas para avaliação do acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea da planta. No primeiro ciclo de cultivo, as plantas foram coletadas aos 21, 35, 49, 63, 77, 91, 105 e 119 dias após o plantio. Após a última coleta do primeiro ciclo, foi realizado um corte de uniformização em todas as parcelas experimentais, para eliminar as plantas restantes, e assim iniciando o segundo ciclo de crescimento do capim elefante. As amostragens do segundo ciclo foram realizadas aos 21, 35, 49, 63, 77, 91 e 105 dias após corte de uniformização.

Inicialmente, por volta de 30 dias antes do plantio, foi realizada uma amostragem de solo, na profundidade de 0 a 20 cm, para a caracterização química e análise granulométrica do solo da área

experimental. Foram coletadas 20 amostras simples, para formar uma amostra composta de solo. As análises do solo da área experimental (Tabela 1), foram realizadas nessa amostra composta, seguindo os métodos analíticos descritos por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Caracterização química e análise granulométrica de amostras de solo da área experimental antes da implantação do experimento (0 a 20 cm), EAJ/UFRN, Campus Macaíba/RN

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

M.O. = Matéria orgânica; SB = soma de bases; CTC a pH 7,0 = Capacidade de troca de cátions; V = Saturação por bases.

O plantio foi realizado com a distribuição dos colmos inteiros em sulcos (linhas de plantio), feitos manualmente com a utilização de enxadas, seguindo o sistema pé com ponta, cortados após a colocação no fundo do sulco, em rebolos de aproximadamente 70 cm. Para evitar problemas de déficit hídrico, a evapotranspiração diária foi repostada via irrigações suplementares, utilizando um sistema de irrigação convencional por aspersão, constituindo por linhas laterais fixas.

Durante o plantio, foi realizada uma adubação de fundação, em sulcos, a 15,0 cm da linha de plantio, 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, por meio das fontes ureia, superfosfato triplo, cloreto de potássio, sulfato de amônio e FTE BR-12, respectivamente.

As adubações de cobertura também foram realizadas em sulcos a 15,0 cm da linha de plantio, em que: a) no primeiro ciclo de cultivo (119 dias) foram realizadas duas adubações, aos 30 e 60 dias após o plantio. Em cada uma dessas adubações, foram aplicados 270 kg ha<sup>-1</sup> de N mais 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, totalizando, para o primeiro ciclo, doses de 600 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; b) no segundo ciclo de cultivo (105 dias) contados a partir do corte de uniformização, 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 em três aplicações. A primeira adubação foi aos dois dias após o corte de uniformização (60 kg ha<sup>-1</sup> de N + 75 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O); a segunda e terceira adubações foram aplicadas aos 30 e 60 dias após corte de uniformização, com doses iguais de 270 kg ha<sup>-1</sup> de N + 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Visando não limitar a extração de nutrientes pelo capim-elefante, a recomendação de adubação está acima da recomendada na literatura para pastagens (Ribeiro et al., 1999; Holanda et al., 2017).

A avaliação dos acúmulos de matéria seca e macronutrientes foram feitas amostrando quatro plantas da área útil de cada parcela (competitivas e saudáveis quanto à fitossanidade), sendo duas destinadas para a avaliação da matéria seca e duas para a avaliação dos teores de macronutrientes. As

primeiras coletas do primeiro e segundo ciclo de cultivo foram realizadas aos 21 dias após o plantio ou corte de uniformização, respectivamente, e as coletas restantes em intervalos 14 dias, sempre no período da manhã, totalizando oito amostragens no primeiro ciclo (21, 35, 49, 63, 77, 91, 105 e 119 dias após o plantio), e sete no segundo ciclo (21, 35, 49, 63, 77, 91 e 105 dias após o corte de uniformização). As plantas foram cortadas rente ao solo com tesoura de aço inoxidável e encaminhadas para o laboratório.

No laboratório, as plantas coletadas em cada época foram fracionadas, acondicionadas em sacos de papel furado e encaminhadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingirem peso constante. A massa de matéria seca do capim-elefante foi avaliada com o auxílio de balança analítica. Com valores de matéria seca do capim-elefante, juntamente com a estimativa média do número de perfilhos por metro linear e o espaçamento utilizado para o capim-elefante, foi possível estimar o acúmulo matéria seca em “t ha<sup>-1</sup>”.

O número de perfilhos por metro linear foi estimado em todas as épocas de coletas, contando todos os perfilhos ao longo de um metro linear das linhas laterais de cada parcela. No final do experimento foi obtida uma estimativa média de 11,7 perfilhos por metro linear.

As amostras da matéria seca das plantas foram moídas em moinho tipo Willey, e em seguida submetidas às análises químicas para quantificação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S). As 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). Os acúmulos de macronutrientes foram calculados multiplicando-se o acúmulo de matéria seca pelos teores de N, P, K, Ca, Mg e S.

Os dados foram submetidos à análise de regressão não linear (função sigmoidal), utilizando o software Sigma Plot versão 14.0 (Systat Graphing Software, 2018), obedecendo à equação  $\hat{y} = a/(1+e^{-(x-x_0/b)})$ , em que  $\hat{y}$  = variável dependente (acúmulo de matéria seca e macronutrientes); a = ponto máximo da curva; e = base do logaritmo neperiano, b = parâmetro de ajuste; x = variável independente (épocas de coleta); e,  $x_0$  = ponto de inflexão (ponto no qual ocorre a taxa máxima de variação da função).

As curvas com as taxas de acúmulo de matéria seca e de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), foram obtidas por meio da derivada de primeira ordem da equação, igualada a zero (Moustakas & Ntzanis 2005, Fernandes et al. 2010). Foram calculados os pontos de curvatura mínima (PCmin) e máxima (PCmax), utilizando os parâmetros das equações não lineares, onde: PCmin =  $x_0 - 2b$ ; e, PCmax =  $x_0 + 2b$  (Cavalcante et al., 2018). O PCmin indica o momento na curva (gráficos) em que se iniciam ganhos expressivos no crescimento da planta, no acúmulo de matéria seca e no acúmulo de macronutrientes. Por outro lado, o PCmax indica o momento em que esses ganhos começam a se estabilizar.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de matéria seca (MS) foi pouco expressivo no início do desenvolvimento do capim-elefante, sendo observados valores iniciais relativamente baixos em ambos os ciclos (Figura 2A). O início dos ganhos expressivos (PCmin) em MS, foram observados a partir dos 42 (1º ciclo) e 32 (2º ciclo) dias após o plantio ou corte, com um acúmulo médio de 3,90 e 5,25 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, respectivamente. Por outro lado, os incrementos médios em MS começaram a se estabilizar (PCmax), no 1º e 2º ciclo, aos 95 e 105 dias após o plantio ou corte, com uma produtividade média de 30,48 e 38,42 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As maiores taxas no acúmulo diário de MS (Figura 2B) do capim-elefante ocorreram por volta dos 70 dias, acumulando 0,66 e 0,60 t ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente.

$$1^\circ \text{ Ciclo: } y = 34,7625 / (1 + \exp^{-((x-69,1858)/13,1463)}) \quad R^2 = 0,9865$$

$$2^\circ \text{ Ciclo: } y = 43,2819 / (1 + \exp^{-((x-67,7166)/18,0444)}) \quad R^2 = 0,9940$$

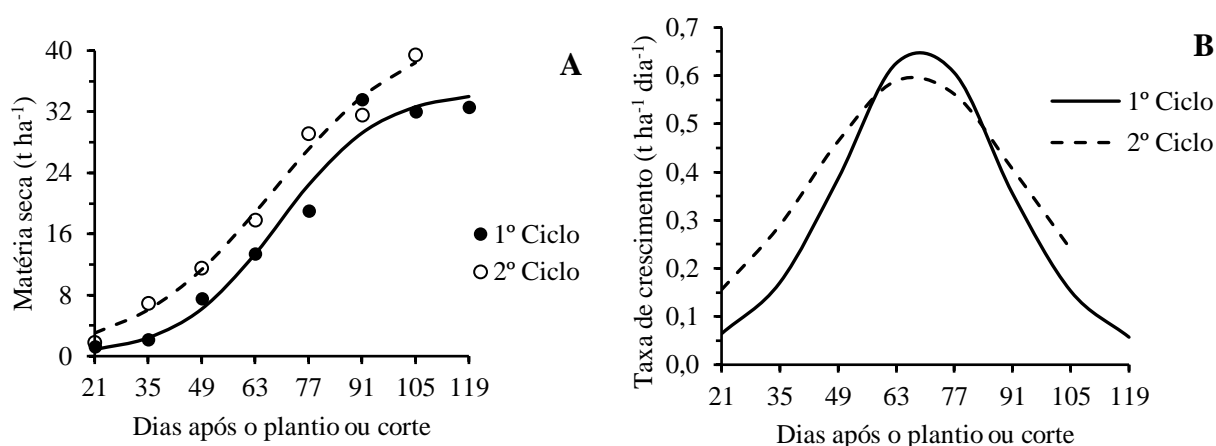


Figura 2. Marcha de crescimento avaliada pelo acúmulo de matéria seca (A e B) do capim-elefante em dois ciclos de cultivo

A diferença observada na produção de MS entre os pontos de curvatura mínima (PCmin) e máxima (PCmax) no 2º ciclo, com 10 dias mais precoce, pode ser atribuída a um sistema radicular maior e já estabelecido nesse ciclo, quando comparado ao 1º ciclo (Figura 2B), que apresentava sistema radicular ainda em desenvolvimento. Segundo Reis et al. (2013), no início do desenvolvimento das plantas, as raízes são o dreno preferencial dos fotoassimilados, demandando mais energia e conseqüentemente, o crescimento da parte aérea é mais lento. Com o sistema radicular estabelecido, a planta passa a explorar um volume maior de solo, tendo o acesso à água e nutrientes aumentados, o que favorece ao um desenvolvimento mais rápido, sendo, portanto, mais eficiente na aquisição e uso dos recursos água e nutrientes.

O K em ambos os ciclos, foi o nutriente mais exportado para a parte aérea do capim-elefante. Os ganhos expressivos no acúmulo de K iniciaram-se aos 28 dias no 1º ciclo e 20 dias no 2º ciclo, acumulando por volta de 76,73 e 121,96 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3A).

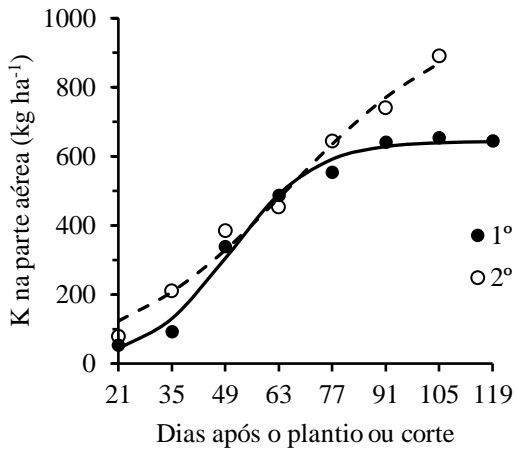
Aos 72 e 111 dias o acúmulo de K começou a se estabilizar (PCmax), com valores estimados em 121,96 kg ha<sup>-1</sup> no 1º ciclo e 901,16 kg ha<sup>-1</sup> no 2º ciclo (Figura 3A). O aumento no acúmulo de potássio do capim-elefante observado neste trabalho pode ser explicado, provavelmente, pelo aumento no acúmulo de nitrogênio ao longo do desenvolvimento dessa forrageira. Segundo Galindo et al. (2018), com aumento no acúmulo de nitrogênio, haverá maior desenvolvimento do sistema radicular, favorecendo o acesso das plantas a um maior volume de solo e, conseqüentemente, de nutrientes e água, entre eles o potássio. Para Gommers et al. (2005), outra explicação provável estaria relacionada ao “consumo de luxo”, no qual as plantas extraem nutrientes do solo acima da sua necessidade metabólica, acumulando-os em organelas da célula vegetal (cloroplastos, mitocôndrias e vacúolos).

As taxas máximas de acúmulo de K foram observadas aos 50 e 65 dias, com 14,57 e 11,34 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, no 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 3B). O acúmulo de K aos 50 dias (1º ciclo) foi de 319,19 kg ha<sup>-1</sup> e aos 65 dias (2º ciclo) de 501,55 kg ha<sup>-1</sup>, valores superiores aos observados com os demais macronutrientes. Maranhão et al. (2018), avaliando o acúmulo e partição de macronutrientes do capim-elefante cv. Roxo manejado em diferentes idades e épocas de crescimento, também constaram que o potássio foi o nutriente que mais acumulou na parte aérea do capim-elefante, com um acúmulo aos 63 dias de 645, 276 e 163 kg ha<sup>-1</sup>, nos períodos chuvoso, transição e seco, respectivamente.

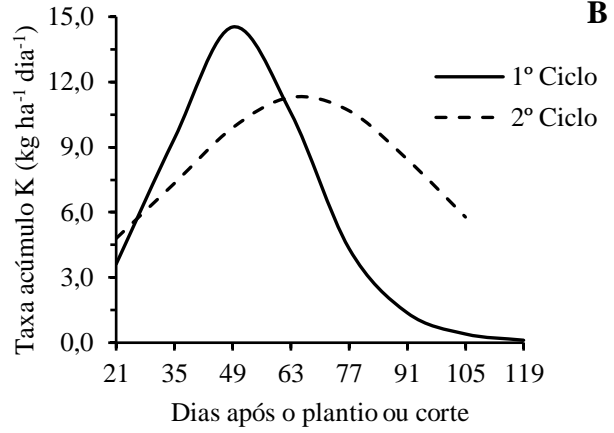
Dependendo da quantidade de chuva, da dose de nutriente aplicado e da textura do solo, o potássio está sujeito a ser intensamente lixiviado (Rosolem et al., 2006). Assim, considerando essas informações e tomando como base os resultados encontrados no presente trabalho, a adubação potássica em cobertura do capim-elefante pode ser realizada aos 20 dias após o plantio ou corte, disponibilizando esse nutriente para as plantas durante toda a fase crítica de acúmulo de potássio, seja no 1º ou 2º ciclo. A dinâmica do potássio no solo é bem parecida com a no nitrogênio, com grande probabilidade de perdas por lixiviação em Neossolos Quartzarênicos. Assim, a adubação potássica pode ser parcelada em mais de uma aplicação.

Em ambos os ciclos, o N foi o segundo nutriente mais acumulado pelo capim-elefante, quando comparado com os outros macronutrientes (Figura 3C). A quantidade acumulada de N inicialmente ocorreu de forma lenta, semelhante ao acúmulo de MS (Figura 2A). Os ganhos expressivos (PCmin) ocorreram a partir dos 33 e 10 dias, com estimativa média de 40,84 kg ha<sup>-1</sup> no 1º ciclo e 32,64 kg ha<sup>-1</sup> no 2º ciclo.

1º Ciclo:  $y = 643,6656 / (1 + \exp^{-((x-50,1811)/11,0446)})$   $R^2 = 0,9947$   
 2º Ciclo:  $y = 1023,1219 / (1 + \exp^{-((x-65,8828)/22,557)})$   $R^2 = 0,9929$

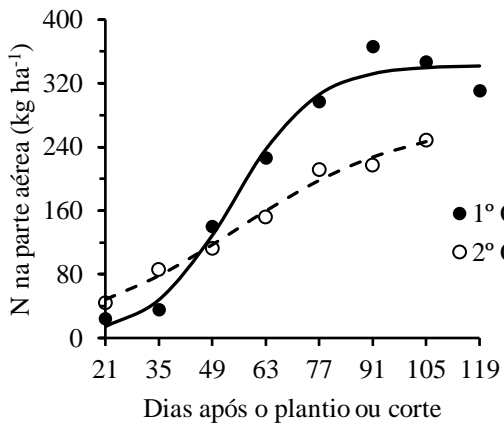


**A**

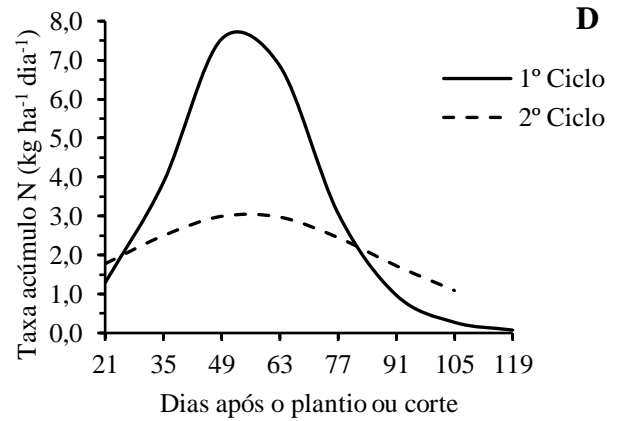


**B**

1º Ciclo:  $y = 342,6095 / (1 + \exp^{-((x-54,3877)/10,6639)})$   $R^2 = 0,9892$   
 2º Ciclo:  $y = 273,8282 / (1 + \exp^{-((x-55,5008)/22,3974)})$   $R^2 = 0,9937$

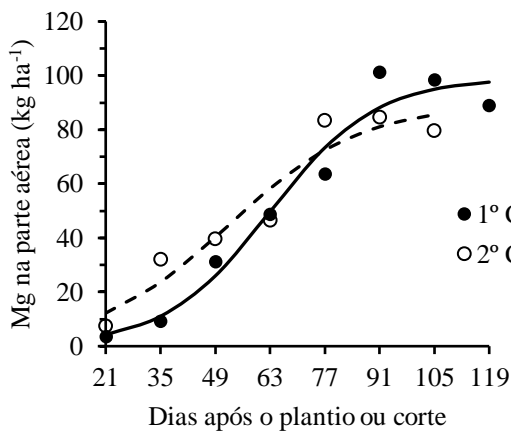


**C**

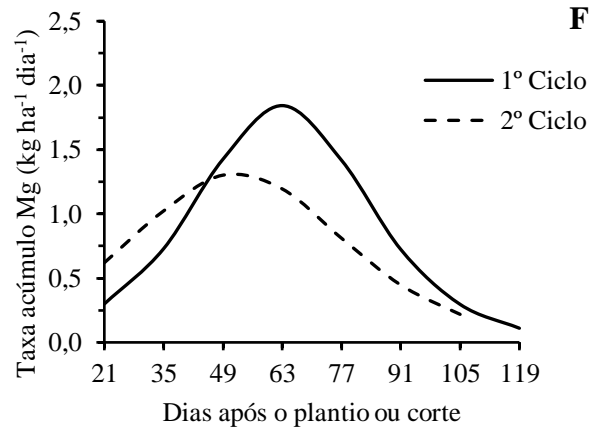


**D**

1º Ciclo:  $y = 99,1012 / (1 + \exp^{-((x-62,9258)/13,4458)})$   $R^2 = 0,9819$   
 2º Ciclo:  $y = 89,4631 / (1 + \exp^{-((x-52,3828)/17,0155)})$   $R^2 = 0,9620$



**E**



**F**

Figura 3. Marchas de acúmulo de potássio (A e B), nitrogênio (C e D) e magnésio (E e F), pelo capim-elfante em dois ciclos de cultivo

O período de maior exigência em N pelo capim-elefante (PCmax), foram observados aos 75 e 100 dias, com acúmulo de 301,77 e 241,19 kg ha<sup>-1</sup>, no 1º e 2º ciclo, respectivamente. As maiores taxas de acúmulo de N foram ocorreram aos 55 dias (Figura 3D), em ambos os ciclos, com estimativas de 8,0 kg ha<sup>-1</sup> no 1º ciclo e 3,0 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no 2º ciclo.

Com a diferença observada entre os PCmin (Figura 3C), é possível inferir que a aplicação de N no 2º ciclo pode ser antecipada, em relação a aplicação do 1º ciclo. Uma vez que o N aplicado será utilizado de forma mais eficiente, sincronizando sua disponibilidade no solo com demanda da planta. A antecipação no acúmulo de N no 2º ciclo está relacionada ao fato que as plantas apresentam nesse momento maior desenvolvimento radicular, proporcionada maior absorção de nutrientes.

Na maioria dos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (Bredemeier & Mundstock, 2000), daí semelhança entre o acúmulo de N (Figura 3C), com o acúmulo de MS (Figura 2A) na parte aérea do capim-elefante. Alguns autores têm observado influências positivas da adubação nitrogenada no capim-elefante (Mistura et al. 2007, Vitor et al. 2009).

Entretanto, o manejo da adubação nitrogenada é muito complexo, haja vista que o nitrogênio é um nutriente que possui alta mobilidade no solo, estando sujeito às diversas formas de perdas, como por exemplo, por volatilização na forma de N-NH<sub>3</sub>, e lixiviação na forma de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Raij, 2011, Carvalho & Zabet, 2012; Moreira et al., 2017; Rocha et al., 2019). Por conseguinte, considerando a dinâmica do nitrogênio no solo e os PCmin desse nutriente, seria interessante realizar a adubação nitrogenada de cobertura por volta dos 30 dias no 1º ciclo e 10 dias no 2º ciclo, ofertando esse nutriente ao solo durante toda a fase crítica de acúmulo de nitrogênio e acúmulo de matéria seca do capim-elefante. Também existe a possibilidade de parcelar a adubação em cobertura, uma vez que o nitrogênio possui grandes probabilidades de perdas por lixiviação nos Neossolos Quartzarênicos.

O início dos ganhos expressivos (PCmin) em Mg na parte aérea do capim-elefante, foram observados aos 36 e 18 dias, com acúmulo estimado em 11,79 e 10,47 kg ha<sup>-1</sup>, no 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 3E). Aos 90 dias do 1º ciclo, os incrementos médios começaram a se estabilizar (PCmax), com uma produção de 87,43 kg ha<sup>-1</sup> e, no 2º ciclo, aos 86 dias, com 78,57 kg ha<sup>-1</sup>. As maiores taxas no acúmulo diário de Mg do capim-elefante ocorreram aos 62 e 52 dias (Figura 3F), acumulando 1,84 e 1,32 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente.

O acúmulo de Mg na parte aérea do capim-elefante foi maior que o de Ca, sendo o terceiro macronutriente mais acumulado nos dois ciclos analisados. Resultado diferente foi encontrado por Maranhão et al. (2018), onde o magnésio foi o quarto nutriente mais acumulado na parte aérea do capim-elefante cv. Roxo nas estações chuvosa e de transição, e o quinto na estação seca.

A maior extração de Mg pelo capim-elefante, observada neste trabalho, pode estar relacionada com a grande quantidade de potássio que foi acumulado. Conforme relatado por Vale et

al. (2011), a fertilização com potássio compromete a captação de Ca, uma vez que ambos os minerais competem pelos mesmos locais de absorção no sistema radicular. Outra explicação seria a maior concentração Mg no solo (Tabela 1). Segundo Fernandes (2018), quando se adiciona calcário dolomítico ao solo, em algumas ocasiões, os teores de Mg tendem a se igualar ou superar os teores de Ca. Entretanto, com o passar do tempo, ocorre maior remoção de Mg do solo, e os teores de Ca retornam às proporções maiores (Raij, 1983).

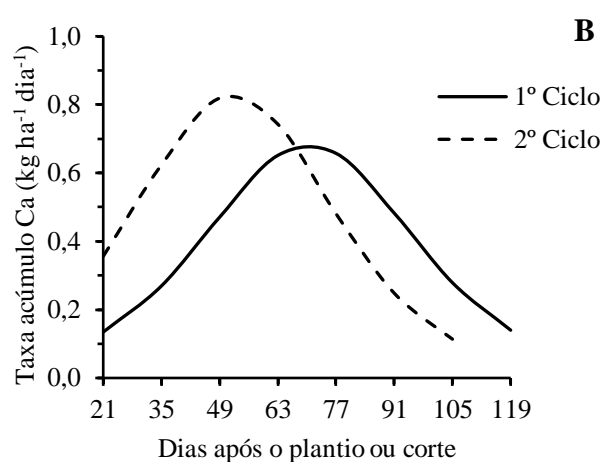
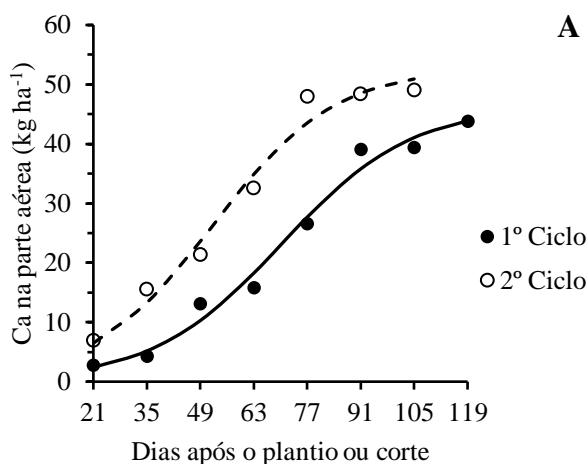
As adubações com Mg são normalmente realizadas via calagens, comumente por aplicação de calcário dolomítico (Raij, 2011). Com isso, no momento da correção do pH do solo, ou seja, no início do cultivo, deve ser efetuada a adição de Mg para o capim-elefante. O calcário dolomítico ( $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ ) apresenta baixa solubilidade em água (Alleoni et al., 2005), o que dificulta perdas desse nutriente para camadas fora do alcance do sistema radicular, aumentando sua disponibilidade na solução do solo nos momentos onde ocorrem as maiores demandas pelo capim-elefante.

O Ca foi o quarto macronutriente mais acumulado pelo capim-elefante em ambos os ciclos. No 1º ciclo, os incrementos significativos (PCmin) iniciaram aos 36 dias, com  $5,42 \text{ kg ha}^{-1}$  e, no 2º ciclo, aos 20 dias, com  $6,12 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 4A). Por outro lado, os acúmulos máximos foram observados aos 104 e 84 dias, no 1º e 2º ciclo, com valores estimados em  $40,77$  e  $46,41 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente.

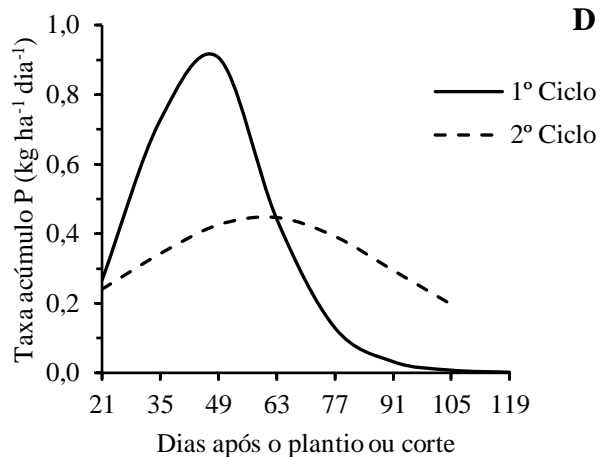
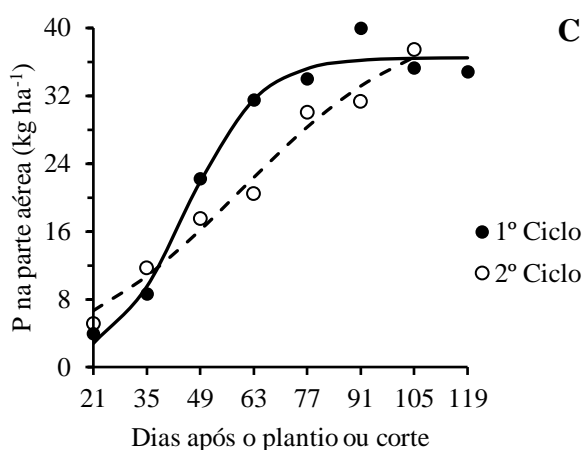
O acúmulo máximo diário de Ca pelo capim-elefante ocorreu aos 70 e 52 dias, com  $0,68$  e  $0,83 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , para o 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 4B). Maranhão et al. (2018), avaliando extração de macronutrientes no capim-elefante, observaram taxa de acúmulo de cálcio estimado em  $0,15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , resultando em acúmulo de  $5,98 \text{ kg ha}^{-1}$  aos 63 dias, na estação chuvosa. Diferente do encontrado no presente trabalho, os autores acima relataram que na estação chuvosa o cálcio foi o quinto nutriente mais acumulado na parte aérea do capim elefante. Segundo Raij (2011), para grande parte das culturas, o cálcio é um nutriente requerido em quantidades muito variadas, dentro de intervalos de 10 até  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ .

O cálcio é um elemento que apresenta baixa mobilidade na planta (Quadros et al., 2011), desempenhando diferentes funções nos tecidos vegetais, notadamente na proteção das membranas e paredes celulares (Yamamoto et al. 2011). O Ca também é requerido para a alongação e divisão celular, que se reflete drasticamente no crescimento radicular (Faquin & Rodas, 2015). Sua importância para a cultura do capim-elefante pode ser notada no início de cada ciclo, observando o valor do PCmin (Figura 4A). Assim, o momento mais propício em se adicionar o cálcio ao solo, ocorre por volta dos 30 dias, em ambos os ciclos estudados, onde esse nutriente começa a apresentar acúmulos mais importantes.

1º Ciclo:  $y = 46,4155 / (1 + \exp^{-((x-70,3799)/16,9986)})$   $R^2 = 0,9922$   
 2º Ciclo:  $y = 52,8076 / (1 + \exp^{-((x-52,3949)/15,9428)})$   $R^2 = 0,9893$



1º Ciclo:  $y = 36,4932 / (1 + \exp^{-((x-45,1069)/9,6674)})$   $R^2 = 0,9911$   
 2º Ciclo:  $y = 41,7974 / (1 + \exp^{-((x-59,742)/23,2864)})$   $R^2 = 0,9903$



1º Ciclo:  $y = 24,1309 / (1 + \exp^{-((x-54,3039)/10,9257)})$   $R^2 = 0,9631$   
 2º Ciclo:  $y = 14,2096 / (1 + \exp^{-((x-46,7639)/23,6688)})$   $R^2 = 0,9159$

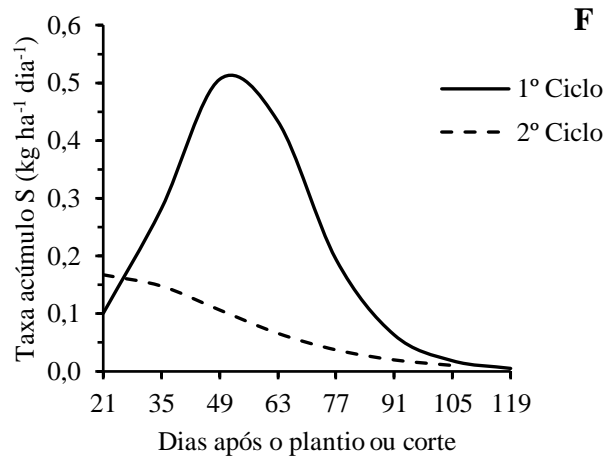
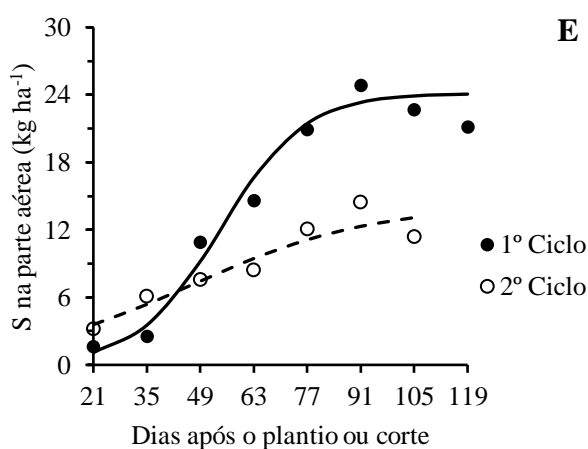


Figura 4. Marchas de acúmulo de cálcio (A e B), fósforo (C e D) e enxofre (E e F) pelo capim-elefante em dois ciclos de cultivo

O P ocupou o quinto lugar em ordem decrescente de acúmulo de nutrientes na parte aérea do capim-elefante. Os PC<sub>mim</sub> para o fósforo ocorreram aos 26 e 13 dias (1º e 2º ciclo), acumulando em média 4,53 e 4,95 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 4C). No 1º ciclo, por volta dos 65 dias, o acúmulo de P começou a se estabilizar, com 33,02 kg ha<sup>-1</sup> e, no 2º ciclo, isso ocorreu aos 106 dias, com um acúmulo de 36,76 kg ha<sup>-1</sup>. A maior exigência em P pelo capim-elefante foi observada aos 45 dias no 1º ciclo, e, no 2º ciclo aos 60 dias, com taxa de acúmulo de 0,94 e 0,45 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 4D).

O fósforo apresenta grande efeito sobre o desenvolvimento do sistema radicular e perfilhamento das forrageiras, principalmente na fase de estabelecimento (Moreira et al., 2006). Por tratar-se de um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas (Grant et al. 2001), os valores de fósforo extraídos do solo e acumulado na parte aérea do capim-elefante (Figura 4C) são relativamente baixos, principalmente quando comparado com o acúmulo dos outros nutrientes. Entretanto, o fósforo é o nutriente mais limitante à produção vegetal em solos de regiões de clima tropical (Novais et al., 2007).

A carência de fósforo em solos brasileiros, associada à sua baixa mobilidade e alta afinidade por óxidos de ferro e alumínio tornam o solo um "competidor da planta", o que aumenta a necessidade de sua incorporação em programas de adubação (Amorim et al., 2008). Esses autores relatam ainda que a fração mais fina do solo (fração argila) é a responsável pela maior parte da fixação de fósforo, e que solos com reduzidas proporções dessa fração, como é o caso dos Neossolo Quartzarênico, não teriam elevada capacidade de adsorção deste elemento. Desde modo, é possível explicar a correlação positiva no acúmulo de fósforo observado até 65 dias no 1º ciclo e aos 106 dias no 2º ciclo (Figura 4C).

Com isso, é importante que as aplicações de fósforo sejam manejadas por ocasião da implantação do capim-elefante, assegurando o suprimento inicial desse nutriente às plantas desde a fase inicial do seu desenvolvimento, sendo suficiente também para manter a produtividade dessa forrageira ao longo dos anos subsequentes.

O S foi o macronutriente menos exportado pelo capim-elefante nos dois ciclos (Figura 4E). O ponto de curvatura mínimo foi observado aos 31 e 14 dias com valores na ordem de 2,69 e 2,61 kg ha<sup>-1</sup>, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente. Provavelmente, a antecipação no acúmulo de S no início do 2º ciclo, deve-se à mobilização de reservas orgânicas presentes nos rizomas do capim-elefante (Maranhão et al., 2018).

O acúmulo máximo diário de S foi obtido aos 53 e 43 dias, com médias entorno de 0,52 e 0,12 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 4F). Com base nas equações de regressão (Figura 4E), observa-se que no período de maior taxa diária (53 e 43 dias), a parte aérea do capim-elefante acumulou 11,41 e 6,75 kg ha<sup>-1</sup> de S, nessa ordem. Com condições semelhantes ao do 2º ciclo, ou seja, na estação chuvosa e com o experimento conduzido em um estante de plantas plenamente desenvolvidas, Maranhão et al. (2018) avaliando a extração de macronutrientes no capim-elefante, relatou resultados parecidos, com taxa diária de acúmulo de S estimada em 0,10 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, que

culminou em um acúmulo de 4,82 kg ha<sup>-1</sup> aos 63 dias. O maior acúmulo de S pelo capim-elefante foi observado aos 75 dias no 1º ciclo, com 20,27 kg ha<sup>-1</sup> e, no 2º ciclo, com 12,09 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo Raij (2011), as necessidades de enxofre para a maioria das culturas estão na faixa de 10 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de S, podendo ser mais elevadas para espécies mais exigentes.

O enxofre pode ser perdido em quantidades importantes por lixiviação, interrompendo o fornecimento às plantas (Osterholm & Astrom, 2004). Nas plantas o S encontra-se, em sua maior parte, nas proteínas, desempenhando funções que determinam aumentos na produção e na qualidade do produto obtido (Fernandes, 2018). Assim, para que o enxofre esteja disponível para o capim-elefante nos momentos críticos (PCmin), a adubação sulfatada deve ser realizada por ocasião do plantio. Caso necessário, também se pode planejar parcelar a dose anual recomendada, evitando perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos.

#### 4. CONCLUSÕES

1. O acúmulo total de macronutrientes pelo capim-elefante acompanhou a produção de matéria seca.
2. No 1º e 2º ciclo, aos 119 e 105 dias, a produção de matéria seca e os acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S foram: 32,62 e 39,42 t ha<sup>-1</sup>; 310,89 e 249,30; 34,82 e 37,43; 643,69 e 889,77 kg ha<sup>-1</sup>; 43,87 e 49,11; 89,08 e 79,64; 21,16 e 11,42 kg ha<sup>-1</sup>; respectivamente.
3. O acúmulo de macronutrientes pelo capim-elefante cv. Cameroon apresentou a seguinte ordem decrescente: K > N > Mg > Ca > P > S.
4. As maiores taxas de acúmulo diário de matéria seca e de N, P, K, Ca, Mg e S do capim-elefante ocorreram por volta dos 60 dias após o plantio ou corte.

#### 5. 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*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

Amorim, L.B.; Martins, C.M.; Alves, W.P.L.B.C.; Freire, M.B.G.S.; Souza, E.R.; Disponibilidade de fósforo em Neossolo Quartzarênico cultivado com melão. *Revista Caatinga (Mossoró, Brasil)*, v. 21, n. 3, p. 141-146, 2008.



- Augostinho, L. M. D.; Prado, R. M.; Rozane, D. E.; Freitas, N. Acúmulo de Massa Seca e Marcha de Absorção de Nutrientes em Mudras de Goiabeira 'Pedro Sato'. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 3, p. 577-585, 2008.
- Botrel, M. A.; Pereira, A. V.; Freitas, V. P.; Xavier, D. F. Potencial Forrageiro de Novos Clones de Capim-Elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 2, p. 334-340, 2000.
- 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? *Revista Eletrônica 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. *Tropical Agricultural Research*, Goiânia, v. 48, n. 4, p. 364-373, 2018.
- Faquin V.; Rodas, C. L. Funções dos nutrientes nas plantas: Guia de estudos. Lavras: UFLA, 135p., 2015.
- 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, 670p, 2018.
- Figueira, D. N.; Neumann, M.; Ueno, R. K.; Muller, M. M. L.; Faria, M. V. Production and composition of chemical elephant grass cv. pioneer in different heights of waste: literature review. *Applied Research and Agrotechnology*, v. 8, n. 3, p. 103-110, 2015.
- Flores, R. A.; Urquiaga, S. S.; Alves, B. J. R.; Collier, L. S.; Morais, R. F.; Prado, R. M. Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim-elefante no Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.12, p.1282–1288, 2012.
- 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*, Cassilândia-MS, v. 5, n. 3, p. 1-9, 2018.
- Gommers, A.; Thiry, Y.; Delvaux, B.; Rhizospheric Mobilization and Plant Uptake of Radiocesium From Weathered Micas: I. Influence of Potassium Depletion. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v. 34, p. 2167-2173, 2005.
- Grant, C. A.; Flaten, D. N.; Tomasiewicz, D. J.; Sheppard, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. *Informações Agronômicas*. POTAFOS, Piracicaba, 16 p, 2001.
- Hinojosa, L. A.; Yépez, N. D.; Rodal, C. F., Ríos, A.; Claros, B. R.; Suárez, N. T. Producción y características agronomicas de cuatro variedades de pasto de corte del género Pennisetum, en Trinidad, Bolivia. *Revista Científica Agrociencias Amazonía*, v. 20, p. 28-35, 2014.

- 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. (Série Documentos, 46). Parnamirim, RN: EMPARN, 2017.
- IPNI. 4C Nutrição de Plantas: um manual para melhorar o manejo de plantas, versão métrica. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute (IPNI), 134p., 2013.
- Magalhães, J. A.; Lopes, E. A.; Rodrigues, B. H. N.; Costa, N. L.; Barros, N. N.; Mattei, D. A.; Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre o rendimento forrageiro do capim-elefante. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, n. 1, p. 91-96, 2006
- Maranhão, T. D.; Cândido, M. J. D.; Soares, I.; Lopes, M. N.; Silva, R. R.; Pompeu, R. C. F. F.; Lacerda, G. F.; Sousa, W. N. Accumulation and partition of macronutrients in *Pennisetum purpureum* cv. Roxo managed under different growth ages and seasons. *Brazilian Journal of Health and Animal Production*, Salvador, v. 19, n. 3, p. 223-240, 2018.
- Marcussi, F. F. N.; Bôas, R. L. V.; Godoy, L. J. G; Goto, R. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 62-68, 2004.
- Martuscello, J. A.; Majerowicz, N.; Cunha, D. N. F. V.; Amorim, P. L.; Braz, T. G. S. Características produtivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação Nitrogenada. *Archivos de Zootecnia*, v. 65, n. 252, p. 565-570, 2016.
- Meinerz, G. R.; Olivo, C. J.; Agnolin, C. A.; Dullius, A. P.; Moraes, R. S.; Mombach, G.; Foletto, V.; Machado, E. P. R. Forage production and nutritive value of elephant grass in two production systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 12, p. 2673-2680, 2011.
- Mistura, C.; Fonseca, D. M.; Moreira, L. M.; Fagundes, J. L.; Morais, R. V.; Queiroz, A. C.; Ribeiro Júnior, J. I. Efeito da adubação nitrogenada e irrigação sobre a composição químico-bromatológica das lâminas foliares e da planta inteira de capim-elefante sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 6, p. 1707-1714, 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. 2ª ed. rev. ampl. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, Cap. 2, p.191-233, 2009.
- 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*, v. 13, n. Especial, p. 115-121, 2017.
- Moreira, L. M.; Fonseca, D. M.; Martuscello, J. A.; Nóbrega, E. B. Absorção e Níveis Críticos de Fósforo na Parte Aérea para Manutenção da Produtividade do Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras-MG, v. 30, n. 6, p. 1170-1176, 2006.
- Moustakas, N. K.; Ntzanis, H. Dry matter accumulation and nutrient uptake in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 94, n. 1, p. 1-13, 2005.
- Nascimento, M. S.; Crusciol, C. A. C.; Fernandes, A. M.; Zanotto, M. D. Nutrient extraction and exportation by castor bean hybrid Iyra. *Brazilian Journal of Soil Science*, Viçosa, v. 36, n. 1, p.113-124, 2012.

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, 1017p, 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.

Pereira, A. V.; Morenz, M. J. F.; Léo, F. J. S.; Ferreira, R. P. Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos. *Capim-elefante: Versatilidades de usos na pecuária de leite*. cap. 03, p. 188-211, 2016.

Prado, R. M. Manual de nutrição de plantas forrageiras. Jaboticabal – Funep, ISBN: 978-85-7805-017-7, 2008.

Quadros, B. R.; Magro, F. O.; Corrêa, C. V.; Cardoso, A. I. I. Teor de macronutrientes na parte aérea e sementes de plantas de alface em função de doses de composto orgânico com e sem adição de fósforo ao solo. *Ciências Agrárias, Londrina*, v. 32, suplemento 1, p. 1725-1734, 2011.

Raij, B. V. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute (IPNI), cap.3, p. 21-22; cap. 8, p. 109-114, 1983.

Raij, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute (IPNI), 420p., 2011.

Reis, L. S.; Azevedo, C. A.; Albuquerque, A. W.; Silva Junior, J. F. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 4, p. 386–391, 2013.

Ribeiro, C. A.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez, V. H. Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. *Recomendações para o uso decorretivos 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. *Brazilian Journal of Soil Science*, v. 43, n. 1, p. 1-10, 2019.

Rosolem, C. A.; Santos, F. P.; Foloni, J. S. S.; Calonego, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 6, p. 1033-1040, 2006.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumberras, 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, R. L.; Azevedo, V. M.; Freire, F. J.; Rocha, A. T.; Tavares, J. L.; Freire, M. B. G. S. Extração e Eficiência de Uso de Nutrientes em Capim-Elefante na Presença de Gesso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, n. 2, p. 497-505, 2012.

Saraiva, V. M.; Konig, A. Produtividade do capim-elefante-roxo irrigado com efluente doméstico tratado no semiárido potiguar e suas utilidades. *Revista Hollos*, v. 29, n. 1, p. 28-46, 2013.

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

Souza, E. D.; Carneiro, M. A. C.; Paulino, H. B.; Silva, C. A.; Buzetti, S.; Alterações nas frações do carbono em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 28, n. 3, p. 305-311, 2006.

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

Vale, D. W.; Prado, R. M.; Avalhães, C. C.; Hojo, R. H. Omissão de macronutrientes na nutrição e no crescimento da cana-de-açúcar cultivada em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 6, n. 2, p. 189-196, 2011.

Vitor, C. M. T.; Fonseca, D. M.; Cóser, A. C.; Martins, C. E.; Nascimento Júnior, D.; Ribeiro Júnior, J. I. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 3, p. 435-442, 2009.

Yamamoto, E. L.; Ferreira, R. M.; Fernandes, P. L. O.; Albuquerque, L. B.; Alves, E. O. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos. *Revista Verde (Mossoró/RN)* v. 6, n. 2, p. 49-55. 2011.

## CAPÍTULO II – CRESCIMENTO E ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES PELO CAPIM-ELEFANTE CV. CAMEROON

### RESUMO

A adubação do capim-elefante, especialmente a fertilização com micronutrientes, pode ser realizada de forma mais eficiente ao analisar as curvas de crescimento e acúmulo de micronutrientes. Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o crescimento e estabelecer as curvas de acúmulo de micronutrientes do capim-elefante cv. Cameroon. O capim-elefante foi cultivado por dois ciclos, em condições de campo com quatro repetições de 27 m<sup>2</sup> (3,0 x 9,0 m). Foram realizadas amostragens destrutivas de plantas, em diferentes épocas, para avaliação da matéria seca e acúmulo de micronutrientes. No 1º ciclo, as plantas foram coletadas aos 21, 35, 49, 63, 77, 91, 105 e 119 dias após o plantio. As amostragens do 2º ciclo do capim elefante foram feitas aos 21, 35, 49, 63, 77, 91 e 105 dias após corte de uniformização. Em todas as coletas foram avaliadas as seguintes características: altura de plantas e teores de micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn). Os dados de crescimento em altura e acúmulo de micronutrientes foram submetidos à análise de regressão não linear do tipo sigmoidal. O período de maior crescimento do capim-elefante ocorreu dos 18 aos 102 dias no 1º ciclo, e no 2º ciclo dos 8 aos 61 dias. O acúmulo de micronutrientes pelo capim-elefante cv. Cameroon apresentou a seguinte ordem decrescente: Fe > Mn > Zn > Cu (1º ciclo) e Fe > Zn > Mn > Cu (2º ciclo). As maiores taxas de acúmulo diário de Fe, Mn, Zn e Cu ocorreram por volta dos 56 dias após o plantio ou corte.

**Palavras-chave:** *Pennisetum purpureum* Schum. Adubação. Marcha de Absorção.

## CHAPTER II – GROWTH AND ACCUMULATION OF MICRONUTRIENTS BY ELEPHANT GRASS CV. CAMEROON

### ABSTRACT

Fertilizing elephant grass, especially fertilization with micronutrients, can be performed more efficiently by analyzing growth curves and micronutrient accumulation. Thus, the objective of this work was to evaluate growth and establish the micronutrient accumulation curves of elephant grass cv. Cameroon. Elephant grass was cultivated for two cycles, in field conditions with four replications of 27 m<sup>2</sup> (3.0 x 9.0 m). Destructive sampling of plants was carried out, at different times, to assess dry matter and accumulation of micronutrients. In the 1st cycle, the plants were collected at 21, 35, 49, 63, 77, 91, 105 and 119 days after planting. Samples of the 2nd cycle of elephant grass were taken at 21, 35, 49, 63, 77, 91 and 105 days after cutting uniformity. In all collections, the following characteristics were evaluated: plant height and micronutrient levels (Fe, Cu, Mn and Zn). The data on growth in height and accumulation of micronutrients were submitted to non-linear sigmoidal regression analysis. The period of greatest growth of elephant grass occurred from 18 to 102 days in the 1st cycle, and in the 2nd cycle from 8 to 61 days. The accumulation of micronutrients by elephant grass cv. Cameroon presented the following decreasing order: Fe > Mn > Zn > Cu (1st cycle) and Fe > Zn > Mn > Cu (2nd cycle). The highest rates of daily accumulation of Fe, Mn, Zn and Cu occurred around 56 days after planting or cutting.

**Key-words:** *Pennisetum purpureum* Schum. Fertilizing. Absorption March.

## 1. INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) é amplamente utilizado na pecuária brasileira, principalmente para a alimentação de rebanhos leiteiros de pequenos produtores do Nordeste do país. Isso ocorre devido a sua versatilidade ao ser ofertado aos animais, sob a forma de capineira, no cocho (depois de picado), como forragem conservada, sob a forma de silagem ou feno e, ainda, também é indicada para pastejo (Figueira et al., 2015). Entretanto, embora expressiva, a atividade pecuária em regiões tropicais ainda apresenta índices modestos em relação ao seu potencial (Maranhão et al., 2019).

Entre um dos possíveis fatores que restringem a atividade pecuária em regiões tropicais, destaca-se ausência ou ineficiência da adubação das pastagens nativas ou cultivadas, especialmente a fertilização com micronutrientes. Para o capim-elefante que possui elevada capacidade de acúmulo de biomassa, sendo altamente exigente em fertilidade do solo (Martuscello et al., 2016), problemas na adubação podem comprometer seu valor nutritivo.

A adubação do capim-elefante pode ser realizada de forma eficiente ao analisar as curvas de crescimento e acúmulo de nutrientes. O período de maior extração de nutrientes pela planta, geralmente, coincide com a maior taxa de crescimento e o maior acúmulo de biomassa (Marcussi et al., 2004). Ao descrever todo o estágio de crescimento de uma espécie, é possível compreender a dinâmica de absorção/extração dos nutrientes e, assim, ofertá-los de acordo com a demanda da planta (Pegoraro et al., 2014), sobretudo nos momentos de maior exigência nutricional, como também repor as quantidades mínimas extraídas do solo, com objetivo de manter sua fertilidade.

A composição mineral das gramíneas varia com o tipo de solo, o órgão da planta, as diferenças genéticas entre espécies, as condições edafoclimáticas e o intervalo de cortes (Andrade et al., 2000, Backes et al., 2018; Lopes et al., 2018). Entretanto, estudos que descrevem com mais detalhes os padrões de crescimento e acúmulo de micronutrientes do capim-elefante, são escassos na literatura, principalmente quando esta espécie é cultivada por ciclos consecutivos, onde o manejo intensivo pode limitar a disponibilidade de micronutrientes. De acordo com Maranhão et al. (2019), com o corte aos 63 dias, o capim-elefante pode extrair do solo entre 432,18 a 991,40 g ha<sup>-1</sup> de Fe; 98,48 a 406,86 g ha<sup>-1</sup> de Zn; 21,46 a 57,97 g ha<sup>-1</sup> de Cu; e 129,54 a 299,24 g ha<sup>-1</sup> de Mn.

Durante as recomendações de adubação com micronutrientes, geralmente, se considera apenas os níveis dos nutrientes presentes no solo, desconsiderando a demanda nutricional da espécie forrageira em questão, como exposto nos trabalhos realizados por Souza et al. (2014) e Maranhão et al. (2019). Assim, o objetivo desse trabalho é avaliar o crescimento e estabelecer as curvas de acúmulo de micronutrientes do capim-elefante cv. Cameroon, em dois ciclos de cultivo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi executado na Área de Experimentação do Grupo de Estudos em Forragicultura (GEFOR) da Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Campus Macaíba/RN (Figura 1), no período de dezembro de 2019 a julho de 2020. As coordenadas geográficas da área experimental são: 5°53'35.12" latitude Sul (S) e 35°21'47.03" longitude Oeste (W).

O solo da área experimenta apresenta textura arenosa e topografia suavemente inclinada, sendo classificado como Neossolo Quartzarênico em acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018). Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo As', com uma estação chuvosa (maio a julho) e, outra, caracterizada pelo inverno seco (setembro a dezembro). Anualmente a região apresenta uma precipitação pluvial de aproximadamente 1.280 mm, com temperatura média mensal variando entre 24 a 28 °C (Alvares et al., 2014).

Os valores de temperatura do ar e precipitação pluviométrica do local foram registrados ao longo do ano (Figura 1). A temperatura do ar do foi obtida por meio da Sonda HMP155A (Vaisala Corporation, Helsink, Finland), instalada em uma torre próximo ao local do experimento. E a precipitação pluviométrica através de leituras feitas em um pluviômetro do tipo “Ville de Paris” instalado na área experimental.

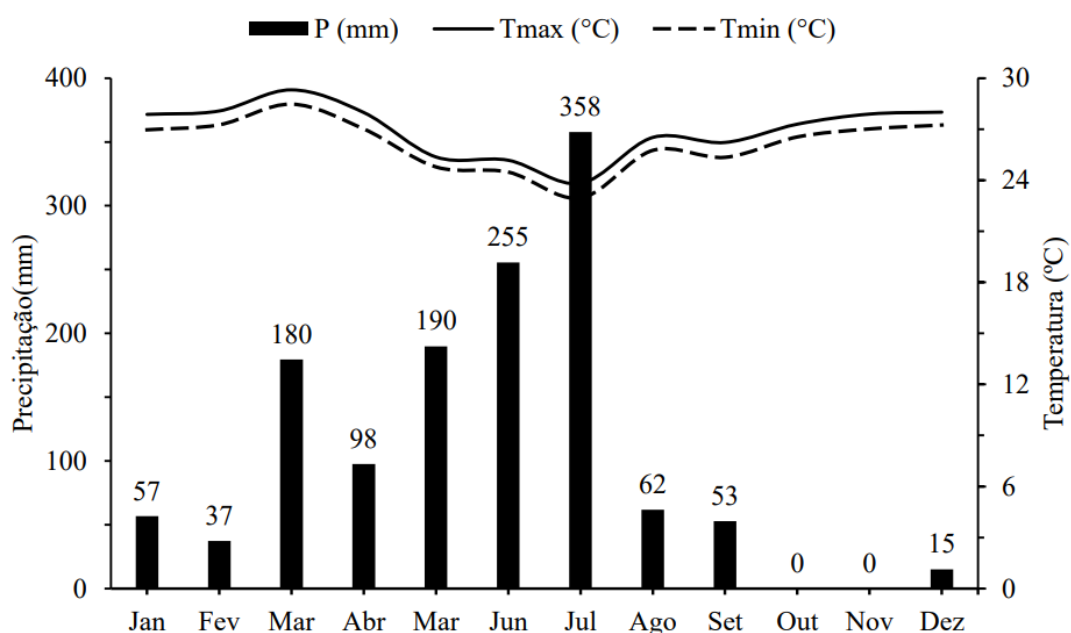


Figura 1. Variação das temperaturas mínimas e máximas e da precipitação pluviométrica observadas na área experimental, ao longo do experimento, EAJ/UFRN, Campus Macaíba-RN



A área experimental apresenta 108 m<sup>2</sup> (3,0 x 36 m), dividida em quatro parcelas (repetições) de 27 m<sup>2</sup> (3,0 x 9,0 m). A espécie forrageira utilizada foi o Capim-elefante cv. Cameroon. Em cada repetição foi implantado um estande uniforme de plantas, com quatro linhas de plantio de 9,0 m de comprimento, espaçadas a 0,70 m. A coleta efetiva dos dados foi realizada nas linhas centrais, e nas linhas laterais, foi estimado o número de perfilhos por metro linear.

O capim-elefante foi cultivado por dois ciclos, nos quais foram realizadas amostragens destrutivas de plantas, em diferentes épocas, para avaliação do acúmulo de matéria seca e de micronutrientes. No 1º ciclo, as plantas foram coletadas aos 21, 35, 49, 63, 77, 91, 105 e 119 dias após o plantio. Após a última amostragem do 1º ciclo, foi realizado um corte de uniformização, no qual as plantas restantes nas parcelas experimentais foram eliminadas, dando início ao 2º ciclo de cultivo. As amostragens no 2º ciclo do capim elefante foram feitas aos 21, 35, 49, 63, 77, 91 e 105 dias após corte de uniformização.

Antes do plantio do capim-elefante, foi obtida uma amostra composta de solo pela mistura homogênea de 20 amostras simples, coletadas em uma profundidade de 0 a 0,20 m. A partir da amostra composta foi realizada a caracterização química e análise granulométrica do solo da área experimental, seguindo os métodos analíticos descritos por Teixeira et al. (2017). Os atributos do solo na camada de 0 a 20 cm foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,9; P, K, Na = 1,0; 33,0; 53,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca, Mg, Al, H + Al = 0,4; 1,2; 0,1; 0,83 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Saturação por bases = 67,2 %; Soma de bases, CTC a pH 7,0 (total) = 1,7; 2,53 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Fe, Zn, Cu, Mn = 90,0; 20,0; 2,0; 183,0 mg dm<sup>-3</sup>; Matéria orgânica, Areia, Silte e Argila = 2,46; 940; 40; 20 g kg<sup>-1</sup>.

O plantio do capim-elefante foi por via vegetativa, com a distribuição de colmos inteiros em sulcos (linhas de plantio), feitos manualmente com a utilização de enxadas. Depois de colocado no fundo dos sulcos, seguindo o sistema pé com ponta, os colmos foram cortados em rebolos de aproximadamente 70 cm. Para evitar problemas de déficit hídrico, sempre que necessário, a evapotranspiração diária foi repostada via irrigações suplementares. As irrigações foram realizadas por meio de um sistema de aspersão convencional, constituindo por linhas laterais fixas.

A adubação de fundação foi realizada durante o plantio, em sulcos, a 15,0 cm das linhas de cultivo, aplicando 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 uréia, superfosfato triplo, cloreto de potássio, sulfato de amônio e FTE BR-12 (fonte de micronutrientes), respectivamente. O produto comercial FTE BR-12 é composto por Mo (0,01%), B (1,8%) Cu (0,8%), Mn (2,0%) e Zn (0,7%).

Em cobertura foram aplicados apenas N e K, na seguinte forma: a) No 1º ciclo, foi aplicado 540 kg ha<sup>-1</sup> de N e 75 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, divididos em duas parcelas iguais (270 kg ha<sup>-1</sup> de N + 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), aos 30 e 60 dias após o plantio. No total, somando a adubação de fundação com a de cobertura, foram aplicados no 1º ciclo doses de 600 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; b) No 2º ciclo,

também foi aplicado 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 em três aplicações. A primeira adubação foi aos dois dias após o corte de uniformização, com 60 kg ha<sup>-1</sup> de N mais 75 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; e a segunda e terceira adubações foram aplicadas aos 30 e 60 dias após corte de uniformização, com doses iguais de 270 kg ha<sup>-1</sup> de N + 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A adubação de cobertura também foi realizada em sulcos, a 15,0 cm da linha de plantio. Para não limitar o acúmulo de nutrientes pelo capim-elefante, a recomendação de adubação utilizada no presente trabalho está acima da recomendada na literatura (Ribeiro et al., 1999; Holanda et al., 2017).

Para a avaliação do acúmulo de matéria seca e de micronutrientes, foram coletadas das linhas centrais de cada parcela, quatro plantas saudáveis, sempre no período da manhã, sendo duas plantas destinada para a avaliação da matéria seca e as outras duas para a avaliação dos teores de micronutrientes. No 1º e 2º ciclo de cultivo, a primeira coleta foi realizada aos 21 dias após o plantio ou corte de uniformização, respectivamente. As coletas restantes foram feitas em intervalos 14 dias, totalizando, oito amostragens no 1º ciclo (21, 35, 49, 63, 77, 91, 105, e 119 dias após o plantio), e sete no 2º ciclo (21, 35, 49, 63, 77, 91 e 105 dias após o corte de uniformização).

Nas amostragens as plantas foram cortadas rente ao solo com o auxílio tesoura inoxidável, identificadas e encaminhadas para o laboratório, onde foram fracionadas, acondicionadas em sacos de papel furados e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingirem peso constante. Em seguida, duas das quatro plantas foram pesadas por meio de balança analítica de precisão, obtendo assim a massa de matéria seca do capim-elefante. As duas plantas restantes foram trituradas em um moinho tipo Willey e, em seguida, submetidas às análises químicas para quantificação dos teores de micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn), seguindo a metodologia proposta por Miyazawa et al. (2009).

Com a massa de matéria seca obtida em cada época, juntamente com a estimativa média do número de perfilhos por metro linear e o espaçamento utilizado para o capim-elefante, foi possível determinar a produção total de matéria seca por hectare (Tabela 1). O acúmulo para cada micronutriente foi calculado multiplicando-se a produção total matéria seca pelo os teores de Fe, Cu, Mn e Zn.

Tabela 1. Produção total de matéria seca por hectare pelo Capim-elefante cv. Cameroon ao longo dos ciclos de cultivo

Ciclo	Épocas de coletas (dias)							
	21	35	49	63	77	91	105	119
	----- t ha <sup>-1</sup> -----							
1	1,30	2,21	7,58	13,46	19,08	33,64	32,06	32,62
2	1,77	6,92	11,50	17,84	29,15	31,61	39,42	-

O número de perfilhos por metro linear foi contabilizado em todas as épocas de coleta, contando os perfilhos ao longo de um metro linear das linhas laterais de cada parcela. No final do experimento foi obtida uma média de 11,7 perfilhos por metro linear. Em cada coleta também foi estimado a altura média das plantas, medindo com auxílio de uma haste graduada 12 pontos distintos nas linhas centrais de cada repetição.

Os dados de crescimento em altura e acúmulo de micronutrientes foram submetidos à análise de regressão não linear do tipo sigmoideal, utilizando o software Sigma Plot versão 14.0 (Systat Graphing Software, 2018), seguindo à equação  $\hat{y} = a/(1+e^{-(x-x_0/b)})$ , onde:  $\hat{y}$  = variável dependente (altura das plantas e acúmulo micronutrientes);  $a$  = ponto máximo da curva;  $e$  = base do logaritmo neperiano;  $x$  = variável independente (épocas de coleta);  $x_0$  = ponto de inflexão, no qual ocorre a taxa máxima de variação da função;  $e, b$  = parâmetro de ajuste.

As curvas com as taxas máximas de crescimento e acúmulo de micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn), foram obtidas por meio da derivada de primeira ordem da equação, igualada a zero (Moustakas & Ntzanis 2005, Fernandes et al. 2010). Para enriquecer ainda mais o trabalho, também foram calculados os pontos de curvatura mínima (PCmin) e máxima (PCmax), utilizando os parâmetros das equações não lineares, em que:  $PCmin = x_0 - 2b$ ; e,  $PCmax = x_0 + 2b$  (Cavalcante et al., 2018). O PCmin indica o momento em que houve ganhos significativos no crescimento da planta e no acúmulo micronutrientes, já o PCmax indica o momento em que os incremento médios começam a se estabilizar.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O capim-elefante começou a expressar ganhos significativos em altura (PCmin) aos 18 (1º ciclo) e 8 (2º ciclo) dias após o plantio ou corte, com média de 38,11 e 36,35 cm, respectivamente (Figura 2A). A partir desse ponto fica evidente um arranque no crescimento do capim-elefante (PCmax), estabilizando aos 102 dias, no 1º ciclo, com altura de 280,57 cm, e no 2º ciclo, aos 61 dias, com 262,79 cm.

A taxa de crescimento diário das plantas do capim-elefante ocorreu de forma contínua e crescente até os 60 e 35 dias, com um incremento de 3,78 e 5,58 cm dia<sup>-1</sup> (Figura 2B), para o 1º e 2º ciclo, respectivamente. Após esse ponto, a taxa de crescimento diário começou a diminuir, chegando ao final do 1º ciclo com de 0,83 cm dia<sup>-1</sup> e, no 2º ciclo, com 0,11cm dia<sup>-1</sup>.

$$1^{\circ} \text{ Ciclo: } y = 319,3409 / (1 + \exp^{-((x-60,2063)/21,1158)}) \quad R^2 = 0,9993$$

$$2^{\circ} \text{ Ciclo: } y = 298,7812 / (1 + \exp^{-((x-34,4244)/13,3676)}) \quad R^2 = 0,9876$$

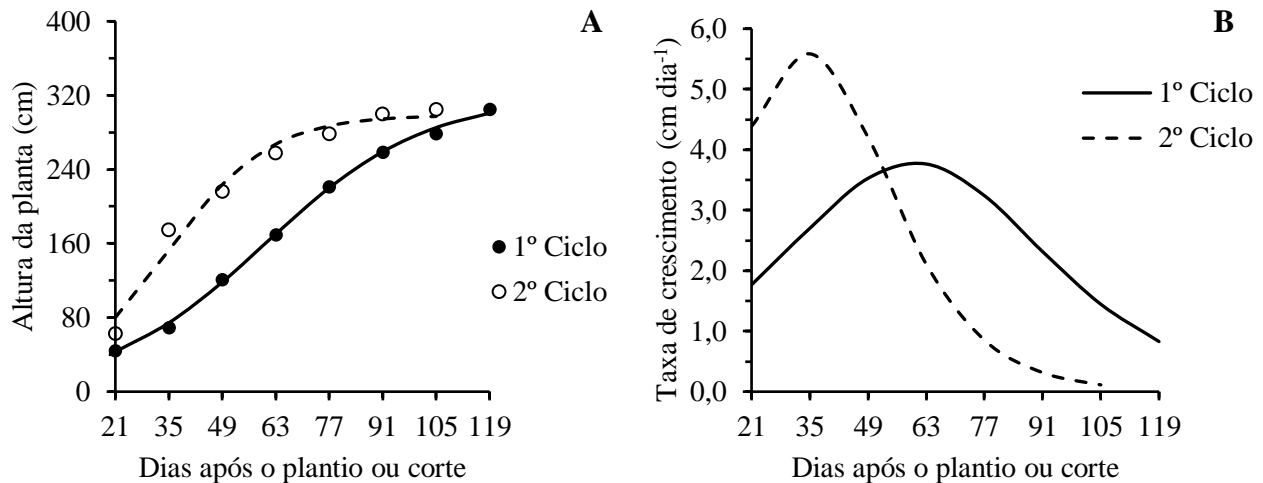


Figura 2. Marcha de crescimento avaliada pela altura (A e B) do capim-elefante em dois ciclos de cultivo.

Quando a altura das plantas do capim-elefante atingiu a maior taxa de crescimento diário (60 e 35 dias), em ambos os ciclos, foi possível observar uma altura média entorno de 1,55 m. Devido o capim-elefante ter sido cultivado em um Neossolo Quartzarênico, essa altura pode ser considerada bastante expressiva, e atribuído ao manejo de adubação realizado, que buscou fornecer ao longo do ciclo da forrageira todos os nutrientes necessários para seu pleno desenvolvimento. Segundo Santos et al., (2018), os Neossolos Quartzarênicos possuem baixa capacidade de retenção de água e de nutrientes, e apresentam também baixa capacidade de agregação de partículas, condicionada pelos baixos teores de argilas e de matéria orgânica. Deste modo, são considerados solos naturalmente de baixa aptidão agrícola, que o uso continuado com culturas anuais pode levá-los rapidamente à degradação (Souza et al., 2006).

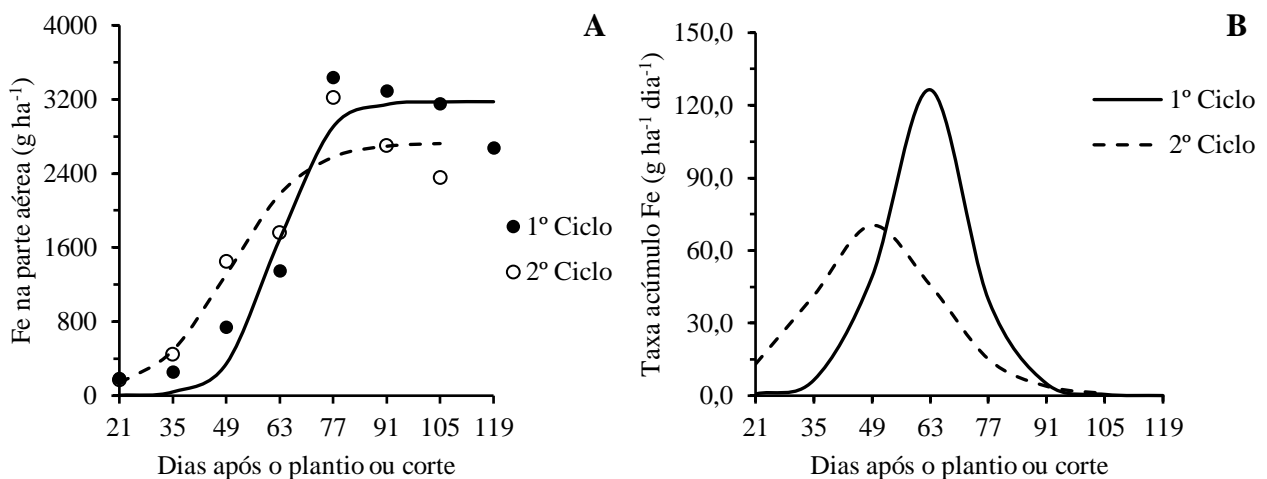
Segundo Maranhão et al. (2018), o capim-elefante deve ser manejado até os 63 dias de idade, a fim de coincidir com a produtividade e a qualidade da biomassa produzida. Uma vez que a colheita em idades posteriores leva a uma redução qualitativa da forragem devido a uma menor relação folha/caule, aumento da fração de fibra não degradável do rúmen e redução da proteína bruta da forragem (Bhering et al., 2008; Lopes et al., 2013). Gomide et al. (1994) recomenda que o corte do capim-elefante ocorra quando a planta apresentar altura média entre 1,50 a 1,80 m. Entretanto, Santos et al. (2014), relatam que o capim-elefante pode alcançar alturas elevadas dependendo das condições de clima e manejo. Kannika et al. (2011), verificaram que aos 12 meses de idade o capim-elefante atingiu 5,0 m de altura.

Ao final do 1º e 2º ciclo, o Fe foi o micronutriente mais acumulado na parte aérea do capim-elefante. No 1º ciclo, os incrementos significativos (PCmin) iniciaram em torno dos 50 dias, com 395,79 g ha<sup>-1</sup> e, no 2º ciclo, aos 30 dias, com 313,30 g ha<sup>-1</sup> (Figura 3A). Por outro lado, os acúmulos

máximos foram observados por volta dos 70 dias, em ambos os ciclos, com valores estimados em 2468,13 g ha<sup>-1</sup> no 1º ciclo e, no 2º ciclo, com 2430,40 g ha<sup>-1</sup>. O acúmulo máximo diário de Fe pelo capim-elefante ocorreu aos 62 e 50 dias, com 126,95 e 70,53 g ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 3B).

Altos níveis de Fe na parte aérea do capim-elefante também foi observado por Maranhão et al. (2019), os quais constataram que o Capim-elefante cv. Roxo apresentou um acúmulo de 915,51, 463,93 e 360,00 g ha<sup>-1</sup>, aos 63 dias, para as estações chuvosa, de transição e seca, respectivamente, sendo o micronutriente mais acumulado pela cultura. O Fe desempenha várias funções que estão diretamente relacionadas com o crescimento e desenvolvimento das plantas, como por exemplo, ativador ou componente de enzimas, catalisador na biossíntese da clorofila, influencia na fixação do nitrogênio e atua no desenvolvimento de troncos e raízes (Taiz et al., 2017).

1º Ciclo:  $y = 3175,2055 / (1 + \exp^{-((x-62,1850)/6,2516)})$   $R^2 = 0,9663$   
 2º Ciclo:  $y = 2731,8755 / (1 + \exp^{-((x-49,7901)/9,6831)})$   $R^2 = 0,9509$



1º Ciclo:  $y = 131,0245 / (1 + \exp^{-((x-54,6399)/9,9029)})$   $R^2 = 0,9652$   
 2º Ciclo:  $y = 164,7428 / (1 + \exp^{-((x-66,1079)/22,2323)})$   $R^2 = 0,9975$

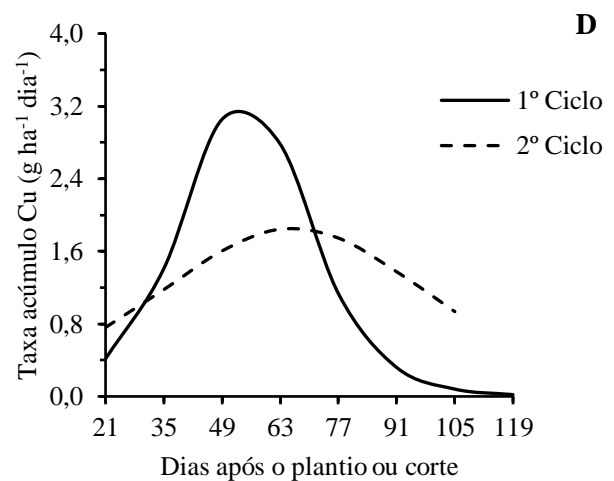
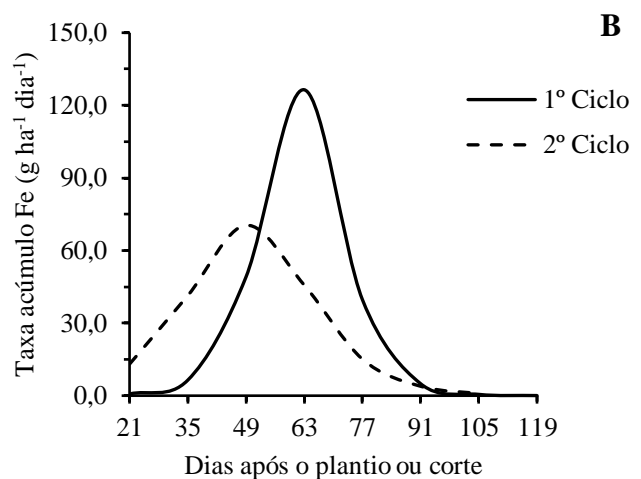
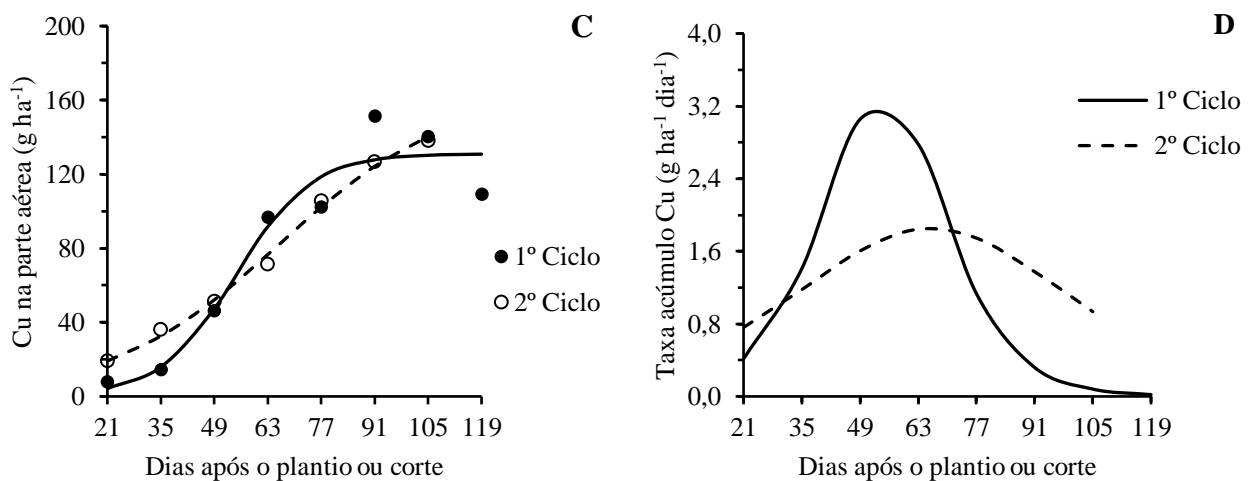


Figura 3. Marchas de acúmulo de ferro (A e B) e cobre (C e D) pelo capim-elefante em dois ciclos de cultivo

A parte aérea do capim-elefante começou a apresentar ganhos expressivos (PCmin) em Cu aos 35 e 22 dias, acumulando cerca de 15,85 e 19,92 kg ha<sup>-1</sup>, no 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 3C). Aos 75 dias do 1º ciclo, o acúmulo de Cu começou a se estabilizar (PCmax), com 116,16 g ha<sup>-1</sup> e, no 2º ciclo, aos 110 dias, com 144,66 g ha<sup>-1</sup>. As maiores taxas no acúmulo diário de Cu ocorreram aos 62 e 52 dias (Figura 3D), acumulando 3,30 e 1,85 g ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente.

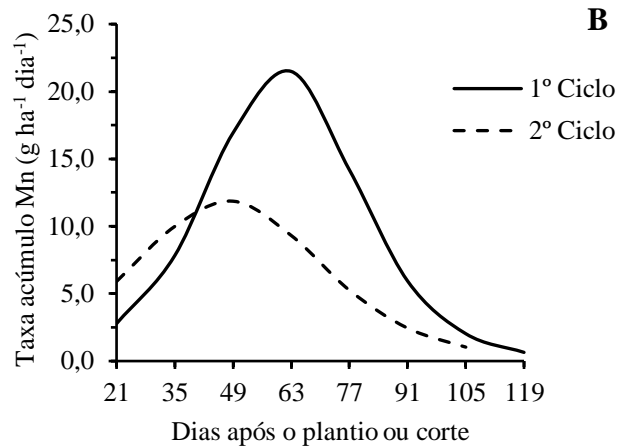
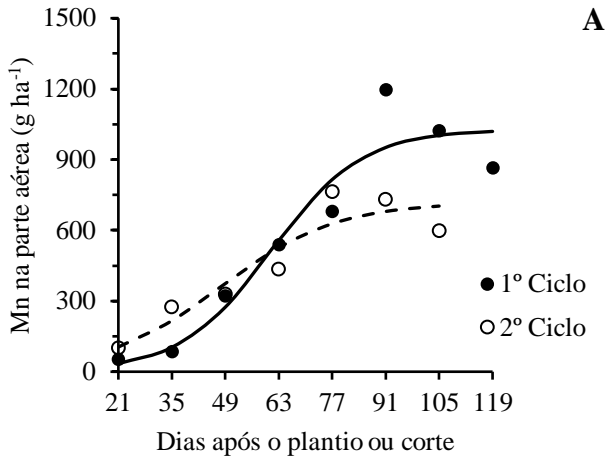
O capim-elefante acumulou em sua parte aérea valores relativamente baixos de cobre em ambos os ciclos, ficando em última posição entre os quatros micronutrientes analisados no presente trabalho. Segundo Maranhão et al. (2019), o Cu também foi o micronutriente menos acumulado pelo capim-elefante cv. Roxo, com acúmulo aos 63 dias de 56,07 g ha<sup>-1</sup>, na estação chuvosa. No Brasil, a deficiência em Cu ocorre com maior frequência nos solos de cerrado (Luchese et al., 2004). Entretanto, esse problema também pode ser encontrado em outras regiões, principalmente em locais com a ocorrência de solos naturalmente pobres, como é o caso do Neossolo Quartzarênico.

O início dos ganhos significativos em Mn (PCmin) no 1º ciclo, foram observados aos 37 dias após o plantio, com acúmulo de 119,97 g ha<sup>-1</sup> e, no 2º ciclo, aos 17 dias após o corte, com 83,12 g ha<sup>-1</sup> (Figura 4A). Aos 85 e 78 dias os incrementos no acúmulo de Mn começaram a se estabilizar, com 907,09 e 633,02 g ha<sup>-1</sup>, no 1º e 2º ciclo, respectivamente. No 1º ciclo, o período de maior exigência em Mn pelo capim-elefante (Figura 4B) ocorreu aos 61 dias, com taxa máxima de acúmulo diário de 21,63 g ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, e aos 48 dias no 2º ciclo, com 11,87 g ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

No 1º ciclo, o período de maior exigência em Mn pelo capim-elefante (Figura 4B) ocorreu aos 61 dias, com taxa máxima de acúmulo diário de 21,63 g ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, e aos 48 dias no 2º ciclo, com 11,87 g ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. O Mn foi o segundo nutriente mais acumulado no tecido vegetal da parte aérea do capim-elefante no 1º ciclo, e o terceiro no 2º ciclo (Figura 4A). Maranhão et al. (2019), também relataram diferentes ordens de acúmulo na biomassa aérea dessa forrageira, com o Mn sendo o terceiro nutriente mais acumulado pelo capim-elefante cv. Roxo na estação chuvosa (333,16 g ha<sup>-1</sup>) e o segundo na estação seca (225,40 g ha<sup>-1</sup>). O manganês é importante para o crescimento vegetal, pois faz parte da molécula de clorofila e está diretamente envolvido no mecanismo da fotossíntese (Puga et al., 2011).

Entre os micronutrientes analisados neste trabalho, o Zn ocupa o terceiro (1º ciclo) e o segundo (2º ciclo) lugar em ordem decrescente de acúmulo de nutrientes na parte aérea do capim-elefante. Os PCmin para o Zn ocorreram aos 35 e 20 dias (1º e 2º ciclo), acumulando em média 93,27 e 98,95 g ha<sup>-1</sup> (Figura 4C). No 1º ciclo, aos 75 dias após o plantio, o acúmulo de Zn começou a se estabilizar, com 685,73 g ha<sup>-1</sup> e, no 2º ciclo, isso ocorreu aos 95 dias após o corte, com um acúmulo de 732,75 g ha<sup>-1</sup>. Em ambos os ciclos, a maior exigência em Zn pelo capim-elefante foi observada por volta dos 56 dias, com taxa máxima de acúmulo diária de 19,25 e 11,04 g ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, no 1º e 2º ciclo, respectivamente (Figura 4D).

1º Ciclo:  $y = 1027,4405/(1+\exp^{-((x-61,0217)/11,8716)})$   $R^2 = 0,9569$   
 2º Ciclo:  $y = 718,9514/(1+\exp^{-((x-47,7855)/15,1307)})$   $R^2 = 0,9352$



1º Ciclo:  $y = 786,3631/(1+\exp^{-((x-55,4419)/10,1921)})$   $R^2 = 0,9871$   
 2º Ciclo:  $y = 835,4849/(1+\exp^{-((x-57,9029)/18,8818)})$   $R^2 = 0,9894$

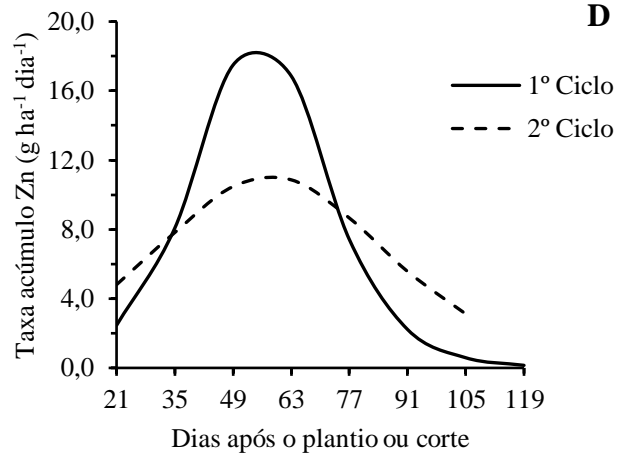
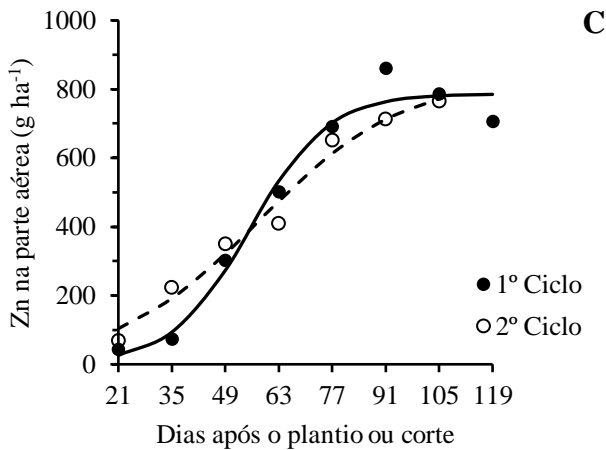


Figura 4. Marchas de acúmulo de manganês (A e B) e zinco (C e D) pelo capim-elefante em dois ciclos de cultivo

O Zn é um micronutriente essencial ao crescimento e aos processos fisiológicos das plantas (Munirah et al., 2015), cuja deficiência tem limitado a produção agrícola no Brasil, resultando em perdas na qualidade e produtividade das culturas (Prado et al., 2008; Chatzistathis, 2014). Nas plantas em geral, o Zn exerce função importante na regulação nutricional, crescimento reprodutivo, síntese de clorofila e produção de carboidratos (Tripathi et al., 2015).

O intervalo compreendido entre início dos ganhos significativos (PCmim) e a taxa máxima diária no acúmulo de micronutrientes, corresponde ao período de maior exigência nutricional pelo capim-elefante. No 1º ciclo, os acúmulos substanciais de Fe, Cu, Mn e Zn na parte aérea do capim-

elefante cv. Cameroon, foram observados entre os 35 a 60 dias após o plantio e, no 2º ciclo, essa faixa foi antecipada, iniciando aos 20 dias, e se estendendo até os 65 dias após o corte.

A antecipação dessa faixa no 2º ciclo ocorreu, provavelmente, porque no início do desenvolvimento das plantas, as raízes são o dreno preferencial dos fotoassimilados, gastando grande parte de sua energia para fixação no solo, o que leva a um lento crescimento inicial da parte aérea (Reis et al., 2013). No 2º ciclo o sistema radicular está completamente estabelecido e, assim, a planta passa a explorar um volume de solo maior, o acesso a recursos aumenta, e a mesma tende a acumular nutrientes e se desenvolver mais rapidamente. Portanto, o suprimento de micronutrientes para atender à demanda nutricional de manutenção do capim-elefante cv. Cameroon deve ser realizado a partir dos 35 e 20 dias, no 1º e 2º ciclo, respectivamente.

É importante lembrar que a aplicação de micronutrientes, com produto comercial FTE BR-12, permitiu à forrageira manter desenvolvimento normal, sem desenvolver qualquer problema com deficiência ou excesso de nutrientes. Apresentando ao final de ambos os ciclos, um capim-elefante com altura média de 3,0 m.

#### **4. CONCLUSÕES**

1. O período de maior crescimento do capim-elefante ocorreu dos 18 aos 102 dias no 1º ciclo, e dos 8 aos 61 dias no 2º ciclo.
2. O acúmulo de micronutrientes pelo capim-elefante cv. Cameroon apresentou a seguinte ordem decrescente: Fe > Mn > Zn > Cu (1º ciclo) e Fe > Zn > Mn > Cu (2º ciclo).
3. Os acúmulos de Fe, Mn, Zn e Cu na parte aérea do capim-elefante, no final de ambos os ciclos, foram: 2.679,22; 867,85; 705,89; 109,27 g ha<sup>-1</sup>, no primeiro ciclo; e, 2.361,13; 600,19; 764,23; 138,15 g ha<sup>-1</sup>, no segundo ciclo; respectivamente.
4. As maiores taxas de acúmulo diário de Fe, Mn, Zn e Cu ocorreram por volta dos 56 dias após o plantio ou corte.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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



- Andrade, A. C.; Fonseca, D. M.; Gomide, J. A.; Alvarez V., V. H.; Martins, C. E.; Souza, D. P. H. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Viçosa, v. 29, p. 1589-1595, 2000.
- Backes, C. Bôas, R. L. V.; Godoy, L. J. G.; Vargas, P. F.; Santos, A. J. M. Determination of growth and nutrient accumulation in bella vista onion. *Revista Caatinga*, v. 31, n. 1, p. 246-254, 2018.
- Bhering, M.; Cabral, L. S.; Abreu, J. G.; Souza, A. L.; Zervoudakis, J. T.; Rodrigues, R. C.; Pereira, G. A. C.; Reverdito, R.; Oliveira, Í. S. Características agronômicas do capim-elefante roxo em diferentes idades de corte na Depressão Cuiabana. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal [online]*, v. 9, n. 3, p. 384-396, 2008.
- 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.
- Chatzistathis, T. *Micronutrients Deficiency in Soils and Plants*. Oak Park, Illinois: Bentham Science Publishers, 205 p., 2014.
- 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*, v. 45, n. 8, p. 826-835, 2010.
- Figueira, D. N.; Neumann, M.; Ueno, R. K.; Muller, M. M. L.; Faria, M. V. Production and composition of chemical elephant grass cv. pioneer in diferente heights of waste: literature review. *Applied Research and Agrotechnology*, v. 8, n. 3, p. 103-110, 2015.
- Gomide, J. A.; Carvalho, M. M.; Alvim, M. J.; Xavier, D. F.; Carvalho, L. A. Formação e Utilização de Capineiras de Capim-Elefante. *Capim-elefante: produção e utilização*. Coronel Pacheco: Embrapa gado de Leite, p 81-115, 1994.
- 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. (Série Documentos, 46). Parnamirim, RN: EMPARN, 2017.
- Kannika, R., Yasuyuki, I., Kunn, K., Pichit, P., Prapa, S., Vittaya P., Pilanee, V., Ganda, N., Sayan, T. Effects of inter-cutting interval on biomass yield, growth components and chemical composition of napiergrass (*Pennisetum purpureum Schumach*) cultivars as bioenergy crops in Thailand. *Grassland Science*, v. 57, p. 135-141, 2011.
- Lopes, M. N.; Cândido, M. J. D.; Pompeu, R. C. F. F.; Silva, R. G.; Lopes, J. W. B.; Fernandes, F. R. B.; Lacerda, C. L.; Bezerra, F. M. L. Fluxo de biomassa em capim-massai durante o estabelecimento e rebrotação com e sem adubação nitrogenada. *Revista Ceres*, v. 60, p. 363-371, 2013.
- Lopes, M. N.; Cândido, M. J. D.; Silveira, W. M.; Maranhão, T. D.; Soares, I.; Pompeu, R. C. F. F.; Silva, R. G.; Carneiro, M. S. S. Accumulation and export of nutrients in cactus pear cladodes (*Opuntia ficus-indica*) under different managements in the Brazilian Semiarid. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 47, p. 1-11, 2018.

- Luchese, A. V.; Gonçalves Junior, A. C.; Luchese, E. B.; Braccini, M. C. L. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. *Ciência Rural*, v.34, n.6, p.1949-1952, 2004.
- Maranhão, T. D.; Cândido, M. J. D.; Soares, I.; Lopes, M. N.; Silva, R. R.; Pompeu, R. C. F. F.; Lacerda, G. F.; Sousa, W. N. Accumulation and partition of macronutrients in *Pennisetum purpureum* cv. Roxo managed under different growth ages and seasons. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 19, n. 3, p. 223-240, 2018.
- Maranhão, T. D.; Lopes, M. N.; Soares, I.; Pompeu, R. C. F. F.; Silva, R. R.; Alves, F. G. S.; Araújo, A. C.; Cândido, J. D. Nutritional status and accumulation of micronutrients in elephant grass cv. Roxo under rainfed conditions. *Archivos de Zootecnia*, v. 69, n. 265, p. 86-94. 2019.
- Marcussi, F. F. N.; Bôas, R. L. V.; Godoy, L. J. G; Goto, R. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. *Scientia Agricola*, v. 61, n. 1, p. 62-68, 2004.
- Martuscello, J. A.; Majerowicz, N.; Cunha, D. N. F. V.; Amorim, P. L.; Braz, T. G. S. Características produtivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação Nitrogenada. *Archivos de Zootecnia*, v. 65, n. 252, p. 565-570, 2016.
- 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, Cap. 2, p.191-233, 2009.
- Moustakas, N. K.; Ntzanis, H. Dry matter accumulation and nutrient uptake in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 94, n. 1, p. 1-13, 2005.
- Munirah, N.; Khairi, M.; Nozulaidi, M.; Khandaker, M. M.; Mat, N.; Jahan, M. The Effects of Zinc Application on Physiology and Production of Corn Plants. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, v. 9, n. 5, p. 161-165, 2015.
- Pegoraro, R. F.; Souza, B. A. M.; Maia, V. M.; Silva, D. F.; Medeiros, A. C.; Sampaio, R. A. Macronutrient uptake, accumulation and export by the irrigated 'vitória' pineapple plant. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 38, p. 896-904, 2014.
- Prado, R. M.; Romualdo, L. M.; Rozane, D. E.; Vidal, A. A; Marcelo, A. V. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de matéria seca do milho. *Bioscience Journal*, v. 24, n. 1, p. 67-74, 2008.
- Puga, A. P.; Prado, R. M.; Melo, D. M.; Guidi, I. M.; Ortega, K.; Cardoso, S. S.; Almeida, T. B. Efeitos da aplicação de manganês no crescimento, na nutrição e na produção de matéria seca de plantas de *Brachiaria brizantha* (cv. MG4) em condições de casa de vegetação. *Revista Ceres*, v. 58 n. 6, 2011.
- Reis, L. S.; Azevedo, C. A.; Albuquerque, A. W.; Silva Junior, J. F. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 4, p. 386–391, 2013.

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.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumberras, 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, M. M. P.; Daher, R. F.; Ponciano, N. J; Gravina, G. A.; Pereira, A. V.; Santos, C. L. Respostas do capim-elefante sob doses de adubação azotada de cobertura para fins energéticos. Revista de Ciências Agrárias, Lisboa, v. 37, n. 1, p.100-108, 2014.

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

Souza, E. D.; Carneiro, M. A. C.; Paulino, H. B.; Silva, C. A.; Buzetti, S.; Alterações nas frações do carbono em um neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. Acta Scientiarum, v. 28, n. 3, p. 305-311, 2006.

Souza, H. A.; Modesto, V. C.; Pompeu, R. C. F. F.; Natale, W. Tamanho da amostra foliar para avaliação do estado nutricional e índice SPAD de capim-elefante irrigado para corte. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 15, n. 3, p. 584-59, 2014.

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

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

Tripathi, D. K.; Singh, S.; Singh, S.; Mishra, S.; Chauhan, D. K.; Dubey, N. K. Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. Acta Physiol Plant, v. 37, p. 139-153, 2015.