



EVELINE BUENO ALVES

**EFEITO DA ALTURA DO DOSSEL E DA ÉPOCA DO ANO
SOBRE AS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E
NUTRICIONAIS DO CAPIM-ELEFANTE FRESCO E
ENSILADO**

LAVRAS – MG

2017

EVELINE BUENO ALVES

**EFEITO DA ALTURA DO DOSSEL E DA ÉPOCA DO ANO SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DO CAPIM-ELEFANTE
FRESCO E ENSILADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia, área de
concentração em Produção e Nutrição de
Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor

Prof. Dr. Thiago Fernandes Bernardes
Orientador

**LAVRAS – MG
2017**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Alves, Eveline Bueno.

Efeito da altura do dossel e da época do ano sobre as características agronômicas e nutricionais do capim-elefante fresco e ensilado / Eveline Bueno Alves. - 2017.

56 p. : il.

Orientador(a): Thiago Fernandes Bernardes.

.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Capineira. 2. Silagem. 3. Dinâmica de crescimento. I. Bernardes, Thiago Fernandes. . II. Título.

EVELINE BUENO ALVES

**EFEITO DA ALTURA DO DOSSEL E DA ÉPOCA DO ANO SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DO CAPIM-ELEFANTE
FRESCO E ENSILADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia, área de
concentração em Produção e Nutrição de
Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor

APROVADA em 17 de agosto de 2017

Dr. Daniel Rume Casagrande

PhD. Marcos Neves Pereira

Dr. João Ricardo Rebouças Dórea

Dr. André Fischer Sbrissia

Prof. Dr. Thiago Fernandes Bernardes
Orientador

**LAVRAS – MG
2017**

Dedico:

*A minha família pelo total apoio durante a
jornada até o presente momento*

AGRADECIMENTOS

Impossível não escorrer uma lágrima no rosto ao escrever esta parte da tese... Foram muitos momentos vividos durante esses quatro anos de doutorado. Momentos de concentração, aflição, ansiedade, comprometimento e sempre tive boas parcerias para todos esses momentos, por isso só tenho a agradecer.

Primeiramente a Deus, Senhor, foste Tu que me ensinaste que nada é impossível, que perante qualquer dificuldade quem acredita no seu amor encontrará o caminho da superação. Assim, meu Deus, a Ti dedico e agradeço por mais esta conquista.

Gratidão eterna também a minha família. Ah, a minha família... que sempre foi o ombro consolador nas horas de desespero e o apoio total nas tomadas de decisão durante essa caminhada.

Agradeço ao meu orientador Prof. Thiago Bernardes pelo conhecimento transferido e pela confiança depositada. Agradeço também às outras pessoas que me auxiliaram/orientaram durante este período: Prof. Daniel Casagrande, Prof. Marcio Lara, Prof^a Carla Ávila e Prof. David Combs.

Agradeço também os colegas que me ajudaram a conseguir a bolsa do doutorado sanduiche: Prof. Marina Danes e ao Dr. João Dórea.

Aos membros do NEFOR pela ajuda durante a coleta de dados experimentais e pelos ensinamentos compartilhados.

Aos meus amigos (que não são poucos) com quem eu sempre pude contar nos momentos de trabalho e diversão.

Ao programa de Pós-graduação em Zootecnia pelo total apoio e também a FAPEMIG pela bolsa concedida.

MUITO OBRIGADA.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.”

Chico Xavier

Importante não é ver o que ninguém nunca viu, mas sim, pensar o que ninguém nunca pensou sobre algo que todo mundo vê.

Schopenhauer

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE – INTRODUÇÃO GERAL	1
RESUMO GERAL.....	2
ABSTRACT.....	3
1 INTRODUÇÃO.....	4
2 REFERÊNCIAS.....	5
SEGUNDA PARTE - ARTIGOS.....	7
ARTIGO 1 - DINÂMICA DE ACUMULO DE FORAGEM DE CAPIM-ELEFANTE NA FORMA DE CAPINEIRA	8
RESUMO	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 MATERIAL E MÉTODOS	10
3 RESULTADOS	13
4 DISCUSSÃO.....	22
5 CONCLUSÃO	24
6 REFERÊNCIAS.....	24
ARTIGO 2 - EFEITO DA ALTURA DO DOSSEL SOBRE O VALOR NUTRITIVO DO CAPIM-ELEFANTE NA FORMA DE CAPINEIRA	27
RESUMO	27
1 INTRODUÇÃO.....	28
2 MATERIAL E MÉTODOS	29
3 RESULTADOS	31
4 DISCUSSÃO.....	37
5 CONCLUSÃO	40
6 REFERÊNCIAS.....	40
ARTIGO 3 - CARACTERÍSTICAS DA SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE INFLUENCIADA PELA ALTURA DO DOSSEL	43
RESUMO	43
1 INTRODUÇÃO.....	44
2 MATERIAL E MÉTODOS	45
3 RESULTADOS	47
4 DISCUSSÃO.....	51
5 CONCLUSÃO	54
6 REFERÊNCIAS.....	54

PRIMEIRA PARTE – INTRODUÇÃO GERAL

RESUMO GERAL

O capim-Elefante é importante fonte de forragem em muitos países, no entanto, sua dinâmica de crescimento, na forma de capineira, ainda não é conhecida. O objetivo deste estudo foi determinar as taxas de acúmulo de forragem e componentes morfológicos, e a dinâmica de crescimento de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv Cameroon) na forma de capineira. As alturas do dossel avaliadas foram: 1,00, 1,40, 1,80, 2,20 e 2,60 m. O experimento foi realizado em 25 parcelas de 28,8 m² cada com seis linhas de 6 metros de comprimento. O período experimental ocorreu de novembro de 2014 a novembro de 2016, duas estações chuvosas (verão, de 11/01 a 03/21) e duas estações secas (inverno, de 03/22 a 10/31) nos dois anos. A adubação consistiu de 400 kg de N, 200 kg de K₂O e 60 kg de P₂O₅ por hectare por ano, realizada a cada 15 dias. Essas plantas foram pesadas, os perfilhos foram contados e a forragem foi separada em folhas, colmos e material morto. Os modelos: linear (LIN) e quadrático (QUA) foram testados usando o PROC REG e os modelos exponencial (EXP), linear com platô (LCP) e sigmoide (SIG) foram testados pelo PROC NLIN do SAS. O critério de informação Akaike foi usado para selecionar o melhor modelo. Com os resultados deste trabalho foi possível identificar pontos-chave sobre a dinâmica de crescimento do capim-Elefante cultivado na forma de capineira. O capim-Elefante pode ser manejado até 1,40 m sem qualquer prejuízo na digestibilidade das fibras. Durante o inverno o capim-Elefante pode ser utilizado, mas é necessário considerar os requisitos dos animais para equilibrar a dieta devido à baixa digestibilidade da gramínea. Quanto a silagem de capim-Elefante, embora as silagens preparadas com plantas colhidas em alturas inferiores tenham fibras mais digestíveis, as perdas por efluentes são muito altas. Considere a produção de matéria seca digestível de silagem produzida por hectare para determinar o manejo do dossel, uma vez que não houve diferenças entre o perfil fermentativo das silagens neste estudo.

Palavras-chave: Dinâmica de crescimento. Silagem. Capineira. TTNDFD.

ABSTRACT

Elephant grass is an important source of fodder in many countries, however, its dynamics of growth, in cut-and-carry systems, is not yet known. The objective of this study was to determine the forage accumulation rates and morphological components accumulation rate, and the growth dynamics of elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum. Cv Cameroon) in cut-and-carry systems. The evaluated canopy heights were: 1.00, 1.40, 1.80, 2.20 and 2.60 m. The experiment was carried out in 25 plots of 28.8 m² each with six rows of 6 meters. The experimental period occurred from November 2014 to November 2016, two rainy seasons (summer, from 11/01 to 03/21) and two dry seasons (winter, from 03/22 to 10/31) in the two years. The fertilization consisted of 400 kg of N, 200 kg of K₂O and 60 kg of P₂O₅ per hectare per year, performed every 15 days. These plants were weighed, the tillers were counted and the forage was separated into leaves, stems and dead material. Linear (LIN) and quadratic (QUA) models were tested using PROC REG and exponential (EXP), linear with plateau (LCP) and sigmoid (SIG) models were tested by PROC NLIN from SAS. The Akaike information criterion was used to select the best model. With the results of this thesis it was possible to identify key points on the growth dynamics of Elephant grass cultivated in cut-and-carry systems. Elephant grass can be managed up to 1.40 m without any prejudice in fiber digestibility. During the winter the elephant grass can be used, but it is necessary to consider the requirements of the animals to balance the diet due to the low digestibility of the grass. As for elephant grass silage, although silages prepared with plants harvested at lower altitudes have more digestible fibers, the losses from effluent are very high. Consider the production of digestible dry matter of silage produced per hectare to determine the management of the canopy, since there were no differences between the fermentation profile of the silages in this study.

Keywords: Growth dynamics. Silage. Cut-and-carry system. TTNDFD.

1 INTRODUÇÃO

Dentre as gramíneas forrageiras, o capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) destaca-se por sua alta produtividade e adaptação a diversas condições de solo e clima (SKERMAN; RIVEROS, 1989). Esta espécie também tolera pragas e doenças (FARRELL; SIMONS; HILLOCKS, 2002), além de apresentar característica multifuncional, pois pode ser utilizada como pasto, silagem e capineira e mais recentemente para a produção de bioenergia (FERREIRA *et al.*, 2013; PEREIRA *et al.*, 2015; RENGSIRIKUL *et al.*, 2011; TESSEMA; MIHRET; SOLOMON, 2010). É mais utilizada em pequenas fazendas leiteiras em regiões tropicais e subtropicais.

Embora o capim-Elefante seja uma gramínea multifuncional, os pecuaristas geralmente a utilizam na forma de capineira (FEDENKO *et al.*, 2013; TIBAYUNGWA; MUGISHA; NABASIRYE, 2011; VICENTE-CHANDLER; SILVA; FIGARELLA, 1959). Ao longo dos anos, as recomendações de manejo para colher esta gramínea foram baseadas em dias fixos de rebrotação (GIMENES *et al.*, 2016; VAN MAN; WIKTORSSON, 2003). No entanto, essa recomendação de manejo torna-se regionalizada, uma vez que a rebrotação das plantas é influenciada por condições abióticas, como temperatura, precipitação, e também por estratégias de manejo, como a fertilização (LOUNGLAWAN; LOUNGLAWAN; SUKSOMBAT, 2014; WADI; ISHII; IDOTA, 2004) dos locais onde os experimentos foram conduzidos, o que impossibilita uma recomendação mais ampla de manejo. O uso da altura do dossel, seria uma boa alternativa para avaliar o capim-Elefante na forma de capineira, a fim de estabelecer o momento apropriado para colhê-lo, uma vez que possibilita recomendações mais abrangentes, ou seja, menos dependente de fatores ambientais e de manejo.

O capim-Elefante, usado na forma de capineira, pode ser considerada uma fonte de forragem para período seco do ano. No entanto, assim como ocorre em outras gramíneas tropicais, o maior acúmulo de forragem ocorre durante o verão, quando os pecuaristas possuem outras fontes de forragem disponíveis, como pastagens. Para otimizar o manejo do dossel de capim-Elefante e preservar forragem para o inverno, algumas colheitas de verão podem ser designadas para ensilagem. Atualmente, não há recomendações na literatura sobre qual seria o momento correto, com base no crescimento e desenvolvimento das plantas e não em calendário, para colher as plantas para ensilagem.

Os objetivos deste trabalho são:

- Avaliar o efeito de cinco alturas de dossel de capim-Elefante sobre a dinâmica de crescimento e taxa de acúmulo de forragem e seus componentes morfológicos

- Avaliar o efeito de cinco alturas do dossel de capim-Elefante sobre a produção de forragem e de seus componentes morfológicos, e também sobre o valor nutritivo da forragem e determinar qual seria a melhor altura para colher esta gramínea
- Avaliar as silagens de capim-Elefante colhidas nas mesmas cinco alturas do dossel e determinar qual altura proporcionará melhores produtos finais de fermentação, contagens microbianas, valor nutritivo e menores perdas de efluentes.

2 REFERÊNCIAS

FARRELL, G.; SIMONS, S. A.; HILLOCKS, R. J. Pests, diseases and weeds of Napier grass, *Pennisetum purpureum*: A review. *International Journal of Pest Management*, v. 48, n. 1, p. 39–48, jan. 2002.

FEDENKO, J. R. et al. Biomass Production and Composition of Perennial Grasses Grown for Bioenergy in a Subtropical Climate Across Florida, USA. *BioEnergy Research*, v. 6, n. 3, p. 1082–1093, 11 jun. 2013.

FERREIRA, D. DE J. et al. Silage fermentation and chemical composition of elephant grass inoculated with rumen strains of *Streptococcus bovis*. *Animal Feed Science and Technology*, v. 183, n. 1–2, p. 22–28, jun. 2013.

GIMENES, F. M. DE A. et al. Forage mass and agronomic traits of Elephant grass genotypes under free-growth and conventional cutting systems. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 37, n. 4Supl1s, p. 2577–2588, 15 jul. 2016.

LOUNGLAWAN, P.; LOUNGLAWAN, W.; SUKSOMBAT, W. Effect of Cutting Interval and Cutting Height on Yield and Chemical Composition of King Napier Grass (*Pennisetum Purpureum* x *Pennisetum Americanum*). *APCBEE Procedia*, v. 8, p. 27–31, 2014.

PEREIRA, L. E. T. et al. Regrowth patterns of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) subjected to strategies of intermittent stocking management. *Grass and Forage Science*, v. 70, n. 1, p. 195–204, 7 mar. 2015.

RENGSIRIKUL, K. et al. 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, n. 3, p. 135–141, 1 set. 2011.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. Tropical Grasses. *Plant Production and Protection Series*. [S.l.]: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1989. p. 234–262.

TESSEMA, Z. K.; MIHRET, J.; SOLOMON, M. Effect of defoliation frequency and cutting height on growth, dry-matter yield and nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach). *Grass and Forage Science*, v. 65, n. September, p. 421–430, 2010.

TIBAYUNGWA, F.; MUGISHA, J. Y. T.; NABASIRYE, M. Modelling the effect of supplementing elephant grass with lablab and desmodium on weight gain of dairy heifers under stall-feeding system. *African Journal of Agricultural Research*, v. 6, n. 14, p. 3232–3239, 2011.

VAN MAN, N.; WIKTORSSON, H. Forage yield, nutritive value, feed intake and digestibility of three grass species as affected by harvest frequency. *Tropical Grasslands*, v. 37, p. 101–110, 2003.

VICENTE-CHANDLER, J.; SILVA, S.; FIGARELLA, J. The Effect of Nitrogen Fertilization and Frequency of Cutting on the Yield and Composition of Three Tropical Grasses. *Agronomy Journal*, v. 51, n. 4, p. 202, 1959.

WADI, A.; ISHII, Y.; IDOTA, S. Effects of Cutting Interval and Cutting Height on Dry Matter Yield and Overwintering Ability at the Established Year in *Pennisetum* Species. *Plant Production Science*. [S.l.]: Crop Science Society of Japan, 2004.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1 - DINÂMICA DE ACUMULO DE FORAGEM DE CAPIM-ELEFANTE NA FORMA DE CAPINEIRA

RESUMO

O capim-Elefante é importante fonte de forragem em muitos países, no entanto, sua dinâmica de crescimento, na forma de capineira, ainda não é conhecida. O objetivo deste estudo foi determinar as taxas de acúmulo de forragem e componentes morfológicos, e a dinâmica de crescimento de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv Cameroon) na forma de capineira. As alturas do dossel avaliadas foram: 1,00, 1,40, 1,80, 2,20 e 2,60 m. O experimento foi realizado em 25 parcelas de 28,8 m² cada com seis linhas de 6 metros de comprimento. O período experimental ocorreu de novembro de 2014 a novembro de 2016, duas estações chuvosas (verão, de 11/01 a 03/21) e duas estações secas (inverno, de 03/22 a 10/31) nos dois anos. A adubação consistiu de 400 kg de N, 200 kg de K₂O e 60 kg de P₂O₅ por hectare por ano, realizada a cada 15 dias. Essas plantas foram pesadas, os perfilhos foram contados e a forragem foi separada em folhas, colmos e material morto. A área foliar foi medida por meio do equipamento LI-3100 e posteriormente foi calculado o índice de área foliar (IAF) com base na densidade populacional de perfilhos. Os modelos: linear (LIN) e quadrático (QUA) foram testados usando o PROC REG e os modelos exponencial (EXP), linear com platô (LCP) e sigmoide (SIG) foram testados pelo PROC NLIN do SAS. O critério de informação Akaike foi usado para selecionar o melhor modelo. Os dados de IL se ajustaram a um modelo EXP ($\hat{Y} = 99,9 * (1 - \exp^{-2.12x})$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,85$) para o verão e para o inverno. Os dados de taxa de acúmulo de forragem se ajustaram a modelos QUA durante o verão ($\hat{Y} = 64.01x + 11.85$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,86$) e inverno ($\hat{Y} = 54,03x + 24,78$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$). A taxa de acúmulo de folhas ajustou a modelos LCP para verão e inverno ($\hat{Y} = 68,25 + (38,36(x - 1,42))$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,94$; e $\hat{Y} = 43,60 + (26,29 * (x - 1,84))$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,89$, respectivamente). Os dados de taxa de acúmulo de colmo ajustaram-se a modelos LIN para o verão ($\hat{Y} = 36.32x - 15.18$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$) e para o inverno ($\hat{Y} = 26.03x - 18.13$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,88$). Os dados de taxa de acúmulo de material morto ajustaram-se a um modelo LCP ($\hat{Y} = 2,12 + (22,95 * (x - 1,52))$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,91$) para o verão e inverno. Com os resultados foi possível obter mais informações para a tomada de decisão sobre o manejo de capineiras de capim-Elefante.

Palavras-chave: Dinâmica de crescimento. Capineira. Capim-Elefante. Dinâmica de perfilhos

1 INTRODUÇÃO

O capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) É uma fonte de forragem amplamente disseminada em todo o mundo (SKERMAN; RIVEROS, 1989). Sua importância está relacionada a alta produção de MS (FLORES et al., 2012) e também à característica multiuso, pois pode ser utilizada como pastagem, silagem, capineira e mais recentemente, para produção de bioenergia (FERREIRA et al., 2013; PEREIRA et al., 2015c; RENGSIRIKUL et al., 2011; TESSEMA; MIHRET; SOLOMON, 2010). É mais utilizada em pequenas fazendas leiteiras em regiões tropicais e subtropicais.

Embora o capim-Elefante seja uma gramínea multifuncional, os pecuaristas geralmente a utilizam na forma de capineira (FEDENKO et al., 2013; TIBAYUNGWA; MUGISHA; NABASIRYE, 2011; VICENTE-CHANDLER; SILVA; FIGARELLA, 1959). O manejo do capim-Elefante na forma de capineira ainda não está bem estabelecido. Na literatura, é possível encontrar algumas pesquisas que avaliam o manejo desta gramínea, no entanto os pesquisadores utilizaram períodos fixos de rebrotação para avaliar as características desta gramínea (GIMENES et al., 2016; VAN MAN; WIKTORSSON, 2003). O crescimento da planta é influenciado por condições abióticas, como temperatura e precipitação da localidade, e também de manejo, como fertilização empregada onde os ensaios foram realizados (LOUNGLAWAN; LOUNGLAWAN; SUKSOMBAT, 2014; WADI; ISHII; IDOTA, 2004). Devido à grande variação dessas características em diferentes localidades, os dados advindos desses estudos tornam-se regionalizados, impedindo recomendações para outras regiões. O uso da altura do dossel seria uma alternativa mais adequada para avaliar características da gramínea, por ser um método de fácil mensuração, além de permitir recomendações independentes da região onde o dossel será cultivado.

Entender como a ocorre a dinâmica de crescimento das gramíneas tropicais é importante, pois auxilia na determinação do manejo a ser aplicado ao dossel. Vários trabalhos foram conduzidos com o objetivo de estabelecer a relação entre a altura do dossel e variáveis relacionadas a dinâmica de crescimento de forragem em pastagens tropicais. A interceptação luminosa e o índice de área foliar, são algumas das variáveis consideradas relevantes, pois auxiliam na tomada de decisão sobre quando realizar a interrupção da rebrotação desses pastos (KORTE; WATKIN; HARRIS, 1982; SILVEIRA et al., 2013a). Ainda não há nenhum dado na literatura que evidencie a dinâmica de crescimento de gramíneas quando manejadas na forma de capineira.

O objetivo deste estudo foi determinar as taxas de acúmulo de forragem e componentes morfológicos, e também a dinâmica de crescimento de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv Cameroon) na forma de capineira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras (21° 14' 43" S, 44° 59' 59" W e elevação de 918 m), Estado de Minas Gerais, Brasil. A área experimental tem aproximadamente 770 m² divididos em 25 parcelas de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameroon), cada parcela era composta por seis linhas com seis metros de comprimento. A área foi plantada com 80 cm entre as linhas, as mudas vieram de outra área de capim-Elefante da mesma universidade. O clima regional é classificado como úmido mesotérmico subtropical com inverno seco, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima pode ser considerado como Cwa (DE SÁ JÚNIOR et al., 2012).

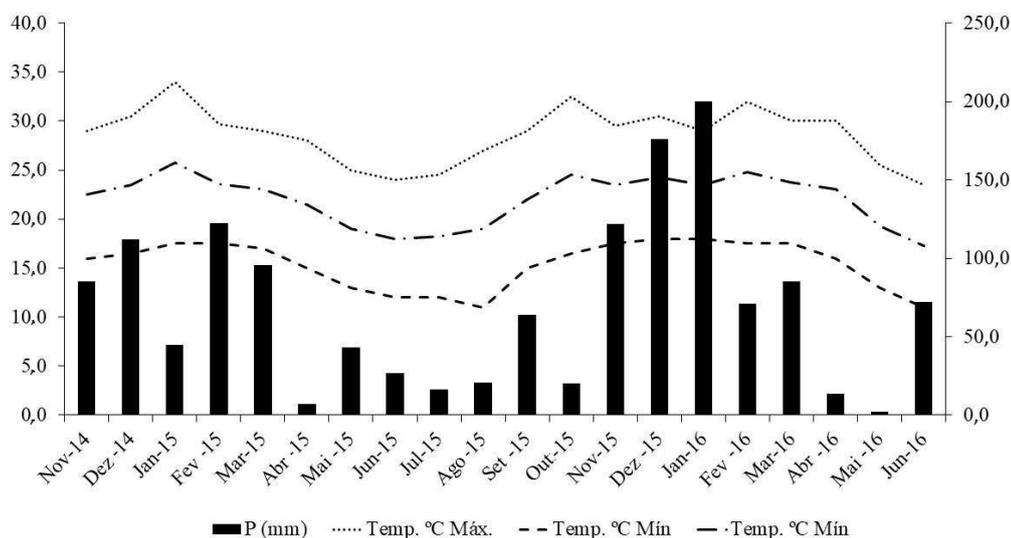
Foram avaliadas cinco alturas de dossel de capim-Elefante: 1,00, 1,40, 1,80, 2,20 e 2,60 m. As colheitas de forragem foram realizadas quando a altura média as plantas de cada parcela atingiram sua respectiva altura de manejo. Uma régua de três metros foi usada para medir a altura do dossel do nível do solo até a inflexão da folha mais alta.

O solo, antes do início do experimento, apresentou as seguintes características: pH = 6,2, matéria orgânica = 3,4%, P = 1,4 mg.dm⁻³, K = 44,0 mg.dm⁻³, Ca = 2,0 cmolc.dm⁻³, Mg = 0,60 cmolc.dm⁻³, H + Al = 3,2 cmolc.dm⁻³, Al = 0,10 cmolc.dm⁻³, capacidade de troca catiônica (t) = 2,9 cmolc.dm⁻³ e saturação por bases = 45,9%. No início da segunda estação chuvosa (outubro de 2015), realizou-se outra análise de solo, que apresentou os seguintes resultados: pH = 6,2, matéria orgânica = 4,0%, P = 2,0 mg.dm⁻³, K = 75 mg.dm⁻³, Mg = 0,7 cmolc.dm⁻³, H + Al = 2,6 cmolc.dm⁻³, Al = 0,1 cmolc.dm⁻³, Ca = 3,1 cmolc.dm⁻³, Mg = 0,70 cmolc.dm⁻³, capacidade de troca catiônica (t) = 4,2 cmolc.dm⁻³ e saturação por bases = 61,0%.

Todas as parcelas foram fertilizadas anualmente com 400 kg de N na forma sulfato de amônio, 200 kg de K₂O na forma de cloreto de potássio e 60 kg de P₂O₅ na forma de superfosfato simples por hectare, de acordo com a recomendação proposta por Ribeiro et al. (1999). A quantidade total de fertilizantes foi distribuída em cada parcela, a cada duas semanas, durante todo o período experimental e correspondeu a 14,81; 2,22 e 7,40 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, respectivamente, em cada adubação.

Os dados das variáveis climáticas foram obtidos na estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, localizada a 600 m do local experimental (Figura 1).

Figura 1. Precipitação, temperatura máxima (TMAX), mínima (TMN) e média (TAVE) durante o período experimental.



A amostragem em massa de forragem foi realizada por colheita manual de seis metros lineares de cada parcela. As plantas localizadas nas duas linhas centrais das parcelas (3 m em cada linha) foram colhidas, considerando 1,5 m de borda nas extremidades das linhas. O corte da forragem foi realizado rente ao solo. Após a colheita, as amostras foram pesadas e todas os perfilhos foram contados. Por meio da contagem dos perfilhos, foi possível quantificar a densidade de perfilhos por metro linear e também o número de perfilhos por hectare. A amostra de massa de forragem foi subamostrada duas vezes, uma subamostra foi utilizada para determinar o teor de MS da planta, e outra subamostra foi fragmentada em folhas, caule e material morto para determinar a proporção dos componentes morfológicos da forragem. O teor de MS da forragem e dos componentes morfológicos foi determinado em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C durante 72h (BAYBLE; MELAKU; PRASAD, 2007)(AOAC, 1990). As colheitas de forragem foram realizadas de novembro de 2014 a novembro de 2016, o período experimental foi dividido em duas estações chuvosas de 11/01 a 03/21 (140 d) e duas estações secas de 03/22 a 10/31 (225 d) em ambos anos.

Para analisar os dados para as taxas de acúmulo, a massa seca de forragem e de cada componente morfológico produzido durante o período foi dividida pelo número de dias de cada período, 140 para o verão e 225 para o inverno. Para calcular os dados para a taxa de acúmulo

de forragem e de componentes morfológicos por perfilho, as taxas de acúmulo foram divididas pelo número de perfilhos existentes em um hectare.

Para determinar a área foliar por perfilho, as folhas de oito perfilhos, representativos da média do dossel, foram analisadas por meio do equipamento LI-3100 (LI-COR Environmental, Lincoln, Nebraska, EUA). O índice de área foliar (IAF) foi calculado por meio da massa de folhas obtida em cada tratamento. A área foliar específica foi calculada com base nos resultados de área foliar por perfilho e no peso seco das folhas dos oito perfilhos avaliados.

A interceptação de luz (IL) foi mensurada por meio do analisador de dossel LAI-2200 (LI-COR Environmental, Lincoln, Nebraska, EUA) sempre que o dossel atingiu a respectiva altura de manejo. Foram realizadas nove medições em cada parcela. As medidas foram realizadas dentro das linhas e apenas as quatro linhas centrais foram usadas para as medições.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com cinco repetições. O software SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA) foi utilizado para análise de dados. Vários modelos foram testados para verificar o ajuste dos dados para cada variável. Os modelos linear e quadrático foram testados usando o PROC REG e os modelos linear com platô, exponencial e sigmoide foram testados por meio do PROC NLIN. O melhor modelo para cada variável foi estabelecido usando o critério de Akaike. Após estabelecer o modelo geral, que incluiu os dados de verão e inverno, para cada variável, também foi testado o ajuste de modelos para cada período, chuvoso e seco. Para cada variável, foi realizado, um teste f que considerou o modelo geral e os modelos para cada período e assim foi possível identificar se houve diferença ($P < 0,05$) entre os modelos de cada período. A ausência de diferença entre os períodos para uma mesma variável, permitiu o uso do modelo geral.

O modelo estatístico utilizado para análise dos dados foi:

$$Y_{kij} = \mu + B_i + A_j + e_1 + P_k + A * P_{jk} + e_2$$

onde:

Y_{kij} = valor observado do bloco i, altura j, no período k;

μ = constante geral (média da população);

B_i = efeito de bloco i, $i = 1, 2, 3, 4, 5$;

A_j = efeito da altura do dossel j, $j = 1,00; 1,40; 1,80; 2,20; 2,60$;

e_1 = erro em que altura do dossel i será testado

P_k = efeito do período de avaliação k;

$A * P_{jk}$ = efeito da interação entre altura j e período k;

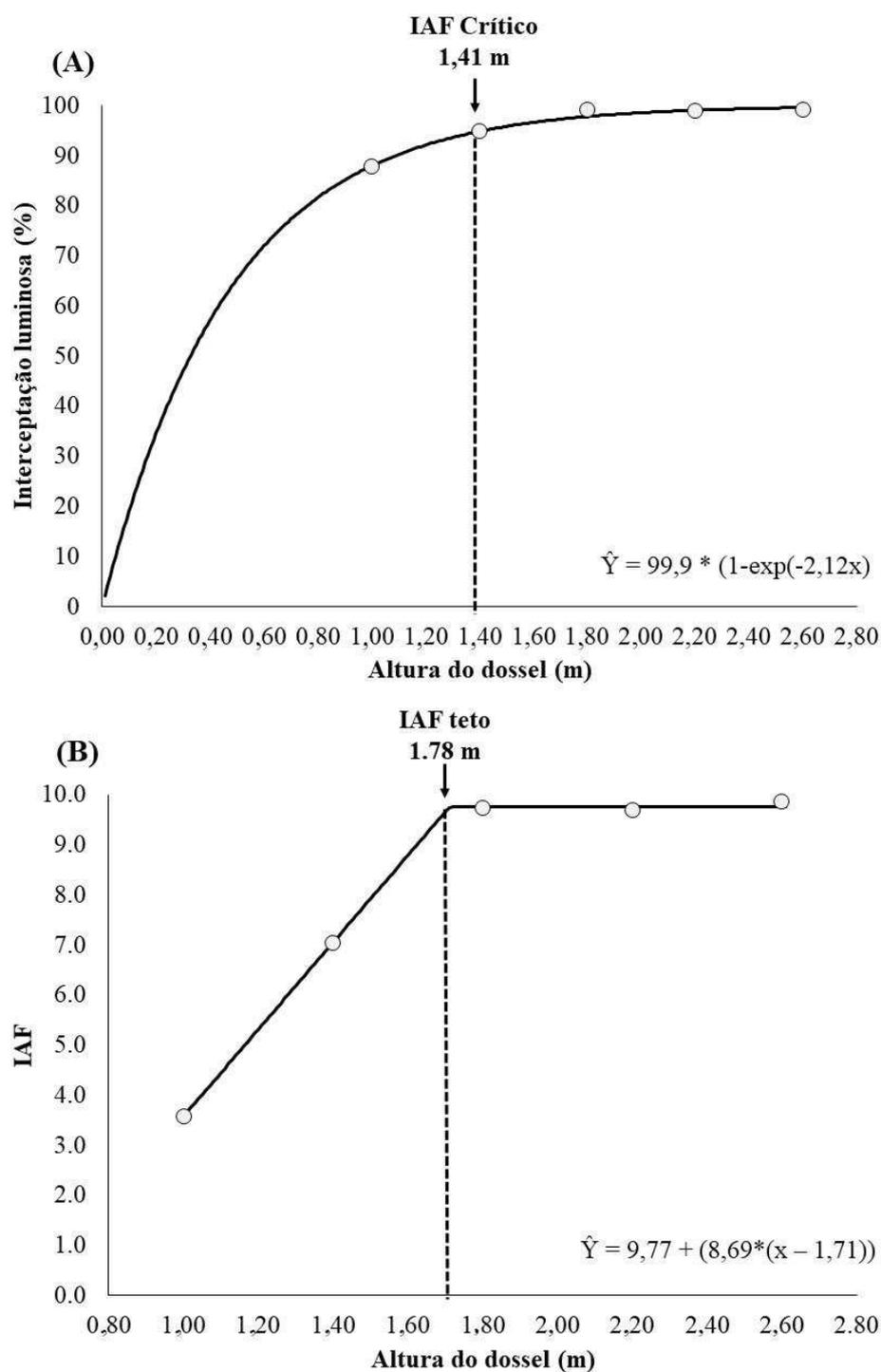
e_2 = erro em que altura do dossel i, período de avaliação j e interação entre altura i e período j foram testados.

3 RESULTADOS

O uso da altura do dossel para avaliar a dinâmica de crescimento do capim-Elefante proporcionou diferentes números de colheitas para cada tratamento. O número de colheitas foi de 11, 8, 7, 6 e 6 para os dosséis manejados a 1,00, 1,40, 1,80, 2,20 e 2,60 m, respectivamente. As diferentes alturas do dossel também resultaram em diferentes períodos de rebrotação do capim-Elefante. O período de crescimento aumentou à medida que a altura do dossel aumentou. Os dados do período de rebrotação se ajustaram a modelos lineares para o verão ($\hat{Y} = 6.17 + 29.91x$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$) e para o inverno ($\hat{Y} = 60,26 + 34,47x$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,96$). Com o aumento de um metro na altura do dossel, ocorreu aumento de 29,91 e 34,47 dias no período de rebrotação durante o verão e o inverno, respectivamente.

A interceptação de luz (IL) do dossel aumentou com o aumento da altura do dossel (Figura 2). Os dados de IL se ajustaram a um modelo exponencial ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,85$). Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os modelos ajustados para IL durante as estações chuvosa e seca. O dossel atingiu 95% de IL quando a altura do dossel foi igual a 1,41 m. Os dados IAF ajustaram-se a um modelo linear com platô ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,89$). Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os modelos ajustados para o verão e o inverno. O IAF aumentou de 3,6 para os dosséis manejados a 1,00 m de altura para 9,7 quando o IAF se estabilizou a 1,71 m de altura, o que é o ponto considerado o IAF teto do dossel (Figura 2). O IAF crítico é o valor de IAF do dossel quando o mesmo atinge 95% de IL, nos dosséis avaliados o capim-Elefante apresentou IAF crítico igual a 7.14.

Figura 2. Efeito da altura do dossel sobre a IL e IAF de dosséis de capim-Elefante.

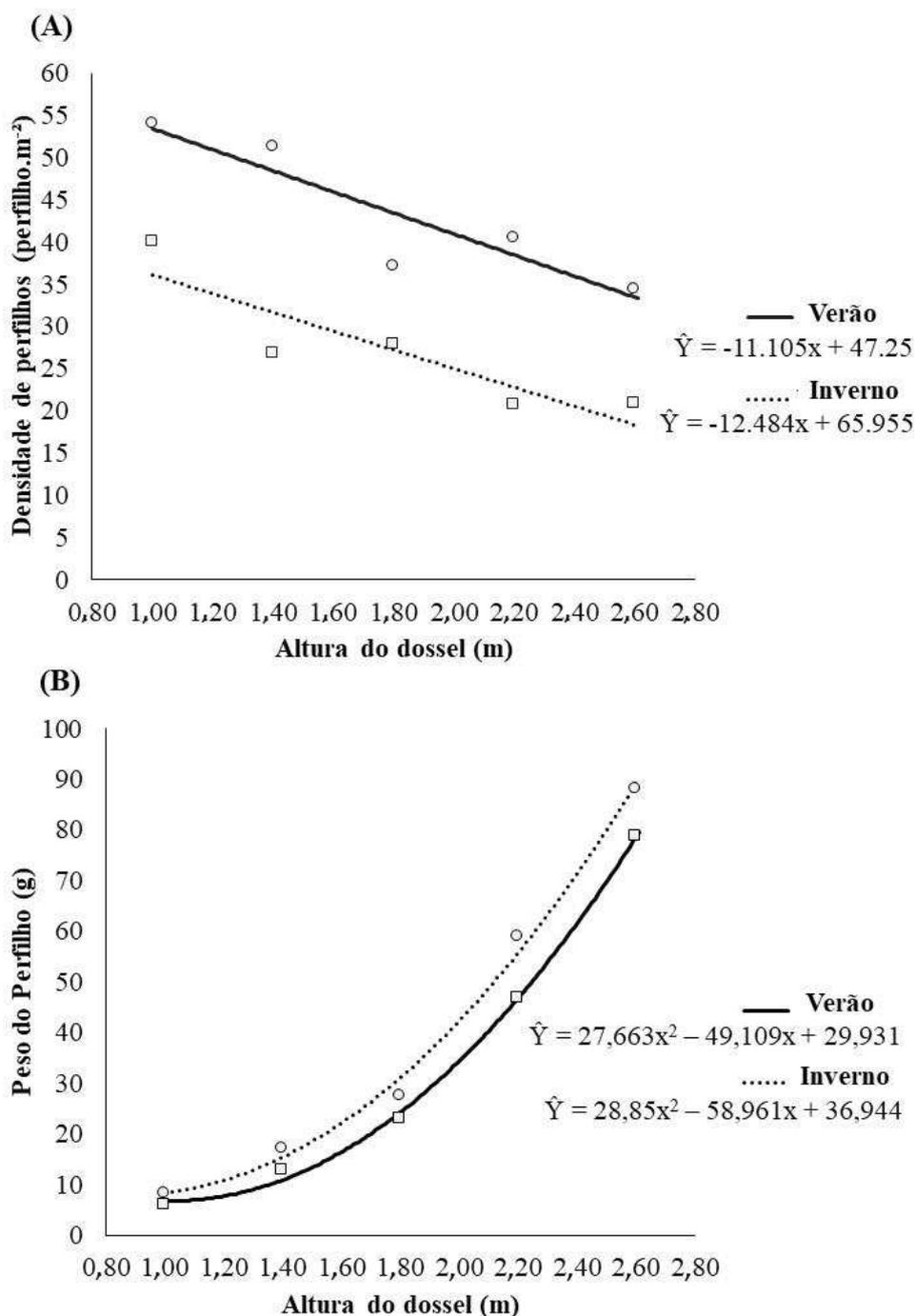


A densidade de perfílos diminuiu à medida que a altura do dossel aumentou (Figura 3). Os dados de densidade de perfílos ajustaram-se a modelos lineares para o verão ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,93$) e inverno ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,90$). Durante o verão, a densidade de perfílos diminuiu de 58,1 perfílos.m⁻² nos dosséis manejados a 1,00 m de altura, para 21,1 perfílos.m⁻² nos dosséis manejados a 2,60 m. Durante o inverno, a densidade de perfílos diminuiu de 47,2

perfilhos.m⁻² nos dosséis manejados a 1,00 m de altura para 20,5 perfilhos.m⁻² nos dosséis manejados a 2,60 m.

O peso dos perfilhos aumentou à medida que a altura do dossel aumentou (Figura 3). Os dados de peso de perfilho ajustaram-se a modelos quadráticos para o verão ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,93$) e para o inverno ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,94$). O peso do perfilho durante o inverno foi 1,25 vezes maior ($P < 0,0001$) quando comparado ao verão. Durante o verão, o peso do perfilho aumentou de 6,1 g para os dosséis manejados a 1,00 m de altura para 78,9 g para os dosséis manejados a 2,60 m. Durante o inverno, o peso do perfilho aumentou de 8,2 g para os dosséis manejados a 1,00 m de altura para 88,2 g para os dosséis manejados a 2,60 m de altura.

Figura 3. Efeito da altura do dossel sobre a densidade (A) e peso de perfilhos (B) do capim-Elefante durante o verão e o inverno.



A taxa de acúmulo de forragem aumentou com o aumento da altura do dossel (Figura 4). Os dados da taxa de acúmulo de forragem ajustaram-se a modelos lineares para a estação chuvosa ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,86$) e para a estação seca ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$). Durante a estação chuvosa, as taxas de acúmulo de forragem foram 1,9 vezes maiores ($P < 0,0001$), em média, quando comparadas à estação seca. Nessa mesma estação, os dosséis colhidos com 1,00 m de altura apresentaram taxas iguais a 76,6 kg.ha⁻¹.d⁻¹ enquanto dosséis colhidos com 2,60 m

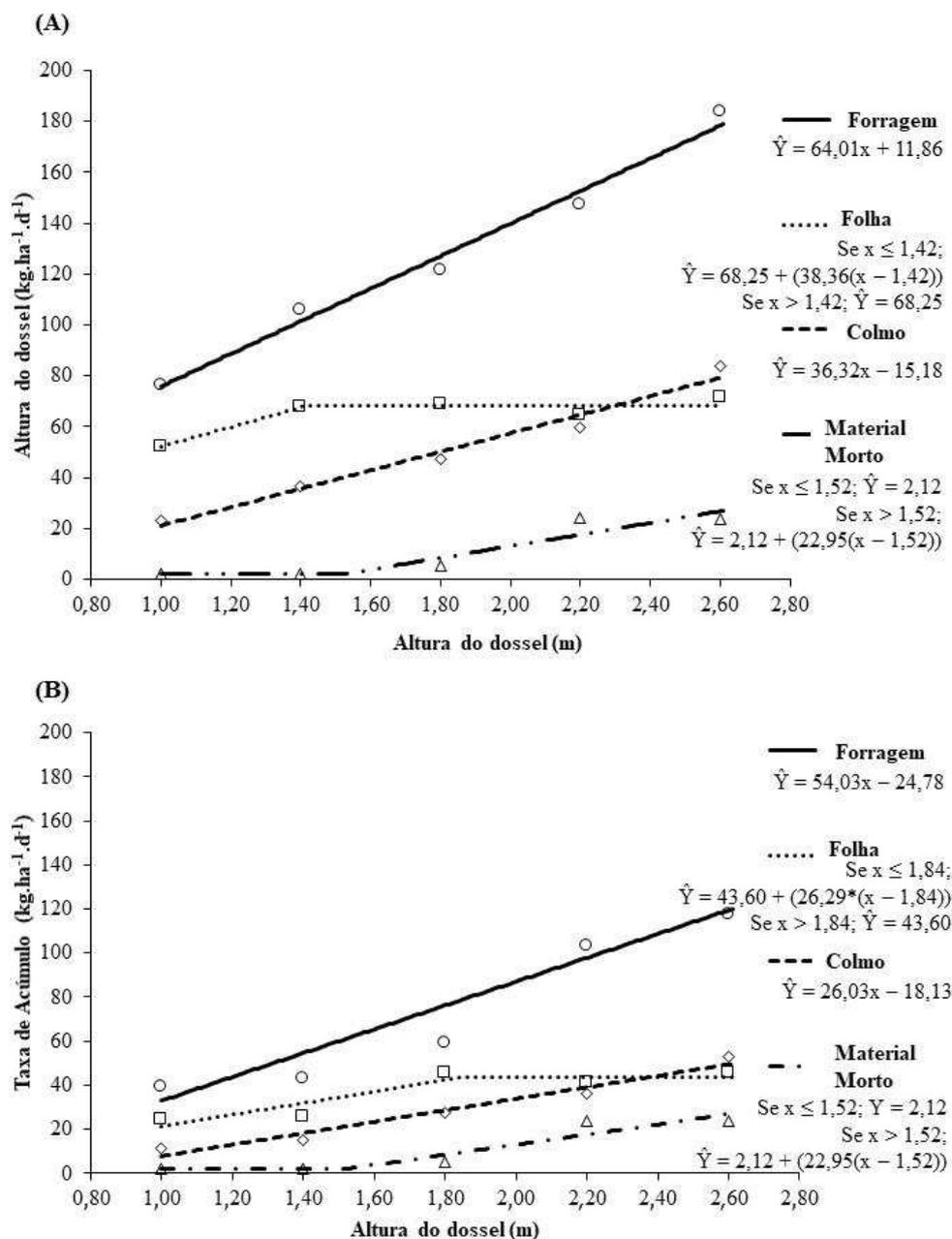
apresentaram taxas iguais a 184,1 kg.ha⁻¹.d⁻¹. Durante o inverno, a taxa de acúmulo de forragem foi igual a 39,6 kg.ha⁻¹.d⁻¹ para os dosséis colhidos com 1,00 m e 117,4 kg.ha⁻¹.d⁻¹ para dosséis colhidos com 2,60 m.

Os dados de taxa de acúmulo de folhas (TAF) ajustaram-se a modelos lineares com platô para as estações chuvosa e seca ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,94$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,89$, respectivamente) (Figura 4). Durante a estação chuvosa, a TAF foi 1,9 vezes maior do que durante a estação seca, em média. Durante a estação chuvosa, a TAF aumentou de 52,2 kg.ha⁻¹.d⁻¹ para os dosséis colhidos com 1,00 m para 68,3 kg.ha⁻¹.d⁻¹ quando o dossel atingiu 1,42 m e a TAF tornou-se estável. Durante a estação seca, o LAR aumentou de 24,6 kg.ha⁻¹.d⁻¹ para os dosséis colhidos com 1,00 m para 43,6 kg.ha⁻¹.d⁻¹ quando o dossel atinge 1,84 m e a TAF tornou-se estável.

A taxa de acúmulo de colmo (TAC) aumentou com o aumento da altura do dossel (Figura 4). Os dados de TAC ajustaram-se a modelos lineares para a estação chuvosa ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$) e também para a estação seca ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,88$). Durante a estação chuvosa, o aumento de um metro na altura do dossel proporcionou aumento de 36,32 kg.ha⁻¹.d⁻¹ na TAC. Durante a estação seca, a TAC aumentou em 26,03 kg.ha⁻¹.d⁻¹ com o incremento de um metro na altura do dossel.

Os dados de taxa de acúmulo de material morto (TAMM) ajustaram-se a um modelo linear com platô ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,91$), não houve diferenças entre os modelos de TAMM para o verão e o inverno. O TAMM foi igual a 2,28 kg.ha⁻¹.d⁻¹ até o dossel atingir 1,52 m de altura e então começou a aumentar linearmente até atingir 23,6 kg.ha⁻¹.d⁻¹ quando o dossel atingiu 2,60 m.

Figura 4. Efeito da altura do dossel sobre a taxa de acúmulo de forragem e dos componentes morfológicos durante o verão (A) e o inverno (B)

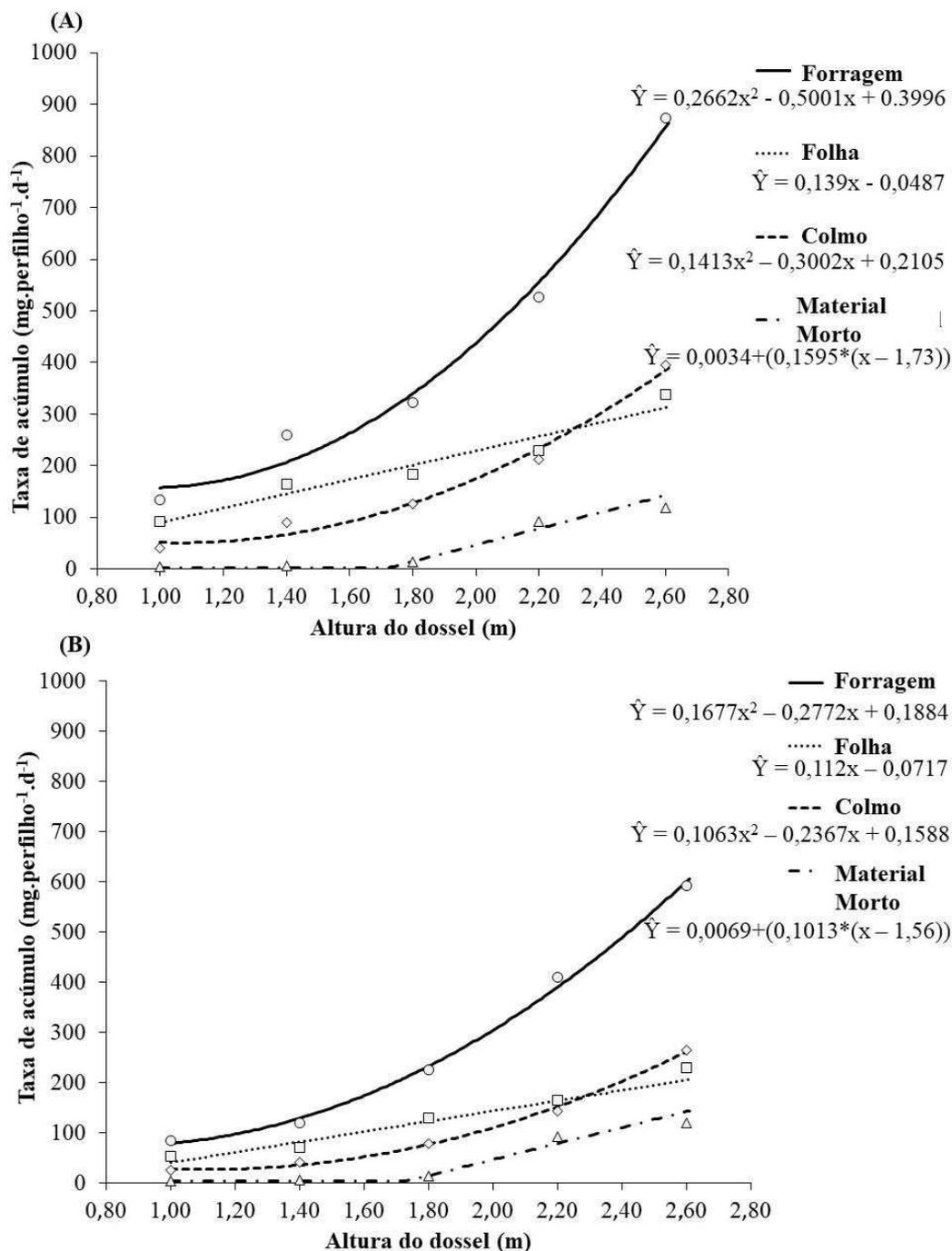


A taxa de acúmulo de forragem por perfilho (TAFP) e a taxa de acúmulo de colmo por perfilho (TACP) aumentaram com o aumento da altura do dossel (Figura 5). Os dados de ambas as variáveis ajustaram-se a modelos quadráticos para o verão e o inverno. Durante a estação chuvosa a TAFP aumentou de 134,2 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ para os dosséis colhidos com 1,00 m de altura para 873,5 mg.perfilho⁻¹.d para os dosséis colhidos com 2,60 m. Durante o inverno, a TAFP aumentou de 84,7 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ para os dosséis colhidos com 1,00 m de altura para 593,3 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ para os dosséis colhidos com 2,60 m. O TACP aumentou de 40,5

mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ para 395,7 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ para os dosséis colhidos com 1,00 e 2,60 m, respectivamente, durante a estação chuvosa. Durante o inverno, o TACP aumentou de 25,1 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ para 265,4 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ para os dosséis colhidos com 1,00 e 2,60 m, respectivamente, durante a estação seca. A taxa de acúmulo de folhas por perfilho (TAFolP) aumentou à medida que a altura do dossel aumentou (Figura 5).

Dados de TAFolP ajustaram-se a modelos lineares na estação chuvosa e na estação seca ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,89$, respectivamente). A TAFolP, para os dosséis colhidos com 1,00 m de altura foi igual a 91,5 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ e 52,7 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ durante as estações seca e chuvosa, respectivamente. As maiores TAFolPs foram observadas para as copas de 2,60 m de altura, 337,3 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ e 230,2 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ durante o verão e o inverno, respectivamente. Os dados de taxa de acúmulo de material morto por perfilho (TAMMP) ajustaram-se a um modelo linear com platô ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$) e não houve diferença entre as estações seca e chuvosa. A TAMMP observada nos dosséis colhidos com 1,00 m foi igual a 4,6 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ e permaneceu estável até o dossel atingir 1,56 m de altura, e então a TAMMP começou a aumentar até atingir 2,60 m quando foi possível observar valor igual a 119,0 mg.perfilho⁻¹.d⁻¹ (Figura 5).

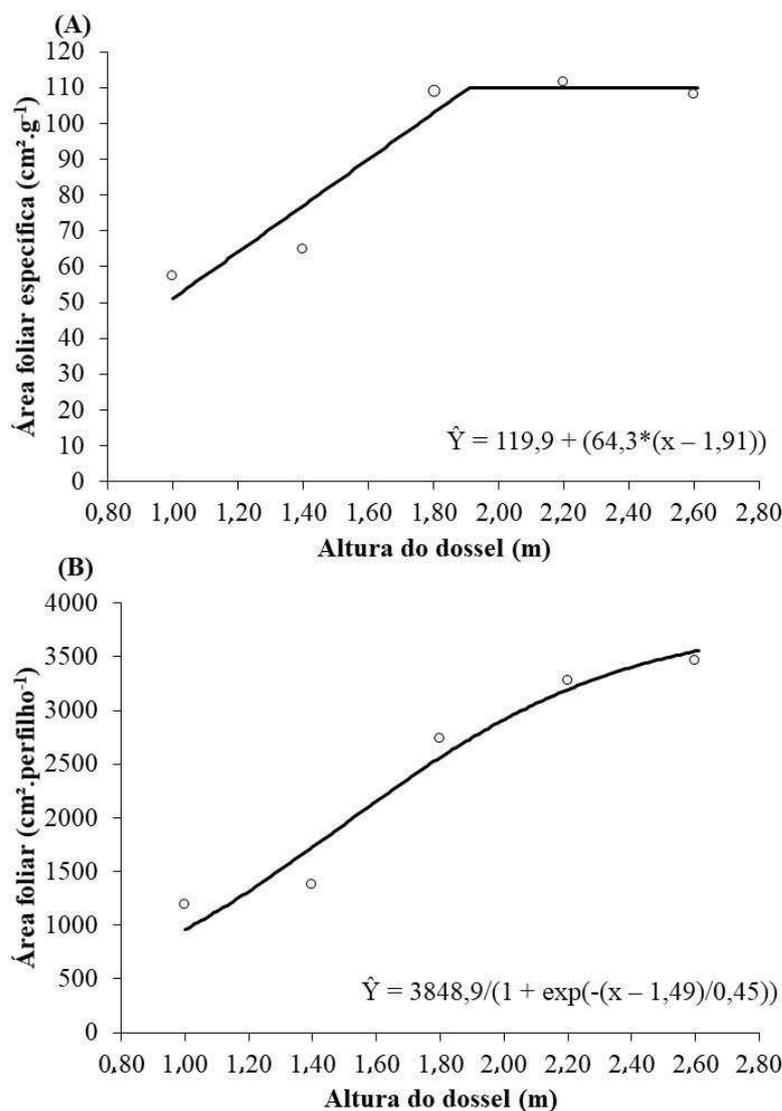
Figura 5. Efeito da altura do dossel sobre a taxa de acúmulo de forragem e de componentes morfológicos por perfilho de capim-Elefante durante o verão (A) e inverno (B).



Os dados de área foliar específica (AFE) ajustaram-se a um modelo linear com platô ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,88$). Não houve diferença entre os modelos da estação chuvosa e da estação seca. Os valores de AFE para dosséis colhidos com 1,00 m foram iguais a $57,3 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ e aumentaram até o dossel atingir 1,91 m, em que a AFE foi igual a $109,9 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, então a AFE permaneceu estável até atingir 2,60 m de altura (Figura 7). A área foliar por perfilho aumentou à medida que a altura do dossel aumentou (Figura 7) e os dados ajustaram-se a um modelo sigmoide ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,86$), não houve diferença entre os modelos da estação chuvosa e

seca. O valor mais baixo para esta variável foi observado para os dosséis colhidos com 1,00 m, 1186,1 $\text{cm}^2 \cdot \text{perfilho}^{-1}$. Os dosséis com 2,60 m apresentaram a maior área foliar por perfilho, 3461,64 $\text{cm}^2 \cdot \text{perfilho}^{-1}$.

Figura 6. Área foliar específica de grama de Elefante (A) e área foliar por calha (B) versus altura do dossel.



4 DISCUSSÃO

Entender a dinâmica de crescimento das gramíneas tropicais é considerado essencial para compreender, planejar e implementar produção eficiente e sustentável de forragens. O uso da altura do dossel para avaliar o capim-Elefante na forma de capineira forneceu dados para estabelecer em que altura ocorrem eventos importantes relacionados ao manejo da gramínea.

Neste estudo foi possível determinar o IAF crítico do dossel, ponto em que o dossel atinge 95% de IL. Pesquisas realizadas com pastagens (BROUGHAM, 1956; KORTE; WATKIN; HARRIS, 1982; SILVEIRA et al., 2013b) mostraram que antes de atingir as 95% de IL as folhas são o componente morfológico predominante no dossel. Neste estudo, este fato pôde ser evidenciado pelo aumento linear na taxa de acumulo de folhas até o dossel atingir 1,42 e 1,89 m durante o verão e o inverno respectivamente (Figura 2). Depois de atingir 95% de IL,

a TAF tornou-se estável, este efeito pode ser observado devido à redução da disponibilidade de luz nos estratos mais baixos do dossel, o que resulta no desenvolvimento de novas folhas nos estratos superiores, onde há bastante disponibilidade de luz. Para realizar este mecanismo, a planta inicia o processo de alongamento do caule, resultando no incremento do caule na participação da massa de forragem, evidenciada pelo aumento da taxa de acúmulo de colmo (Figura 4). Lemaire e Chapman (1996) mostraram que depois que a planta atinge o número máximo de folhas, a taxa de aparecimento de folhas é igual à taxa de senescência da folha, ou seja, para cada folha que aparece uma folha antiga morre, então esse é o principal motivo a produção de folhas permanece estável e a produção de material morto aumenta (Figura 4).

De acordo com Pereira et al. (2015a), o capim Napier (*Pennisetum purpureum* S.) atinge o IAF crítico quando o dossel atinge 0,85 m de altura quando manejado na forma de pastagem. Voltolini et al. (2010) avaliaram outra cultivar de capim-Elefante, a Cameroon também utilizada como pastagem, os autores verificaram que o IAF crítico é atingido quando o dossel atinge 1,03 m de altura. Para atingir 95% de IL, o capim-Elefante, na forma de capineira, precisa atingir alturas superiores às observadas em dosséis manejados como pastos, como ocorreu neste estudo. Este fato ocorre devido a diferenças entre a estrutura do dossel de pastos quando comparado a dosséis de capineiras. Os dosséis de capim-Elefante manejados como capineira são compostos, principalmente, por perfilhos basais, já dosséis manejados como pastagens, têm maior densidade populacional de perfilhos e também maior número de perfilhos aéreos (PEREIRA et al., 2014, 2015b), os quais contribuem com 75% da IL nesses dosséis durante o verão (CARVALHO et al., 2007).

O IAF teto do capim-Elefante é alcançado quando o dossel atinge 1,78 m, ou seja, não há incrementos em IAF quando o dossel é avaliado em alturas superiores a esta (Figura 2). A TAF do dossel fica estável quando o dossel atinge 1,41 m de altura (Figura 4), de modo que as plantas não acumulam mais folhas além deste ponto. Apesar da estabilização da TAF, o IAF do dossel continua aumentando em dosséis manejados mais altos do que 1,41 m (Figura 2). O principal motivo poderia ser o fato de que a grama não acumula mais folhas, mas começa a aumentar a largura das folhas vivas para melhorar a interceptação de luz (WILSON; THOMPSON; HODGSON, 1999). Juntamente com o aumento da largura, a redução na espessura das folhas também pode ocorrer, sem modificações no peso da folha. A área foliar específica é a relação entre a área foliar e o peso das folhas (WILSON; THOMPSON; HODGSON, 1999), conseqüentemente, se houver aumento contínuo na área foliar sem modificações no peso, a área foliar específica também continua a aumentar após a taxa de acúmulo de folhas cessar, o que explica o aumento da área foliar específica até o dossel atingir

1.91 (Figura 7). Este mecanismo está relacionado à plasticidade fenotípica da gramínea que faz adaptações morfológicas para superar as restrições impostas pelo meio ambiente (VILE et al., 2005), neste caso relacionado à disponibilidade de luz evidenciada pelos dados de interceptação de luz.

O perfilho é a unidade vegetativa básica em pastos, por isso é importante saber o que acontece em nível de perfilho para entender o desenvolvimento do dossel (HODGSON, 1990). As gramíneas alteram a densidade e o peso dos perfilhos para otimizar o IAF do dossel (BIRCHAM; HODGSON, 1983). Dosséis cultivados mais baixos possuem maior densidade de perfilhos menores (Figura 3), com menor área foliar por perfilho (Figura 7), e o inverso ocorre em dosséis colhidos mais altos em que é possível verificar menor densidade populacional de perfilhos e perfilhos maiores e mais pesados (Figura 3), com mais área foliar por perfilho (Figura 7), este é um mecanismo usado pela gramínea para otimizar o IAF do dossel (MATTHEW et al., 1995).

5 CONCLUSÃO

Com os resultados deste trabalho foi possível identificar pontos-chave sobre a dinâmica de crescimento do capim-Elefante cultivado na forma de capineira.

6 REFERÊNCIAS

- AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th edition. Association of official analytical chemists, Washington, D. C. 1990
- BAYBLE, T.; MELAKU, S.; PRASAD, N. K. Effects of cutting dates on nutritive value of Napier (*Pennisetum purpureum*) grass planted sole and in association with Desmodium (*Desmodium intortum*) or Lablab (*Lablab purpureus*). v. 19, n. 1, p. 1–11, 2007.
- BIRCHAM, J. S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. Grass and Forage Science, v. 38, n. 4, p. 323–331, 1 dez. 1983.
- BROUGHAM, R. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Australian Journal of Agricultural Research, v. 7, n. 5, p. 377, 1956.
- CARVALHO, C. A. B. DE et al. Classes de perfilhos na composição do índice de área foliar em pastos de capim-Elefante. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 4, p. 557–563, abr. 2007.

DE JÚNIOR, A. S. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 108, n. 1–2, p. 1–7, 2012.

FEDENKO, J. R. et al. Biomass Production and Composition of Perennial Grasses Grown for Bioenergy in a Subtropical Climate Across Florida, USA. *BioEnergy Research*, v. 6, n. 3, p. 1082–1093, 11 jun. 2013.

FERREIRA, D. DE J. et al. Silage fermentation and chemical composition of elephant grass inoculated with rumen strains of *Streptococcus bovis*. *Animal Feed Science and Technology*, v. 183, n. 1–2, p. 22–28, jun. 2013.

FLORES, R. A. et al. Yield and quality of elephant grass biomass produced in the cerrados region for bioenergy. *Engenharia Agrícola*, v. 32, n. 5, p. 831–839, out. 2012.

GIMENES, F. M. DE A. et al. Forage mass and agronomic traits of Elephant grass genotypes under free-growth and conventional cutting systems. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 37, n. 4Sup11s, p. 2577–2588, 15 jul. 2016.

HODGSON, J. 1990. Herbage production and utilization. In: *Grazing management – science into practice*. Neu York: John Wiley & Sons. P. 38-54.

KORTE, C. J.; WATKIN, B. R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring-grazing management of a ryegrass-dominant pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v. 25, n. 3, p. 309–319, 21 jul. 1982.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J.; Illius, A.W. (Eds.) *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36.

LOUNGLAWAN, P.; LOUNGLAWAN, W.; SUKSOMBAT, W. Effect of Cutting Interval and Cutting Height on Yield and Chemical Composition of King Napier Grass (*Pennisetum Purpureum* x *Pennisetum Americanum*). *APCBEE Procedia*, v. 8, p. 27–31, 2014.

MATTHEW, C. et al. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. *Anal. Bot.* [S.l.]: Oxford University Press.

PEREIRA, L. E. T. et al. Components of herbage accumulation in elephant grass cvar Napier subjected to strategies of intermittent stocking management. *The Journal of Agricultural Science*, v. 152, n. 6, p. 954–966, 17 dez. 2014.

PEREIRA, L. E. T. et al. Grazing management and tussock distribution in elephant grass. *Grass and Forage Science*, v. 70, n. 3, p. 406–417, set. 2015a.

PEREIRA, L. E. T. et al. Regrowth patterns of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) subjected to strategies of intermittent stocking management. *Grass and Forage Science*, v. 70, n. 1, p. 195–204, mar. 2015b.

PEREIRA, L. E. T. et al. Regrowth patterns of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) subjected to strategies of intermittent stocking management. *Grass and Forage Science*, v. 70, n. 1, p. 195–204, 7 mar. 2015c.

RENGSIRIKUL, K. et al. 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, n. 3, p. 135–141, 1 set. 2011.

SILVEIRA, M. C. T. DA et al. Herbage accumulation and grazing losses on Mulato grass subjected to strategies of rotational stocking management. *Scientia Agricola*, v. 70, n. 4, p. 242–249, ago. 2013a.

SILVEIRA, M. C. T. DA et al. Herbage accumulation and grazing losses on Mulato grass subjected to strategies of rotational stocking management. *Scientia Agricola*, v. 70, n. 4, p. 242–249, ago. 2013b.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. *Tropical Grasses. Plant Production and Protection Series*. [S.l.]: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1989. p. 234–262.

TESSEMA, Z. K.; MIHRET, J.; SOLOMON, M. Effect of defoliation frequency and cutting height on growth, dry-matter yield and nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach). *Grass and Forage Science*, v. 65, n. September, p. 421–430, 2010.

TIBAYUNGWA, F.; MUGISHA, J. Y. T.; NABASIRYE, M. Modelling the effect of supplementing elephant grass with lablab and desmodium on weight gain of dairy heifers under stall-feeding system. *African Journal of Agricultural Research*, v. 6, n. 14, p. 3232–3239, 2011.

VAN MAN, N.; WIKTORSSON, H. Forage yield, nutritive value, feed intake and digestibility of three grass species as affected by harvest frequency. *Tropical Grasslands*, v. 37, p. 101–110, 2003.

VICENTE-CHANDLER, J.; SILVA, S.; FIGARELLA, J. The Effect of Nitrogen Fertilization and Frequency of Cutting on the Yield and Composition of Three Tropical Grasses. *Agronomy Journal*, v. 51, n. 4, p. 202, 1959.

VILE, D. et al. Specific leaf area and dry matter content estimate thickness in laminar leaves. *Annals of botany*, v. 96, n. 6, p. 1129–36, nov. 2005.

VOLTOLINI, T. V. et al. Características produtivas e qualitativas do capim-Elefante pastejado em intervalo fixo ou variável de acordo com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 5, p. 1002–1010, maio 2010.

WADI, A.; ISHII, Y.; IDOTA, S. Effects of Cutting Interval and Cutting Height on Dry Matter Yield and Overwintering Ability at the Established Year in *Pennisetum Species*. *Plant Production Science*, v. 7, n. 1, p. 88–96, 3 jan. 2004

WILSON, P. J.; THOMPSON, K.; HODGSON, J. G. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytologist*, v. 143, n. 1, p. 155–162, jul. 1999.

ARTIGO 2 - EFEITO DA ALTURA DO DOSEL SOBRE O VALOR NUTRITIVO DO CAPIM-ELEFANTE NA FORMA DE CAPINEIRA

RESUMO

O capim-Elefante, tem sido uma importante fonte de forragem em pequenas fazendas leiteiras, no entanto, o manejo desta gramínea, cultivada na forma de capineira, ainda não está bem estabelecido. O objetivo deste estudo foi avaliar como a altura do dossel afeta a produtividade e a digestibilidade do capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* cv Cameroon) na forma de capineira. O experimento foi realizado em 25 parcelas de 28,8 m² cada, compostas por seis linhas de 6 metros de comprimento cada. As colheitas foram realizadas de novembro de 2014 a novembro de 2016. O período experimental abrangeu duas estações chuvosas (verão, de 01/11 a 21/03) e duas estações secas (inverno, de 22/03 a 31/10) nos dois anos. A adubação consistiu de 400 kg de N, 200 kg de K₂O e 60 kg de P₂O₅ por hectare por ano, realizada a cada 15 dias. As plantas foram colhidas manualmente, ao nível do solo. Essas plantas foram pesadas e subamostradas. Uma subamostra seguiu para determinação de MS e outra subamostra foi fragmentada em folha, colmo e material morto para avaliar a produção dos componentes morfológicos. As plantas foram analisadas para a digestibilidade *in vitro* de FDN no trato digestivo total (TTNDFD). Os modelos linear e quadrático foram testados usando PROC REG, e os modelos exponencial, linear com platô e sigmoide foram testados pelo PROC NLIN do SAS. O critério de informação Akaike foi usado para selecionar o melhor modelo. A produção de forragem (kg MS ha⁻¹) ajustou-se a modelos lineares ($P < 0,0001$) para o verão e o inverno. A interceptação (INT) e o coeficiente angular (AC) são iguais a 1660,9 e 8960,9, respectivamente, para o verão e -4724,8 e 12161,5, respectivamente, para o inverno. Os dados de TTNDFD se ajustaram ($P < 0,0001$) a modelos lineares com platô para ambas as estações. No verão, o TTNDFD foi estável até o dossel chegar a 1,32 m (42,09% NDF). Nesta estação, o TTNDFD para plantas colhidas acima de 1,32 m seguiu o modelo: $\hat{Y} = 42,09 - 9,79 * (x - 1,32)$. Durante o inverno, o TTNDFD foi estável até o dossel chegar a 1,30 m (30,28% NDF). Nesta estação, o TTNDFD para plantas colhidas acima de 1,30 m seguiu o modelo linear: $\hat{Y} = 30,28 - 4,47 * (x - 1,30)$. No geral, 1,32 m e 1,30 m para o verão e o inverno, respectivamente, são consideradas as alturas mínimas do dossel para colher plantas de capim-Elefante. A maior produção de matéria digestível de forragem por hectare ocorre quando a planta é cultivada com 2,60 m de altura.

Palavras-chave. TTNDFD. Digestibilidade da FDN. Capineira. Manejo de capineira

1 INTRODUÇÃO

O capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) É uma fonte muito importante de forragem amplamente disseminada em todo o mundo (SKERMAN; RIVEROS, 1989). Sua importância está relacionada a alta produção de MS (Flores et al., 2012) e também à característica multipropósito, pois pode ser utilizada como capineira, pastagem, silagem e, recentemente, para produção de bioenergia (FERREIRA et al., 2013; PEREIRA et al., 2015; RENGSIRIKUL et al., 2011; TESSEMA; MIHRET; SOLOMON, 2010). Embora seja uma gramínea multifuncional, os pecuaristas geralmente utilizam como capineira (FEDENKO et al., 2013; TIBAYUNGWA; MUGISHA; NABASIRYE, 2011; VICENTE-CHANDLER; SILVA; FIGARELLA, 1959).

A estimativa do valor nutritivo das forragens é de grande importância prática, tanto para permitir um equilíbrio adequado das dietas, quanto para subsidiar a melhoria do valor nutritivo das forragens, por meio de técnicas de manejo mais adequadas ou mesmo de seleção genética. Sabe-se que as gramíneas tropicais têm uma redução no valor nutritivo com o aumento da maturidade, devido à estabilização da produção de folhas e à intensificação da produção de colmos e material morto (Da Silva, 2004). Os últimos componentes morfológicos mencionados têm menor digestibilidade devido ao maior teor de lignina e conseqüentemente maior teor de FDN indigestível (FDNi) quando comparado às folhas (JUNG; ALLEN, 1995), conseqüentemente o aumento destes componentes morfológicos na massa de forragem resulta em redução da digestibilidade da MS e da FDN das gramíneas (ØSTREM et al., 2015).

A digestibilidade da fibra é um fator muito importante quando o assunto é forragem, pois o FDN é o nutriente encontrado em maior proporção em forragens. As gramíneas tropicais são conhecidas por terem baixa digestibilidade da FDN, mas recentemente esse aspecto está mudando. Gramíneas bem manejadas podem apresentar digestibilidade da FDN próxima de silagens de milho de alta digestibilidade (LOPES, 2013; LOPES; COOK; COMBS, 2015). A digestibilidade da FDN pode ser avaliada por meio de métodos *in vitro*.

Recentemente, foi desenvolvido um método para determinar a digestibilidade de NDF *in vitro* no trato digestivo total (TTNDFD) (COMBS, 2013) e posteriormente foi validado (LOPES; RUH; COMBS, 2015).. Este método é considerado muito aplicado a prática, pois não considera apenas a fibra digerida em um período de tempo fixo, como outros métodos *in vitro* (VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON; LEWIS, 1991), mas leva em consideração a taxa de digestão (kd) da FDN potencialmente digestível (pdNDF), a taxa de passagem (kp) da fibra pelo rúmen e também a digestão pós rúmen da fibra. O objetivo deste estudo foi estabelecer o

manejo do capim-Elefante, cultivado na forma de capineira, que concilie produtividade e digestibilidade da MS e da FDN.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras (21° 14' 43" S, 44° 59' 59" W e elevação de 918 m), Estado de Minas Gerais, Brasil. A área experimental tem aproximadamente 770 m² divididos em 25 parcelas de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameroon), cada parcela era composta por seis linhas com seis metros de comprimento. A área foi plantada com 80 cm entre as fileiras, as mudas vieram de outra área de capim-Elefante da mesma universidade. O clima regional é classificado como úmido mesotérmico subtropical com inverno seco, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima pode ser considerado como Cwa (DE SÁ JÚNIOR *et al.*, 2012).

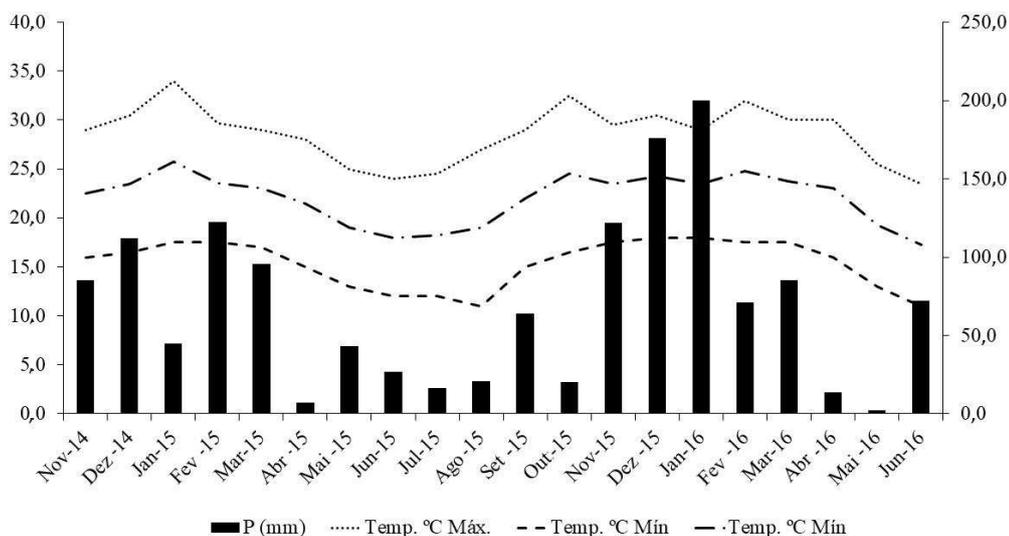
Foram avaliadas cinco alturas de dossel de capim-Elefante: 1,00, 1,40, 1,80, 2,20 e 2,60 m. As colheitas de forragem foram realizadas quando a altura média das plantas de cada parcela atingiu sua respectiva altura de manejo. Uma régua de três metros foi usada para medir a altura do dossel do nível do solo até a inflexão da folha mais alta.

O solo, antes do início do experimento, apresentou as seguintes características: pH = 6,2, matéria orgânica = 3,4%, P = 1,4 mg.dm⁻³, K = 44,0 mg.dm⁻³, Ca = 2,0 cmol_c.dm⁻³, Mg = 0,60 cmol_c.dm⁻³, H + Al = 3,2 cmol_c.dm⁻³, Al = 0,10 cmol_c.dm⁻³, capacidade de troca catiônica (t) = 2,9 cmol_c.dm⁻³ e saturação por bases = 45,9%. No início da segunda estação chuvosa (outubro de 2015), realizou-se outra análise de solo, que apresentou os seguintes resultados: pH = 6,2, matéria orgânica = 4,0%, P = 2,0 mg.dm⁻³, K = 75 mg.dm⁻³, Mg = 0,7 cmol_c.dm⁻³, H + Al = 2,6 cmol_c.dm⁻³, Al = 0,1 cmol_c.dm⁻³, Ca = 3,1 cmol_c.dm⁻³, Mg = 0,70 cmol_c.dm⁻³, capacidade de troca catiônica (t) = 4,2 cmol_c.dm⁻³ e saturação por bases = 61,0%.

Todas as parcelas foram fertilizadas anualmente com 400 kg de N na forma sulfato de amônio, 200 kg de K₂O na forma de cloreto de potássio e 60 kg de P₂O₅ na forma de superfosfato simples por hectare, de acordo com a recomendação proposta por Ribeiro *et al.* (1999). A quantidade total de fertilizantes foi distribuída em cada parcela, a cada duas semanas, durante todo o período experimental e correspondeu a 14,81; 2,22 e 7,40 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, respectivamente, em cada adubação.

Os dados das variáveis climáticas foram obtidos na estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, localizada a 600 m do local experimental (Figura 1).

Figura 1. Precipitação, máximo (TMAX), mínimo (TMN) e temperatura média (TAVE) durante o período experimental



A amostragem em massa de forragem foi realizada por colheita manual de seis metros lineares de cada parcela. As plantas localizadas nas duas linhas centrais das parcelas (3 m em cada linha) foram colhidas, considerando 1,5 m de borda nas extremidades das linhas. O corte da forragem foi realizado rente ao solo. Após a colheita, as amostras foram pesadas e subamostradas duas vezes, uma subamostrada foi utilizada para determinar o teor de MS da planta, e outra subamostrada foi fragmentada em folhas, caule e material morto para determinar a proporção dos componentes morfológicos da forragem. O teor de MS da forragem e dos componentes morfológicos foi determinado em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C durante 72h (AOAC, 1990). As colheitas de forragem foram realizadas de novembro de 2014 a novembro de 2016, o período experimental foi dividido em duas estações chuvosas de 11/01 a 03/21 (140 d) e duas estações secas de 03/22 a 10/31 (225 d) em ambos anos.

O teor de MS foi determinado por meio de estufa com circulação forçada de ar a 55 °C durante 72h (AOAC, 1990). Após a determinação do teor de MS, as amostras foram moídas em um moinho do tipo Willey com peneira de crivo igual a 2 mm, uma alíquota de 10 g foi retirada para avaliação de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e o restante foi moído novamente com peneira de crivo igual a 1 mm e as amostras seguiram para análise de proteína bruta (PB) de acordo com (AOAC, 1990), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) com auxílio do equipamento Ankom200 (ANKOM Technology, Macedon, NY, EUA) com uso da enzima amilase (FDN). O FDN indigestível (FDNi) foi determinado *in situ* por incubação ruminal durante 240 h. A concentração de carboidratos solúveis em água (CSA) foi

avaliada de acordo com Dische (1955), a digestibilidade *in vitro* de matéria orgânica (DIVMO) foi realizada de acordo com Holden (1999) por meio da incubadora TE-150 (Tecnal Equipamentos para Laboratório) e a digestibilidade *in vitro* da FDN no trato digestivo total (TTNDFD) foi medida de acordo com (LOPES; COOK; COMBS, 2015).

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com cinco repetições. O software SAS foi utilizado para análise de dados. Vários modelos foram testados para verificar o ajuste dos dados para cada variável. Os modelos linear e quadrático foram testados usando o PROC REG e os modelos linear com platô, exponencial e sigmoide foram testados por meio do PROC NLIN. O melhor modelo para cada variável foi estabelecido usando o critério de Akaike. Após estabelecer o modelo geral, que incluiu os dados de verão e inverno, para cada variável, também foi testado o ajuste de modelos para cada período, chuvoso e seco. Para cada variável, foi realizado, um teste f que considerou o modelo geral e os modelos para cada período e assim foi possível identificar se houve diferença ($P < 0,05$) entre os modelos de cada período. A ausência de diferença entre os períodos para uma mesma variável, permitiu o uso do modelo geral.

O modelo estatístico utilizado para análise dos dados foi:

$$Y_{kij} = \mu + B_i + A_j + e_1 + P_k + A * P_{jk} + e_2$$

onde:

Y_{kij} = valor observado do bloco i, altura j, no período k;

μ = constante geral (média da população);

B_i = efeito de bloco i, $i = 1, 2, 3, 4, 5$;

A_j = efeito da altura do dossel j, $j = 1,00; 1,40; 1,80; 2,20; 2,60$;

e_1 = erro em que altura do dossel j será testado

P_k = efeito do período de avaliação k;

$A * P_{jk}$ = efeito da interação entre altura j e período k;

e_2 = erro em que altura do dossel j, período de avaliação k e interação entre altura j e período k foram testados.

3 RESULTADOS

O uso de alturas para avaliar o capim-Elefante proporcionou diferentes números de colheitas para cada tratamento. O número de colheitas foi de 11, 8, 7, 6 e 6 para os dosséis manejados a 1,00, 1,40, 1,80, 2,20 e 2,60 m, respectivamente. As diferentes alturas do dossel resultaram em diferentes períodos de rebrotação para o capim-Elefante. O período de

crescimento aumentou à medida que a altura do dossel aumentou. Os dados do período de crescimento foram ajustados para o verão ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$) e inverno ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,96$). Para o aumento de um metro na altura do dossel, houve um aumento de 29,91 e 34,47 dias no período de crescimento do capim-Elefante durante o verão e o inverno, respectivamente. O período de crescimento foi 2,5 vezes maior ($P < 0,0001$), em média, durante o inverno quando comparado ao verão

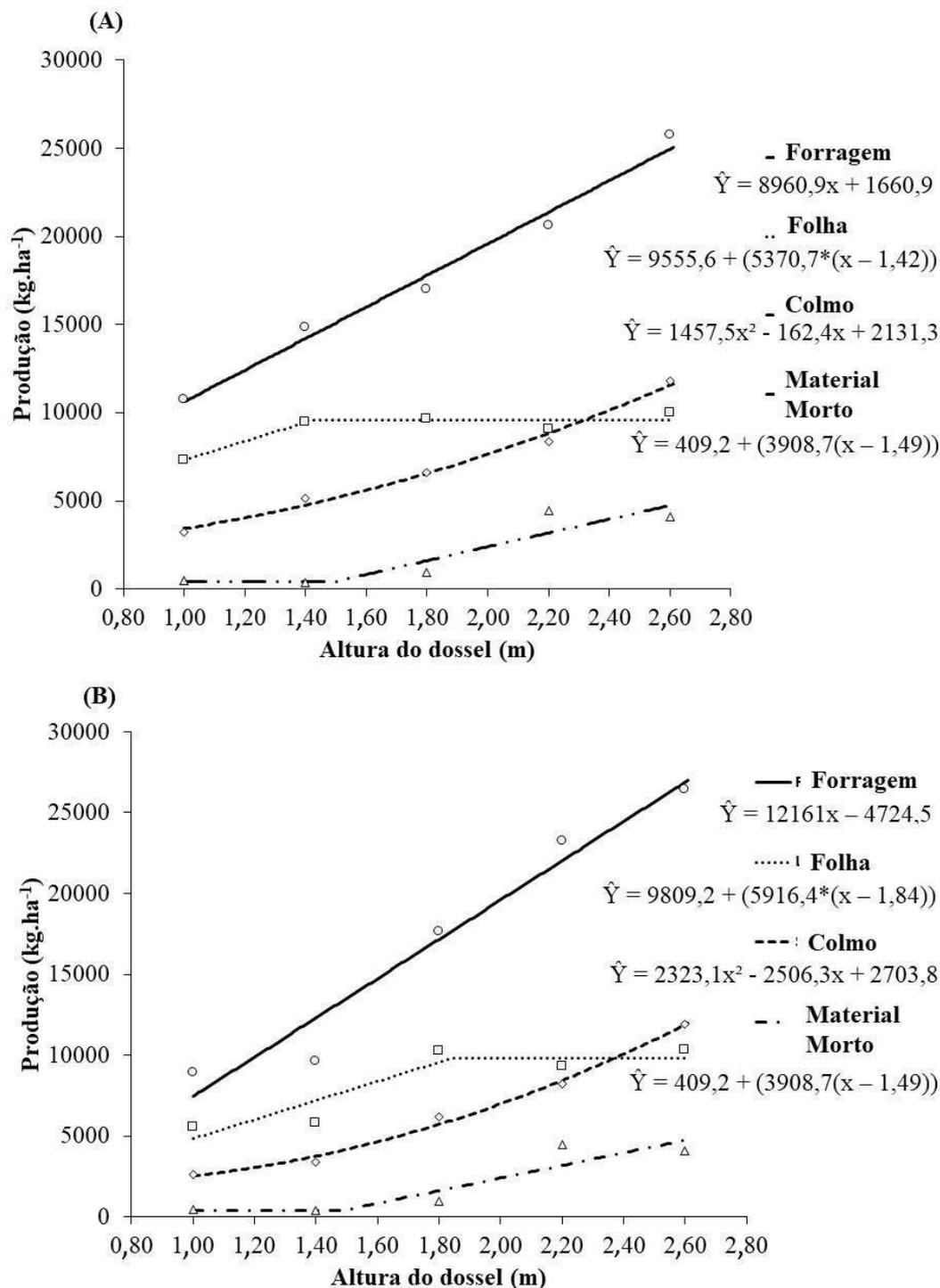
O uso de alturas de dossel afetou a produção de capim-Elefante e seus componentes morfológicos. A produção de MS de forragem aumentou à medida que a altura do dossel aumentou. Os dados de produção de MS de forragem ajustaram-se a modelos lineares (Figura 2) para verão e inverno ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,95$, respectivamente), por cada aumento de um metro na altura do dossel houve um aumento de 8960,9 e 12161,0 kg.ha⁻¹ durante o verão e o inverno, respectivamente.

Os dados de produção de folhas ajustaram-se a um modelo linear com platô para o verão e o inverno ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,94$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$, respectivamente). Durante o verão, a produção de folhas foi igual a 7311,8 kg de MS.ha⁻¹ para os dosséis manejados a 1,00 m de altura (Figura 2). A produção de folhas teve aumento linear até o dossel atingir 1,42 m, em que a produção de folhas foi igual a 9555,6 kg MS.ha⁻¹, após atingir 1,42 m, a produção foliar manteve-se estável. Durante o inverno, dosséis colhidos com 1,00 m de altura tiveram produção de folhas igual a 5531,3 kg de MS.ha⁻¹, esta produção foi crescente até o dossel chegar a 1,84 m quando a produção foliar foi igual a 9809,2 kg de MS.ha⁻¹, a partir desta altura não foi observado incremento na produção de folhas, ou seja, a mesma permaneceu estável.

A produção de colmo aumentou à medida que a altura do dossel aumentou (Figura 2). Os dados de produção de colmo ajustaram-se a modelos quadráticos para verão e inverno ($P < 0,0001$, $R^2 = 0,91$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,88$, respectivamente). Durante o verão, a produção de colmo aumentou de 3231,5 kg de MS.ha⁻¹ em dosséis colhidos a 1,00 m para 9976,2 kg de MS.ha⁻¹ para os dosséis colhidos a 2,60 m. Durante o inverno, a produção de colmo em dosséis colhidos com 1,00 m de altura foi igual a 2630,9 kg de MS.ha⁻¹, já dosséis colhidos a 2,60 m a produção de colmo foi igual a 11928,2 kg de MS.ha⁻¹.

Os dados de produção de material morto ajustaram-se a um modelo linear com platô ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,91$). Não houve diferença entre o modelo ajustado para o verão e para o inverno ($P > 0,05$). A produção de material morto manteve-se estável, igual a 409,2 kg de MS.ha⁻¹ até o dossel atingir 1,49 m de altura, em dosséis com alturas superiores a 1,49 m foi possível observar aumento linear na produção de material morto até o dossel atingir 2,60 m, em que a produção de material morto foi igual a 4098,0 kg MS.ha⁻¹ (Figura 2).

Figura 2. Efeito da Altura do dossel sob a produção de forragem e de componentes morfológicos de capim-Elefante durante o verão (A) e durante o inverno (B).

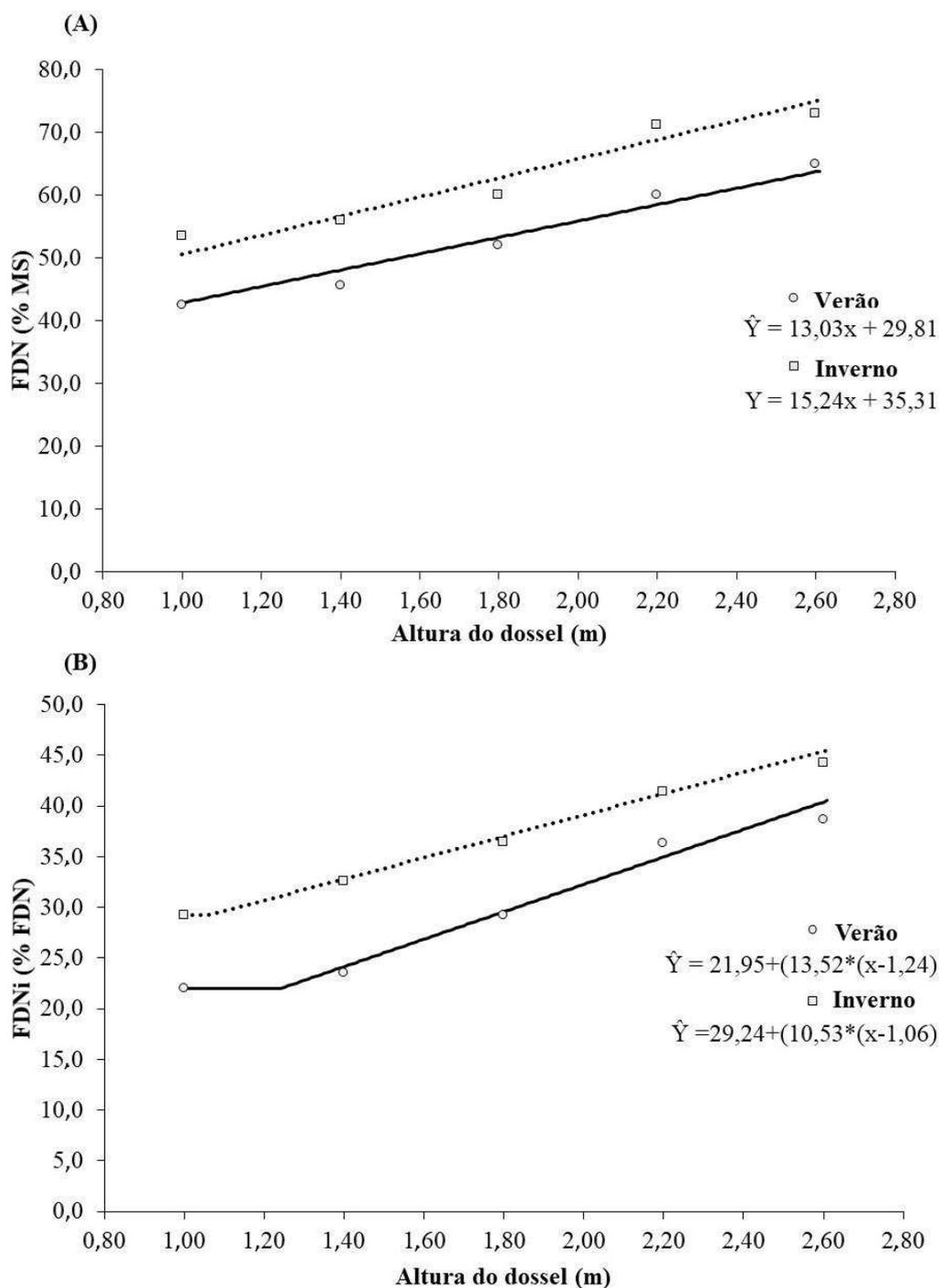


O teor de CSA da gramínea diminuiu à medida que a altura do dossel aumentou. Os dados da CSA ajustaram-se a um modelo linear ($\hat{Y} = -2.1962x + 10.474$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,94$) e não houve diferença entre os modelos do verão e do inverno. Para os dosséis colhidos a uma altura de 1,00 m, o conteúdo de CSA foi igual a 8,26% da MS, e para dosséis colhidas a 2,60

m, o conteúdo de CSA foi igual a 4,99% da MS. Uma redução no conteúdo de PB ocorreu à medida que a altura do dossel aumentou. Os dados de teor de PB também se ajustaram a modelos lineares para o verão ($\hat{Y} = -5,4437x + 20,16$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,94$) e para o inverno ($\hat{Y} = -1,9999x + 10,997$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$). Durante o verão, as gramíneas colhidas a 2,60 m tinham um teor de PB igual a 6,52% de MS, porém o valor observado para as gramíneas colhidas a 1,00 m de altura foi 100% superior, igual a 14,41% de MS. Durante o inverno, a PB foi menor quando comparada com o verão. As gramíneas colhidas a 1,00 m de altura possuíam teor de PB igual a 8,38% da MS e as plantas colhidas a 2,60 m apresentavam 5,45% da MS.

O teor de FDN da gramínea aumentou à medida que a altura do dossel aumentou (Figura 3). Os dados de concentração de FDN ajustaram-se a modelos lineares para o verão ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,94$) e inverno ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,88$). A FDNi da gramínea cultivada durante o inverno foi 9,7% superior do que a gramínea cultivada durante o verão. A concentração de iNDF do capim-Elefante também aumentou à medida que a altura do dossel aumentou (Figura 3). Os dados de FDNi ajustaram-se a modelos lineares com platô para o verão ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,86$) e inverno ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,89$). De acordo com esses resultados, é possível afirmar que a FDNi da gramínea permanece estável até atingir 1,24 e 1,06 m durante o verão e o inverno, respectivamente, depois que a planta atinge essas alturas, o iNDF apresenta aumento linear até atingir 2,60 m.

Figura 3. Efeito da altura do dossel sobre o FDN e FDNi do capim-Elefante durante o verão e o inverno

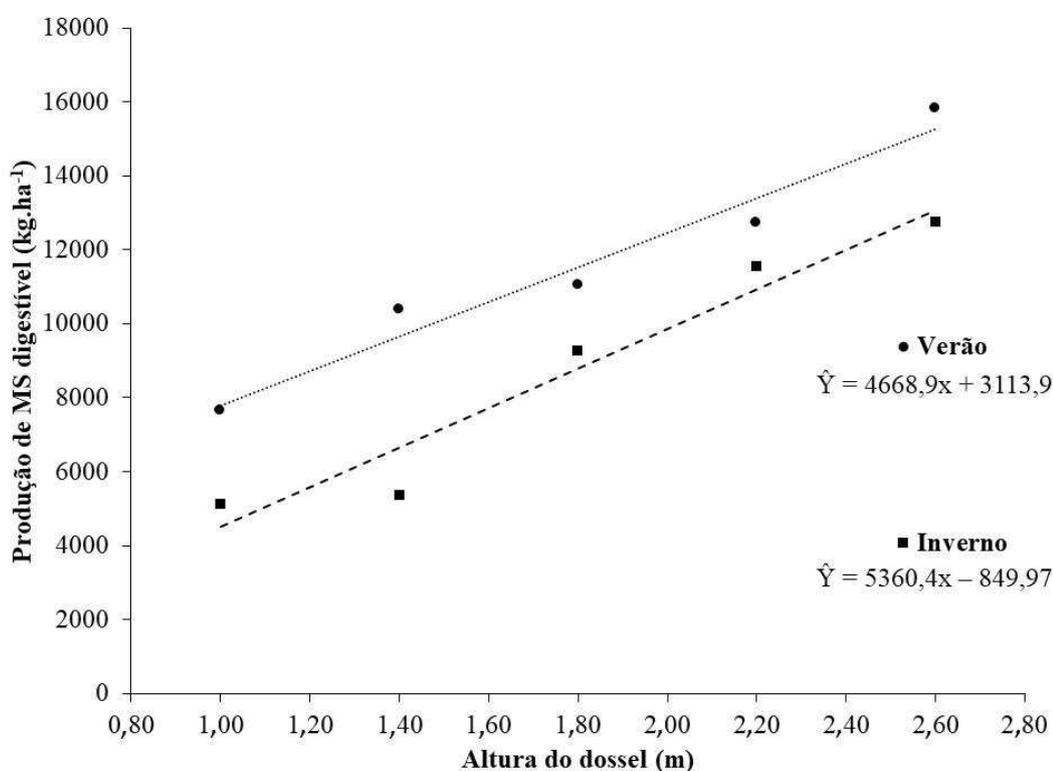


A digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) diminuiu à medida que a altura do dossel aumentou. Os dados DIVMO ajustaram a modelos lineares para o verão ($\hat{Y} = -6,99x + 78,42$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,90$) e inverno ($\hat{Y} = -6,10x + 63,64$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,89$). Durante o verão, a DIVMO diminuiu de 71,25% da MO, em dosséis colhidos a 1,00 m, para 61,35% da

MO para dosséis colhidos a 2,60 m. Para o inverno, a DIVMO diminuiu de 57,43% da MO para 48,21% da MO em dosséis colhidos a 1,00 e 2,60 m, respectivamente.

Os dados de produção de matéria seca digestível por hectare ajustaram-se a modelos lineares (Figura 4) para o verão ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$) e para o inverno ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$). Os dosséis colhidos a 1,00 m de altura apresentaram produção de MS digestível por hectare igual a 7644 kg.ha⁻¹ e 5108 kg.ha⁻¹ durante o verão e o inverno respectivamente. Já os dosséis colhidos com 2,60 m de altura tiveram produção de MS digestível por hectare igual a 15809 kg.ha⁻¹ durante o verão e 12734 kg.ha⁻¹ durante o inverno.

Figura 4. Efeito da altura do dossel sobre a produção de MS digestível por hectare.

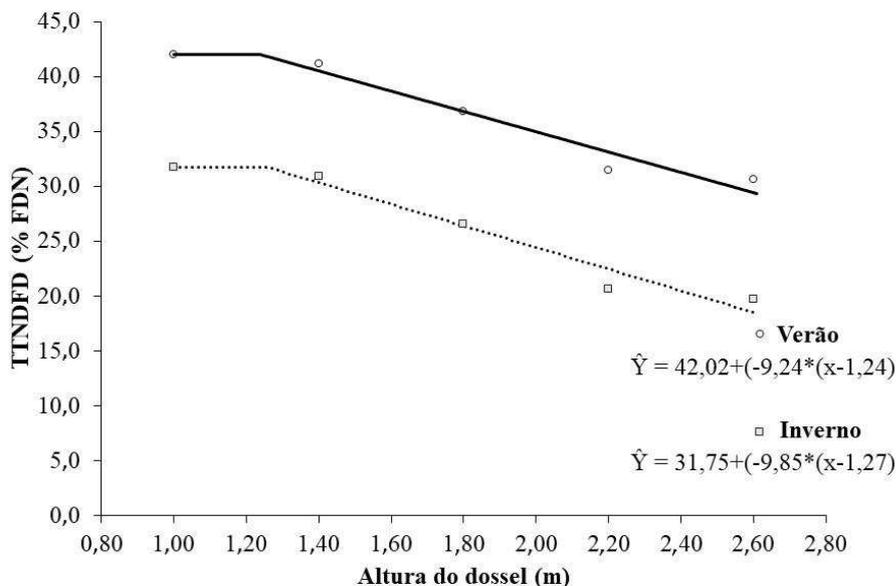


A taxa de digestão (kd) do capim-Elefante diminuiu à medida que a altura do dossel aumentou. Os dados de kd ajustaram a modelos lineares com platô para o verão e inverno ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,88$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,86$, respectivamente). O kd permaneceu estável até o dossel atingir 1,45 m durante o verão e 1,40 m durante o inverno, para dosséis colhidos em alturas superiores a essas, o kd seguiu modelos lineares para o verão ($\hat{Y} = 2,51 + (-0,28 * (x - 1,34))$) e inverno ($\hat{Y} = 1,40 + (-0,49 * (x - 1,40))$).

Os dados de digestibilidade do FDN no trato digestivo total (TTNDFD) ajustaram-se a modelos lineares com platô para o verão e inverno ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,92$; $P < 0,0001$; $R^2 =$

0,90, respectivamente). O valor de TTNDFD manteve-se estável até o dossel atingir 1,24 m, igual a 42,01% NDF durante o verão. Para o inverno, o TTNDFD manteve-se estável, 31,75% NDF, até o dossel chegar a 1,26 m. O TTNDFD do capim-Elefante colhido em alturas superiores a estas seguiram modelos lineares (Figura 5).

Figura 5. Efeito da altura do dossel sobre o TTNDFD do capim-Elefante



4 DISCUSSÃO

O incremento na altura do dossel resultou em aumento na produção de forragem e dos componentes morfológicos (Figura 2). Mesmo as colheitas mais frequentes dos dosséis manejados a 1,00 e 1,40 m não compensaram a produção observada nos dosséis colhidos com menor frequência. A produção de folhas tornou-se estável depois que o dossel atingiu 1,41 m durante o verão e 1,84 m durante o inverno e houve aumento contínuo na produção de colmo e material morto até o dossel atingir 2,60 m (Figura 2). A redução da disponibilidade de luz nos estratos mais baixos do dossel resultou no desenvolvimento de novas folhas nos estratos superiores, onde há maior disponibilidade de luz. Para realizar este mecanismo, a planta realiza o processo de alongamento do caule, resultando no incremento na participação do caule na massa de forragem. Lemaire e Chapman (1996) mostraram que depois que a planta atinge o número máximo de folhas, para cada folha que aparece uma folha antiga morre, isso é o

principal motivo pelo qual a produção de folhas se estabiliza e a produção de material morto aumenta.

O FDN de plantas forrageiras é composto por uma matriz complexa de lignina, pequenas quantidades de proteína e vários polissacarídeos, particularmente celulose e hemicelulose (MOORE; HATFIELD, 1994). O aumento da concentração de FDN da gramínea (Figura 3) é atribuído ao desenvolvimento de estruturas anatômicas que sustentam a planta durante o crescimento, como o esclerênquima, que aumenta sua espessura à medida que a planta se torna mais madura (AKIN, DANNY E. *et al.*, 1977). Outras alterações anatômicas, como o desenvolvimento da parede secundária e a lignificação ocorrem na planta com aumento da maturidade (WILSON; BROWN; WINDHAM, 1983). A síntese da parede celular secundária ocorre em algumas células especializadas e consiste de um espessamento da parede celular com forte resistência mecânica fornecida por uma parede engrossada com celulose, hemicelulose e lignina (HANDAKUMBURA; HAZEN, 2012). O aumento na proporção de FDN da planta causa uma redução na proporção de CSA e PB (GELLEY; NAVE; BATES, 2016), como observado neste estudo.

O FDN_i é a fração do FDN que não está disponível para digestão microbiana em ruminantes. A presença da fração FDN_i nas forragens é atribuída à ligação entre lignina e hemicelulose ou celulose (VAN SOEST, PETER J., 1994). A lignina não é digerida no rúmen e quando ligada a estes outros carboidratos reduz a digestibilidade dos mesmos. Com o aumento da maturidade, a lignificação dos tecidos é intensificada (ØSTREM *et al.*, 2015). Neste estudo, o iNDF manteve-se estável até atingir 1,24 e 1,06 m durante o verão e o inverno, respectivamente, mas em alturas superiores a estas o FDN_i aumentou linearmente com o aumento da maturidade da gramínea (Figura 4), indicando que talvez os processos de lignificação e desenvolvimento de parede secundária começaram a se intensificar após o dossel atingir 1,24 e 1,06 m de altura durante o verão e o inverno, respectivamente.

A extensão e a taxa de digestão dos tecidos das plantas no rúmen dependem da facilidade com que os microrganismos do rúmen penetram e digerem os componentes celulares e é determinada pela composição química e disposição dos tecidos dentro da planta (MCALLISTER *et al.*, 1994). Como a lignina não é degradada por microrganismos, é o principal responsável para dificultar o acesso dos microrganismos ao conteúdo celular e também aos carboidratos degradáveis da parede celular (AKIN, D. E., 1989). O aumento da maturação da gramínea aumenta a lignificação das células resultando em menor taxa de digestão (JUNG; ALLEN, 1995), como observado neste estudo.

A digestibilidade do NDF do trato total está se tornando uma variável comum em laboratórios comerciais e fornece uma medida útil da contribuição da fibra para o valor de energia digestível das gramíneas. O TTNDFD reduz quando o dossel atinge cerca de 1,25 m de altura. Estes dados sugerem que os eventos relacionados à redução na digestibilidade das fibras se iniciam após o dossel atingir esta altura. Tais eventos são os mesmos relacionados ao aumento do FDN e FDN_i mencionados anteriormente. VIEIRA *et al.* (1997) avaliou a digestibilidade de MS e FDN de capim-Elefante *in situ* (*Pennisetum purpureum* Shum. cv. Mineiro) aos 61, 82, 103, 124 e 145 dias após o plantio e concluiu que a digestibilidade ruminal aparente da MS e da FDN era maior quando as plantas atingiram aproximadamente 1,46 e 1,52 m de altura.

Plantas forrageiras de clima tropical são conhecidas por possuírem baixa digestibilidade da FDN, mas durante o verão, o TTNDFD das plantas colhidas em alturas entre 1,00 e 1,40 m está mais próximo de uma silagens de milho de alta digestibilidade (LOPES; COOK; COMBS, 2015). Lopes (2013) avaliou o TTNDFD de várias gramíneas tropicais: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum*, *Cynodon dactylon* e *Pennisetum purpureum* e observou valores iguais a 49,1, 55,0, 48,0 e 51,9% de NDF, respectivamente. Os valores são maiores do que os observados neste estudo, o motivo é que as amostras foram coletadas em pastagens com menos de 30 dias de rebrota e o método de amostragem foi o pastejo simulado. Ruh (2016) comparou o TTNDFD de gramíneas temperadas e tropicais e identificou que não há diferença entre ambas.

Os valores baixos de TTTNDFD observados durante o inverno (Figura 5) podem ser atribuídos às condições adversas para o crescimento da planta durante esta estação, como baixas temperaturas e disponibilidade de água. O estresse hídrico induz mudanças na quantidade de plantas: mudanças na estrutura e biomassa da planta, e também na qualidade: mudanças na concentração e alocação de nutrientes, menor teor de água e maior resistência à folha (SHAO *et al.*, 2008). A diminuição da digestibilidade das fibras da gramínea durante o inverno é devido às adaptações feitas pela grama para resistir ao estresse hídrico, como redução do tamanho das células, aumento do tecido vascular e espessura da parede celular e lignificação (LENHART; EUBANKS; BEHMER, 2015; PITMAN *et al.*, 1983). Buxton (1996) observou que, sob estresse hídrico grave, as plantas podem ficar dormentes, resultando em translocação de nutrientes das folhas para as raízes e conseqüentemente menor qualidade da forragem.

5 CONCLUSÃO

A maior produção de matéria digestível de forragem por hectare ocorre quando a planta é cultivada com 2,60 m de altura.

6 REFERÊNCIAS

- AKIN, D. E. et al. Changes with maturity in anatomy, histochemistry, chemistry, and tissue digestibility of bermudagrass plant parts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 25, n. 1, p. 179–186, jan. 1977.
- AKIN, D. E. Histological and Physical Factors Affecting Digestibility of Forages. *Agronomy Journal*, v. 81, n. 1, p. 17, 1989.
- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). Official methods of analysis. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.
- BUXTON, D. R. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, v. 59, n. 1–3, p. 37–49, jun. 1996.
- COMBS, D. K. TTNDFD: A new approach to evaluate forages. 2013. Disponível em: <https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/36476/CNC2013_Combs_manu.pdf;sequence=1>.
- DE SÁ JÚNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 108, n. 1–2, p. 1–7, 27 abr. 2012.
- DISCHE, Z. New Color Reactions for Determination of Sugars in Polysaccharides. *Methods of Biochemical Analysis*. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 1955. v. 2. p. 313–58.
- FEDENKO, J. R. et al. Biomass Production and Composition of Perennial Grasses Grown for Bioenergy in a Subtropical Climate Across Florida, USA. *BioEnergy Research*, v. 6, n. 3, p. 1082–1093, 11 jun. 2013.
- FERREIRA, D. DE J. et al. Silage fermentation and chemical composition of elephant grass inoculated with rumen strains of *Streptococcus bovis*. *Animal Feed Science and Technology*, v. 183, n. 1–2, p. 22–28, jun. 2013.
- GELLEY, C.; NAVE, R. L. G.; BATES, G. Forage Nutritive Value and Herbage Mass Relationship of Four Warm-Season Grasses. *Agronomy Journal*, v. 108, n. 4, p. 1603, 2016.
- HANDAKUMBURA, P. P.; HAZEN, S. P. Transcriptional Regulation of Grass Secondary Cell Wall Biosynthesis: Playing Catch-Up with *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in plant science*, v. 3, p. 74, 2012.
- HOLDEN, L. A. Comparison of Methods of In Vitro Dry Matter Digestibility for Ten Feeds. *Journal of Dairy Science*, v. 82, n. 8, p. 1791–1794, ago. 1999.

JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of animal science*, v. 73, n. 9, p. 2774–90, set. 1995.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J.; Illius, A.W. (Eds.) *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36.

LENHART, P. A.; EUBANKS, M. D.; BEHMER, S. T. Water stress in grasslands: dynamic responses of plants and insect herbivores. *Oikos*, v. 124, n. 3, p. 381–390, 1 mar. 2015.

LOPES, F.; COOK, D. E.; COMBS, D. K. Effects of varying dietary ratios of corn silage to alfalfa silage on digestion of neutral detergent fiber in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 9, p. 6291–6303, 2015.

LOPES, F.; RUH, K.; COMBS, D. K. Validation of an approach to predict total-tract fiber digestibility using a standardized in vitro technique for different diets fed to high-producing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 4, p. 2596–2602, 2015.

MCALLISTER, T. A. et al. A review of the microbial digestion of feed particles in the rumen. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 7, n. 3, p. 303–316, 1 set. 1994.

MOORE, K.; HATFIELD, R. Carbohydrates and forage quality. *Forage quality, evaluation, and utilization*, v. accesspubl, n. foragequalityev, p. 53706, 1994.

ØSTREM, L. et al. Festulolium fibre characteristics and digestibility as affected by maturity. *Grass and Forage Science*, v. 70, n. 2, p. 341–352, 1 jun. 2015.

PEREIRA, L. E. T. et al. Grazing management and tussock distribution in elephant grass. *Grass and Forage Science*, v. 70, n. 3, p. 406–417, set. 2015.

PITMAN, W. D. et al. Histological Differences in Moisture-Stressed and Nonstressed Kleingrass Forage1. *Crop Science*, v. 23, n. 4, p. 793, 1983.

RENGSIRIKUL, K. et al. 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, n. 3, p. 135–141, 1 set. 2011.

SHAO, H.-B. et al. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies*, v. 331, n. 3, p. 215–225, mar. 2008.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. *Tropical Grasses*. Plant Production and Protection Series. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1989. p. 234–262.

TESSEMA, Z. K.; MIHRET, J.; SOLOMON, M. Effect of defoliation frequency and cutting height on growth, dry-matter yield and nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach). *Grass and Forage Science*, v. 65, n. September, p. 421–430, 2010.

TIBAYUNGWA, F.; MUGISHA, J. Y. T.; NABASIRYE, M. Modelling the effect of supplementing elephant grass with lablab and desmodium on weight gain of dairy heifers under stall-feeding system. *African Journal of Agricultural Research*, v. 6, n. 14, p. 3232–3239, 2011.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. [S.l.]: Comstock Pub, 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, v. 74, n. 10, p. 3583–3597, out. 1991.

VICENTE-CHANDLER, J.; SILVA, S.; FIGARELLA, J. The Effect of Nitrogen Fertilization and Frequency of Cutting on the Yield and Composition of Three Tropical Grasses¹. *Agronomy Journal*, v. 51, n. 4, p. 202, 1959.

VIEIRA, R. A. M. et al. The influence of elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum., Mineiro variety) growth on the nutrient kinetics in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*, v. 67, n. 2–3, p. 151–161, jul. 1997.

WILSON, J. R.; BROWN, R. H.; WINDHAM, W. R. Influence of Leaf Anatomy on the Dry Matter Digestibility of C3, C4, and C3/C4 Intermediate Types of Panicum Species¹. *Crop Science*, v. 23, n. 1, p. 141, 1983.

ARTIGO 3 - CARACTERÍSTICAS DA SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE INFLUENCIADA PELA ALTURA DO DOSSEL

RESUMO

A altura ideal do dossel para colher capim-Elefante para ensilagem não foi determinada. O objetivo deste estudo foi determinar a altura do dossel de capim-Elefante que proporciona melhores produtos finais de fermentação, contagens microbianas, valor nutritivo e menores perdas de efluentes. O experimento foi realizado em 25 parcelas de 28,8 m² com seis linhas cada. As alturas do dossel avaliadas foram: 1,00, 1,40, 1,80, 2,20 e 2,60 m. As plantas foram colhidas manualmente, ao nível do solo, quando o dossel atingiu as alturas mencionadas anteriormente. Para preparar as silagens, as plantas foram picadas com tamanho teórico de partícula igual a 20 mm e foram compactadas em silos laboratoriais com capacidade para 20 L até atingir densidade de 688 kg/m³. Para mensurar a produção de efluentes, foram colocados 10 kg de areia no fundo dos silos. Os silos foram selados com tampas de plástico, pesados e mantidos à temperatura ambiente durante 60 d. Os modelos: linear (LIN) e quadrático (QUA) foram testados usando o PROC REG e os modelos exponencial (EXP), linear com platô (LWP) e sigmoide (SIG) foram testados pelo PROC NLIN do SAS. O critério de informação Akaike foi usado para selecionar o melhor modelo. Ocorreu aumento linear ($\hat{Y} = 12,66x + 37,40$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,97$) no teor de FDN das silagens conforme aumentou a altura do dossel. Os dados de FDN_i ajustaram-se a um modelo QUA ($\hat{Y} = 3,2466x^2 - 3,6367x + 24,004$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,94$). O DIVMO das silagens apresentou aumento linear ($\hat{Y} = -11,52x + 85,48$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,90$) com o aumento da altura do dossel. Os dados de produção de efluentes se encaixam em modelo quadrático ($\hat{Y} = 16,71x^2 - 93,29x + 174,76$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,95$). Os tratamentos não afetaram ($P > 0,05$) o perfil fermentativo das silagens. O pH das silagens foi de 4,34 em média. Os teores de ácido láctico, acético e butírico foram, em média, de 5,9, 1,38 e 0,55 % com base na MS, respectivamente. As silagens também não diferiram em teor de N-NH₃, 3,69% em média. O perfil microbiológico também não foi afetado com os tratamentos ($P > 0,05$). A contagem de bactérias ácido lácticas foi igual a 5,8 log ufg⁻¹ em média, e não foi possível identificar crescimento de leveduras e fungos. As silagens permaneceram estáveis por 288 h.

Palavras chave. Silagem. Efluente. Capim-Elefante. Estabilidade aeróbia

1 INTRODUÇÃO

A prática da silagem no Brasil começou no final do século XIX. Em 1935, a pesquisa sobre silagens de capins tropicais começou a ser conduzida, no entanto, pesquisas mais intensivas iniciaram na década de 1970, principalmente com capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* S.) (NUSSIO et al., 2002). Entre as forragens tropicais, o capim-Elefante destaca-se pela alta produtividade e adaptação a diversas condições de solo e clima (SKERMAN; RIVEROS, 1989). Esta espécie também apresenta tolerância a pragas e doenças (FARRELL; SIMONS; HILLOCKS, 2002), e também é importante mencionar a característica multifuncional desta forrageira, pode ser utilizada como capineira, pastagem, silagem e, recentemente, para produção de bioenergia (FERREIRA et al., 2013; PEREIRA et al., 2015; RENGSIRIKUL et al., 2011; TESSEMA; MIHRET; SOLOMON, 2010).

As gramíneas tropicais ocupam a quarta posição no ranking das culturas utilizadas para a produção de silagens no Brasil (BERNARDES, T F; DO RÊGO, 2014), no entanto, apresentam características consideradas desfavoráveis para a ensilagem, principalmente devido ao alto teor de umidade, o que resulta em produção de efluentes e perfil fermentativo indesejável (PAHLOW et al., 2003). O efluente produzido a partir de silagens é composto principalmente por compostos nitrogenados (aminoácidos e amônia), ácidos orgânicos e também carboidratos solúveis em água. As perdas desses nutrientes podem interferir no processo de fermentação e também no valor nutritivo da silagem (WINTERS; FYCHAN; JONES, 2001).

Algumas alternativas podem ser utilizadas para reduzir a produção de efluentes e melhorar o perfil de fermentação de silagens de capim-Elefante. O uso de aditivos absorventes pode ser viável devido à redução da umidade da massa ensilada. Vários alimentos podem ser utilizados como o milho moído, a polpa cítrica e/ou os resíduos de indústrias de alimentos (BERNARDES et al., 2005; MOREIRA, 2005; YANG et al., 2004; ZANINE et al., 2010). Os inoculantes também podem ser usados para melhorar o perfil fermentativo de silagens de gramíneas (WEINBERG et al., 1996). Ambas as alternativas podem ser usadas para tentar melhorar a qualidade da silagem, mas o agricultor sempre dependerá de algumas dessas estratégias para produzir silagem de boa qualidade. Se o agricultor pudesse estabelecer uma estratégia de colheita que pudesse melhorar a qualidade da ensilagem sem usar nenhum inoculante ou aditivo, tornaria o processo mais barato e menos laborioso.

Não há dados na literatura que avaliem a qualidade da silagem de capim-Elefante de acordo com o crescimento da gramínea, ou seja, não há dados na literatura sobre como a altura do dossel do capim Elefante influencia o perfil fermentativo e a produção de efluentes das

silagens produzidas com esta grama. O objetivo deste estudo foi determinar a altura do dossel de capim-Elefante que proporciona melhores produtos finais de fermentação, contagens microbianas, valor nutritivo e menores perdas de efluentes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras (21° 14' 43" S, 44° 59' 59" W e elevação de 918 m), Estado de Minas Gerais, Brasil. A área experimental tem aproximadamente 770 m² divididos em 25 parcelas de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameroon), cada parcela era composta por seis linhas com seis metros de comprimento. A área foi plantada com 80 cm entre as fileiras, as mudas vieram de outra área de capim-Elefante da mesma universidade. O clima regional é classificado como úmido mesotérmico subtropical com inverno seco, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima pode ser considerado como Cwa (de Sá Júnior et al., 2012).

Foram avaliadas cinco alturas de dossel de capim-Elefante: 1,00, 1,40, 1,80, 2,20 e 2,60 m. As colheitas de forragem foram realizadas quando a altura média das plantas de cada parcela atingiu sua respectiva altura de manejo. Uma régua de três metros foi usada para medir a altura do dossel do nível do solo até a inflexão da folha mais alta.

O solo, antes do início do experimento, apresentou as seguintes características: pH = 6,2, matéria orgânica = 3,4%, P = 1,4 mg.dm⁻³, K = 44,0 mg.dm⁻³, Ca = 2,0 cmol_c.dm⁻³, Mg = 0,60 cmol_c.dm⁻³, H + Al = 3,2 cmol_c.dm⁻³, Al = 0,10 cmol_c.dm⁻³, capacidade de troca catiônica (t) = 2,9 cmol_c.dm⁻³ e saturação por bases = 45,9%. No início da segunda estação chuvosa (outubro de 2015), realizou-se outra análise de solo, que apresentou os seguintes resultados: pH = 6,2, matéria orgânica = 4,0%, P = 2,0 mg.dm⁻³, K = 75 mg.dm⁻³, Mg = 0,7 cmol_c.dm⁻³, H + Al = 2,6 cmol_c.dm⁻³, Al = 0,1 cmol_c.dm⁻³, Ca = 3,1 cmol_c.dm⁻³, Mg = 0,70 cmol_c.dm⁻³, capacidade de troca catiônica (t) = 4,2 cmol_c.dm⁻³ e saturação por bases = 61,0%.

Todas as parcelas foram fertilizadas anualmente com 400 kg de N na forma sulfato de amônio, 200 kg de K₂O na forma de cloreto de potássio e 60 kg de P₂O₅ na forma de superfosfato simples por hectare, de acordo com a recomendação proposta por Ribeiro et al. (1999). A quantidade total de fertilizantes foi distribuída em cada parcela, a cada duas semanas, durante todo o período experimental e correspondeu a 14,81; 2,22 e 7,40 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, respectivamente, em cada adubação. Os cortes para produção de silagem ocorreram de novembro de 2014 a fevereiro de 2015

Para produção de silagem, foram utilizados baldes com uma capacidade de 20 litros como silos experimentais. Foram colocados dez quilogramas de areia seca no fundo dos baldes para a avaliação quantitativa dos efluentes. A densidade média dos silos era de 688 kg de material fresco.m⁻³. Os silos foram mantidos fechados por 60 dias. Depois que os silos foram abertos, amostras de silagem foram coletadas para determinar características químicas e microbiológicas, e também para o teste de estabilidade aeróbia.

O teor de MS foi determinado com estufa de circulação forçada de ar a 55 ° C durante 72h (AOAC, 1990). Após este processo as amostras foram moídas em um moinho do tipo Wiley com peneira de crivo de 2 mm, uma alíquota de 10 g foi armazenada para avaliação da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e o restante foi moído novamente através de uma peneira com crivo de 1 mm para análise de proteína bruta (PB, AOAC, 1990), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) com amilase (FDN) com auxílio do equipamento ANKOM200 (ANKOM technology). O FDN indigestível (iNDF) foi determinado por incubação *in situ* durante 240 h. O conteúdo de carboidratos solúveis em água (CSA) foi medido de acordo com (Dische (1955), a avaliação DIVMO foi realizada de acordo com Holden (1999) por meio da incubadora TE-150 (Tecnal Equipamentos para Laboratório), a digestibilidade *in vitro* de NDF de trato total (TTNDFD) foi medida de acordo com (LOPES; COOK; COMBS, 2015).

Para a determinação do pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃), ácidos orgânicos e etanol das silagens, obteve-se um extrato aquoso (1:10) com água destilada. O pH foi medido com potenciômetro (HI 2221, Hanna Instruments) e nitrogênio amoniacal por meio de um eletrodo seletivo combinado para a determinação do íon de amônio (Orion Star 95-12, Thermo Scientific). O cromatógrafo de fase líquida (Shimadzu LC-10Ai, Shimadzu Corporation) foi utilizado para a determinação de ácidos orgânicos e etanol. Os ácidos orgânicos foram detectados por absorvância de UV e índice de refração (210nm), e o etanol foi identificado usando o detector de índice de refração (CARVALHO *et al.*, 2012).

Para avaliar as bactérias do ácido láctico, leveduras e fungos filamentosos, um extrato aquoso (diluição 1:10) foi preparado com água peptonada (1 g por litro de água) e homogeneizado por quatro minutos em um homogeneizador (Stomacher 400, Seward). A técnica de plaqueamento em superfície foi utilizada para realizar a quantificação dos microrganismos. Para as leveduras e fungos filamentosos utilizou-se o meio de cultura YGC Agar (Fluka, Sigma Aldrich Quimica Brasil Ltda) e diluições em série (10⁻² a 10⁻⁶) foram preparadas em duplicata (TABACCO *et al.*, 2009) para cada unidade experimental. Após a incubação a 28 ° C durante cinco dias, as placas foram contadas. Para a contagem de bactérias

ácido lácticas, utilizou-se a mesma técnica descrita para leveduras e fungos filamentosos, porém o meio utilizado foi MRS Agar (Himedia, Biosystems Trade Import and Export and Laboratory Equipment) e a incubação foi a 35 °C por três dias para posterior contagem das placas.

Para o teste de estabilidade aeróbia, aproximadamente 3 kg de silagem foram colocados em baldes de plástico e cobertos com papel alumínio para evitar impurezas e desidratação. Os baldes foram mantidos à temperatura ambiente durante 288 horas (12 dias). A temperatura da sala e das silagens foi medida em intervalos constantes de 30 minutos por um sistema de aquisição de dados informatizado e eletrônico (Escort Console Pro 2.07.09, Cryopak). A estabilidade aeróbia foi definida como o número de horas em que a silagem permaneceu estável antes de atingir 2 °C acima da temperatura ambiente (MORAN *et al.*, 1996).

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com cinco repetições. O software SAS foi utilizado para análise de dados. Vários modelos foram testados para verificar o ajuste dos dados para cada variável. Os modelos linear e quadrático foram testados usando o PROC REG e os modelos linear com platô, exponencial e sigmoide foram testados por meio do PROC NLIN. O melhor modelo para cada variável foi estabelecido usando o critério de Akaike. Após estabelecer o modelo geral, que incluiu os dados de verão e inverno, para cada variável, também foi testado o ajuste de modelos para cada período, chuvoso e seco. Para cada variável, foi realizado, um teste f que considerou o modelo geral e os modelos para cada período e assim foi possível identificar se houve diferença ($P < 0,05$) entre os modelos de cada período. A ausência de diferença entre os períodos para uma mesma variável, permitiu o uso do modelo geral.

O modelo estatístico utilizado para análise dos dados foi:

$$Y_{kij} = \mu + B_i + A_j + e$$

onde:

Y_{kij} = valor observado do bloco i, altura j, no período k;

μ = constante geral (média da população);

B_i = efeito de bloco i, $i = 1, 2, 3, 4, 5$;

A_j = efeito da altura do dossel j, $j = 1,00; 1,40; 1,80; 2,20; 2,60$;

e = erro em que altura do dossel j será testado

3 RESULTADOS

A altura do dossel afetou o teor de MS da gramínea. Os dados de teor de MS ajustaram-se a um modelo linear ($\hat{Y} = 5.45x + 7.104$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,93$). O valor mais baixo foi

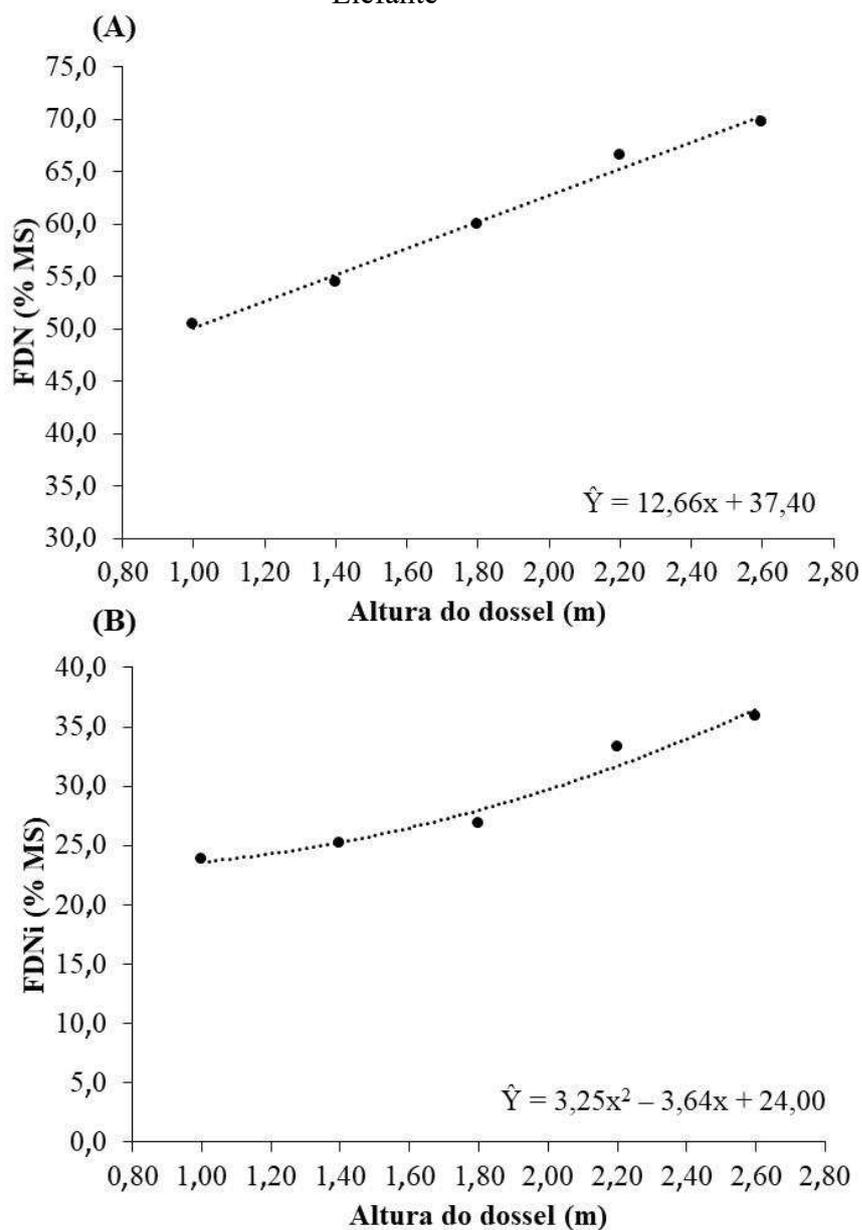
observado para as plantas colhidas com 1,00 m de altura, 11,6%, e o maior valor foi observado para as plantas colhidas a 2,60 m de altura.

O conteúdo da CSA e PB das plantas diminuiu à medida que a altura do dossel aumentou. Os dados de CSA ajustaram-se a um modelo quadrático ($\hat{Y} = -1.24x^2 + 2.67x + 7.11$; $P < 0.0001$; $R^2 = 0.93$), e os dados de PB também se ajustaram ao mesmo tipo de modelo ($\hat{Y} = -3.41x^2 - 16.99x + 29.59$; $P < 0.0001$; $R^2 = 0.97$). O FDN da gramínea aumentou à medida que a altura do dossel aumentou. Os dados encaixaram-se em um modelo linear ($\hat{Y} = 12.87x + 32.89$; $P < 0.0001$; $R^2 = 0.96$), variando de 46,9 a 65,4 % da MS para as plantas colhidas a 1,00 e 2,60 m, respectivamente. O FDNi da gramínea também aumentou a medida que a altura do dossel aumentou. Os dados de FDNi se ajustaram a um modelo quadrático ($\hat{Y} = 2,64x^2 - 0,21x + 22,09$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,96$), e foi possível verificar aumento do teor de FDNi com aumento da altura do dossel (Figura X).

Quanto aos resultados das silagens de capim-Elefante, o conteúdo de MS não diferiu entre as silagens ($P > 0,05$). O maior valor foi observado em silagens preparadas com plantas colhidas com 2,60 m, 26,1% e os valores mais baixos foram observados nas silagens produzidas com plantas colhidas a 2,20 e 1,80 m de altura, em torno de 21%. O teor de cinzas das silagens não diferiu entre os tratamentos ($P > 0,05$), com uma média de 8,35% da MS. O teor de PB das silagens diminuiu à medida que a altura do dossel aumentou, os dados ajustaram-se a um modelo quadrático ($\hat{Y} = 3,18 + (-1,32 * (x-1,85))$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,96$). Os dados de teor da CSA das silagens ajustaram-se a um modelo linear com platô ($\hat{Y} = -0,9643x^2 + 0,5814x + 8.8743$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,93$). O teor de CSA manteve-se estável (3,18% da MS) para as silagens preparadas com plantas colhidas até 1,85 m de altura. As silagens preparadas com plantas mais altas que 1,85 m apresentaram redução linear no teor de CSA.

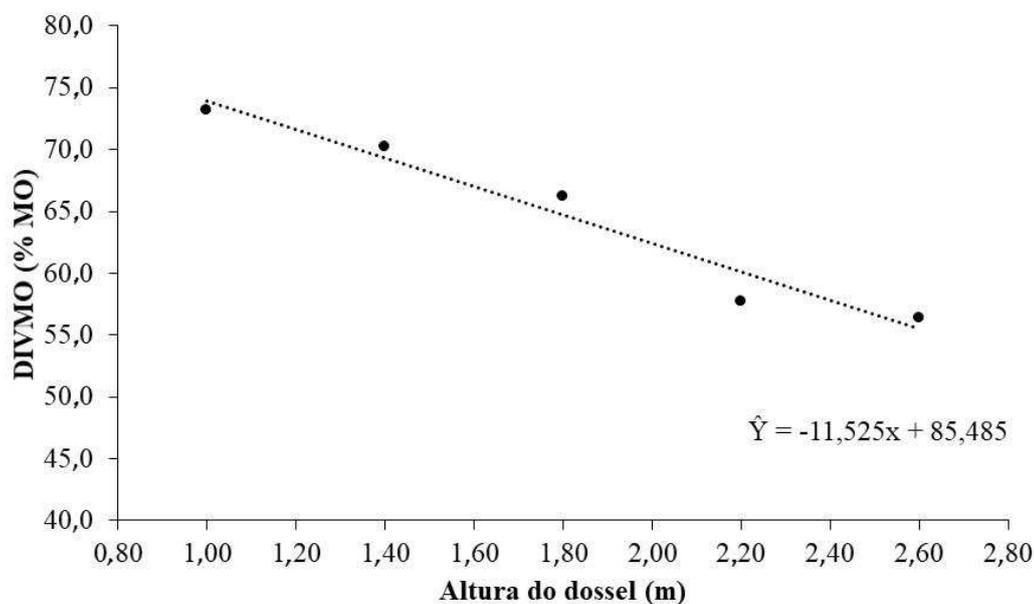
Os dados de FDN das silagens seguiu a mesma tendência que o FDN das plantas usadas para preparar as silagens. Observou-se um aumento linear ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,97$) no teor de FDN das silagens à medida que a altura do dossel aumentou (Figura 1). O teor de FDN atingiu 69,75% da MS quando a silagem foi preparada com plantas colhidas a 2,60 m de altura. Há diferença ($P < 0,0001$) entre os modelos FDN da planta e da silagem. Os valores de FDN observados nas silagens são superiores aos valores observados nas plantas antes da ensilagem. O FDNi das silagens também aumentou com o aumento da altura do dossel (Figura 1) e os dados se ajustaram em um modelo quadrático ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,94$). Não há diferença ($P > 0,05$) entre o modelo iNDF das plantas previamente a ensilagem e as silagens.

Figura 1. Efeito da altura do dossel em FDN (A) e FDNi (B) de silagens de capim-Elefante



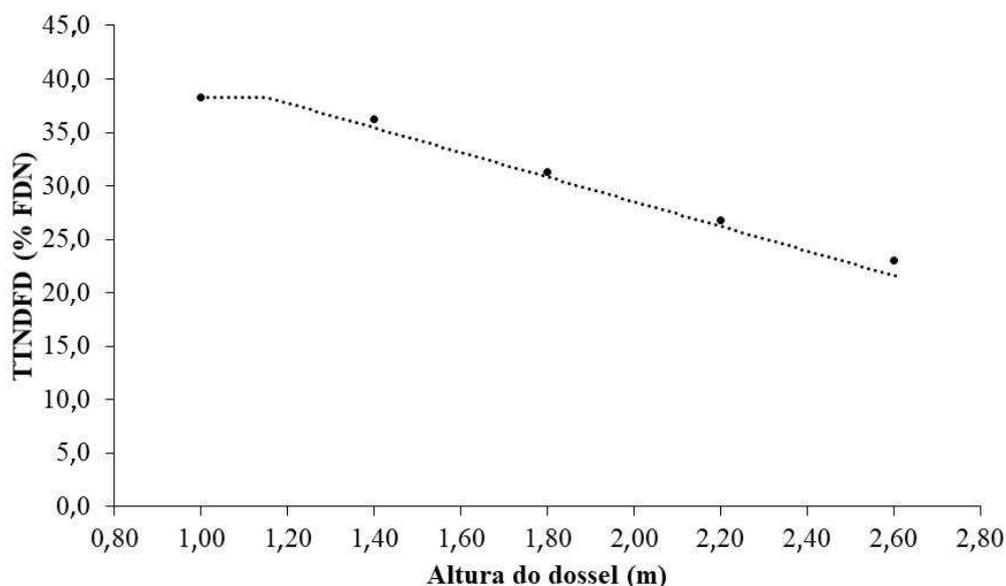
A DIVMO das silagens apresentou redução linear ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,90$) com o aumento da altura do dossel (Figura 2). As silagens preparadas com plantas colhidas a 1,00 m de altura apresentaram DIVMO de 73,2% da MS, quase 20% superior quando comparada às silagens preparadas com plantas colhidas a 2,60 m de altura.

Figura 2. Efeito da altura do dossel no DIVMO de silagens de capim-Elefante.



Os dados de TTNDFD se encaixam em um modelo linear com platô ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,97$). De acordo com o modelo, o TTNDFD das silagens permanece estável até o dossel atingir uma altura de 1,15 m, para silagens de plantas colhidas em alturas superiores a esta pode-se observar uma redução linear no TTNDFD, atinge valor igual 23% da FDN quando a silagem é preparada em plantas colhidas a 2,60 m (Figura 3).

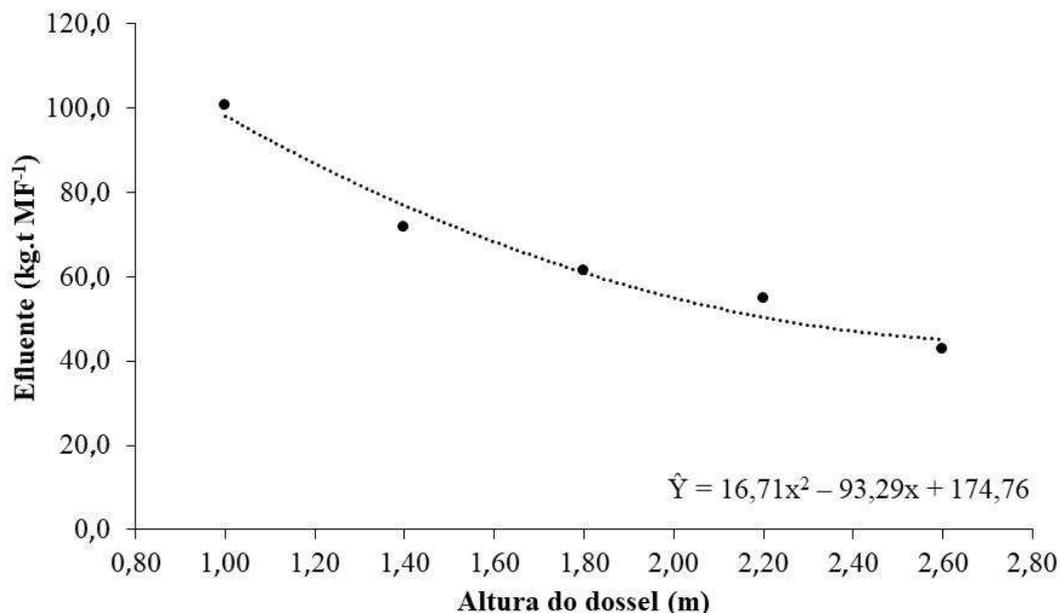
Figura 3. Efeito da altura do dossel sobre o TTNDFD de silagens de capim-Elefante.



Os dados de produção de efluentes se ajustaram a um modelo quadrático ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,95$). A produção de efluentes diminuiu à medida que a altura do dossel aumentou (Figura 4). O coeficiente de correlação de Pearson entre o teor de MS da planta antes da ensilagem e a

produção de efluentes da silagem foi calculado e foi possível verificar alta correlação negativa entre as duas variáveis, igual a -0,95.

Figura 4. Efeito da altura do dossel na produção de efluentes de silagens de capim-Ellefante



Os tratamentos não afetaram ($P > 0,05$) o perfil fermentativo da silagem; O pH das silagens foi igual a 4,34 em média. Os teores de ácido lático, acético e butírico foram, em média, de 5,9, 1,38 e 0,55 % com base na MS, respectivamente. As silagens também não diferiram em teor de $\text{NH}_3\text{-N}$, em média, 3,69%. Não foi possível identificar a presença de etanol e 1-2 propanodiol nas silagens.

O perfil microbiológico também não mudou de acordo com os tratamentos ($P > 0,05$). A contagem de bactérias ácido lácticas foi igual a $5,8 \log \text{ufg}^{-1}$ em média, e não foi possível identificar crescimento de leveduras e fungos filamentosos durante a avaliação microbiológica. Os tratamentos não afetaram a estabilidade aeróbia das silagens, que permaneceram estáveis durante todo o período de avaliação, 288 h.

4 DISCUSSÃO

A altura do dossel em que as plantas foram colhidas afetou as características tanto da planta antes da ensilagem, quanto da silagem. Um dos fatores afetados pela altura do dossel foi o teor de MS das plantas. Vários fatores podem afetar o teor de MS da gramínea, no entanto condições ambientais como a umidade e precipitação são os fatores que mais afetam o teor de umidade em plantas forrageiras (VICENTE-CHANDLER; SILVA; FIGARELLA, 1959). O

período de rebrotação também afeta o teor de MS de gramíneas, como observado por (SANTOS *et al.*, 2014), em que as gramíneas que foram colhidas mais baixas, conseqüentemente, com menor período de rebrotação, apresentaram maior teor de umidade, como observado neste estudo.

As gramíneas e as silagens apresentaram aumento na proporção de FDN com o aumento da altura do dossel (Figura 1), bem como diminuição na CSA e PB em ambos, na planta antes da ensilagem e na silagem. À medida que a maturidade das plantas aumenta, estas precisam aumentar a proporção de tecidos de suporte e também de lignina para manterem-se eretas. Esses tecidos, como o esclerênquima e a parede secundária, compõem a porção de fibra da planta e estão relacionados ao teor de FDN e FDNi da gramínea (AKIN *et al.*, 1977). Conforme a proporção de FDN aumenta, as proporções de outros nutrientes diminuem, o que explica a redução do teor de CSA e PB na gramínea e nas silagens com o aumento da altura do dossel.

De acordo com (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991), o teor mínimo de carboidratos solúveis em água recomendado para assegurar a fermentação adequada da silagem, varia entre 6% e 12% da MS. Contrariamente ao que é mencionado na literatura (NUSSIO *et al.*, 2002), o teor de CSA de capim-Elefante é considerado adequado para produzir silagem de boa qualidade, como observado neste estudo. Desta *et al.* (2016) avaliou a CSA em capim Napier (*Pennisetum purpureum* S.) e também verificou que o conteúdo de CSA da grama é suficiente para fornecer um bom perfil de fermentação para as silagens.

Em relação aos resultados do DIVMO e TTNDfD da silagem (Figura 3), a redução observada para essas variáveis pode ser atribuída ao aumento da proporção de tecidos lignificados, o mesmo relacionado ao aumento nos teores de FDN e FDNi (Figura 1). As silagens preparadas com plantas colhidas até 1,33 m têm TTNDfD semelhante à silagem de milho de baixa digestibilidade (LOPES; COOK; COMBS, 2015). Lopes (2013) avaliou o TTNDfD de várias gramíneas tropicais: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum*, *Cynodon dactylon* e *Pennisetum purpureum* e observou valores iguais a 49,1, 55,0, 48,0 e 51,9% do FDN, respectivamente. Os valores são maiores que os observados neste estudo, o motivo é o fato de que as amostras foram coletadas em pastagens com menos de 30 dias de rebrota por meio de pastejo simulado.

Os valores de pH observados neste estudo são típicos de silagens de capins tropicais encontrados na literatura (ÁVILA *et al.*, 2009; LI *et al.*, 2014; MAURO *et al.*, 2013; PINHO *et al.*, 2013). Geralmente, o pH das silagens de capins é superior ao observado em silagens de milho (HUISDEN *et al.*, 2009; KUNG *et al.*, 1993; QUEIROZ *et al.*, 2013). O principal produto de fermentação responsável pela queda do pH é o ácido láctico produzido pelas BAL.

Populações de BAL superiores a $5 \log \text{ufc.g}^{-1}$ são consideradas a população de BAL mínima necessária para garantir fermentação adequada da silagem (MUCK, 1991). As silagens podem ser consideradas bem conservadas quando o teor de ácido láctico é superior a 6% da MS (PAHLOW *et al.*, 2003). Neste estudo a contagem de BAL evidenciou a presença de população satisfatória de BAL para garantir fermentação adequada da silagem, no entanto as condições encontradas por estas bactérias foram desfavoráveis para seu desenvolvimento e as mesmas se mantiveram em forma latente. De acordo com McDonald *et al.* (1991), teor de MS superior a 25% é suficiente para garantir a produção de silagens com perfil fermentativo adequado, pH inferior a 4,0 e pouca evidência de desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, neste estudo, todas as silagens foram produzidas com gramíneas que apresentaram teor de MS inferior ao ideal para o crescimento das BAL e devido esse fato observou-se teor de ácido láctico inferior ao preconizado para uma silagem de boa qualidade.

Devido ao baixo teor de ácido láctico observado nas silagens, outros microrganismos tiveram a oportunidade de se desenvolverem, como os do gênero *Clostridium*. Este fato pôde ser evidenciado devido a presença de metabólitos resultante da ação destes microrganismos, como o ácido butírico que foi encontrado em alta concentração nas silagens, superior a 0,1% da MS. Apesar de o ácido butírico ter sido encontrado em quantidade superior a observada em silagens com fermentação adequada, o teor de N-NH₃, que é indicador de desenvolvimento de clostrídeos proteolíticos, foi considerado adequado para as silagens avaliadas, inferior a 10% da MS (McDonald *et al.*, 1991)

A produção de efluentes é uma perda comum em silagens de capins tropicais. De acordo com (HAIGH, 1999), a quantidade de efluente produzido é diretamente proporcional ao teor de MS da forragem utilizada para ensilagem. Igarasi (2002) avaliou a capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) e observou que a produção de efluentes e o teor de MS possuem alta correlação negativa, quanto maior o teor de MS da planta a ser ensilada, maior a quantidade de efluente produzida pelo material ensilado. No presente estudo, este fato também foi verificado (Figura 4), alta correlação negativa entre o teor de MS e a produção de efluentes.

A estabilidade aeróbia das silagens obtidas neste estudo foi superior a 288 h. De acordo com Wilkinson and Davies (2013), as leveduras são os microrganismos que iniciam o processo de deterioração aeróbia em silagens, através da assimilação do ácido láctico. A alta estabilidade aeróbia das silagens neste estudo pode ser atribuída à baixa contagem de microrganismos deterioradores, bem como ao baixo teor de ácido láctico.

5 CONCLUSÃO

Embora as silagens preparadas com plantas colhidas em alturas inferiores tenham fibras mais digestíveis, as perdas por efluentes são muito altas. Considere a produção de matéria seca digestível de silagem produzida por hectare para determinar o manejo do dossel, uma vez que não houve diferenças entre o perfil fermentativo das silagens neste estudo.

6 REFERÊNCIAS

- AKIN, D. E. et al. Changes with maturity in anatomy, histochemistry, chemistry, and tissue digestibility of bermudagrass plant parts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 25, n. 1, p. 179–186, jan. 1977.
- ÁVILA, C. L. DA S. et al. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-Mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 5, p. 779–787, maio 2009.
- BERNARDES, T. F.; DO RÊGO, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, v. 97, n. 3, p. 1852–61, 3 mar. 2014.
- BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; MOREIRA, A. L. Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. *Scientia Agricola*, v. 62, n. 3, p. 214–220, jun. 2005.
- CARVALHO, B. F. et al. Effects of propionic acid and *Lactobacillus buchneri* (UFLA SIL 72) addition on fermentative and microbiological characteristics of sugar cane silage treated with and without calcium oxide. *Grass and Forage Science*, v. 67, n. 4, p. 462–471, 26 dez. 2012.
- DESTA, S. T. et al. Ensiling characteristics, structural and nonstructural carbohydrate composition and enzymatic digestibility of Napier grass ensiled with additives. *Bioresource Technology*, v. 221, p. 447–454, dez. 2016.
- DISCHE, Z. New Color Reactions for Determination of Sugars in Polysaccharides. *Methods of Biochemical Analysis*: John Wiley & Sons, Inc., 1955. v. 2. p. 313–58.
- FARRELL, G.; SIMONS, S. A.; HILLOCKS, R. J. Pests, diseases and weeds of Napier grass, *Pennisetum purpureum*: A review. *International Journal of Pest Management*, v. 48, n. 1, p. 39–48, jan. 2002.
- FERREIRA, D. DE J. et al. Silage fermentation and chemical composition of elephant grass inoculated with rumen strains of *Streptococcus bovis*. *Animal Feed Science and Technology*, v. 183, n. 1–2, p. 22–28, jun. 2013.
- HAIGH, P. M. Effluent production from grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. *Grass and Forage Science*, v. 54, n. February, p. 208–218, 1999.
- HOLDEN, L. A. Comparison of Methods of In Vitro Dry Matter Digestibility for Ten Feeds. *Journal of Dairy Science*, v. 82, n. 8, p. 1791–1794, ago. 1999.

HUISDEN, C. M. et al. Effect of applying molasses or inoculants containing homofermentative or heterofermentative bacteria at two rates on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, v. 92, n. 2, p. 690–7, 2 fev. 2009.

IGARASI, M.S. Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano. Piracicaba, 2002. 152p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

KUNG, L. et al. Effect of microbial inoculants on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, v. 76, n. 12, p. 3763–70, 12 dez. 1993.

LI, M. et al. Effects of sucrose, glucose, molasses and cellulase on fermentation quality and in vitro gas production of king grass silage. *Animal Feed Science and Technology*, v. 197, p. 206–212, nov. 2014.

LOPES, F.; COOK, D. E.; COMBS, D. K. Effects of varying dietary ratios of corn silage to alfalfa silage on digestion of neutral detergent fiber in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 9, p. 6291–6303, 2015.

MAURO, E. et al. Lactic Acid Bacteria in Tropical Grass Silages. *Lactic Acid Bacteria - R & D for Food, Health and Livestock Purposes*. InTech, 2013.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. *The biochemistry of silage*. 1991.

MORAN, J. et al. A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. *INTERNATIONAL SILAGE*, 1996.

NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002. Recife. Anais... Recife, 2002. p.60-99.

PAHLOW, G; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In: Buxton, D.R.; Muck, R.E.; Harrison, J.H. (Eds.) *Silage science and technology*. 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.31-94.

PEREIRA, L. E. T. et al. Regrowth patterns of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) subjected to strategies of intermittent stocking management. *Grass and Forage Science*, v. 70, n. 1, p. 195–204, mar. 2015.

PINHO, R. M. A. et al. Microbial and fermentation profiles, losses and chemical composition of silages of buffel grass harvested at different cutting heights. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 42, n. 12, p. 850–856, dez. 2013.

QUEIROZ, O. C. M. et al. Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage. *Journal of dairy science*, v. 96, n. 9, p. 5836–43, 9 set. 2013.

RENGSIRIKUL, K. et al. 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, n. 3, p. 135–141, 1 set. 2011.

SANTOS, E. M. et al. Effect of regrowth interval and a microbial inoculant on the fermentation profile and dry matter recovery of guinea grass silages. *Journal of dairy science*, v. 97, n. 7, p. 4423–32, jul. 2014.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. *Tropical Grasses*. Plant Production and Protection Series. [S.l.]: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1989. p. 234–262.

TABACCO, E. et al. Clostridia spore formation during aerobic deterioration of maize and sorghum silages as influenced by *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* inoculants. *Journal of applied microbiology*, v. 107, n. 5, p. 1632–41, nov. 2009.

TESSEMA, Z. K.; MIHRET, J.; SOLOMON, M. Effect of defoliation frequency and cutting height on growth, dry-matter yield and nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach). *Grass and Forage Science*, v. 65, n. 4, p. 421–430, dez. 2010.

VICENTE-CHANDLER, J.; SILVA, S.; FIGARELLA, J. The Effect of Nitrogen Fertilization and Frequency of Cutting on the Yield and Composition of Three Tropical Grasses¹. *Agronomy Journal*, v. 51, n. 4, p. 202, 1959.

WEINBERG, Z. G. et al. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 19, n. 1, p. 53–68, 1 out. 1996

WILKINSON, J. M.; DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass and Forage Science*, v. 68, n. 1, p. 1–19, 1 mar. 2013.

WINTERS, A. L.; FYCHAN, R.; JONES, R. Effect of formic acid and a bacterial inoculant on the amino acid composition of grass silage and on animal performance. *Grass and Forage Science*, v. 56, n. 2, p. 181–192, 29 jun. 2001.

YANG, C.-M. J. et al. Fermentation Acids, Aerobic Fungal Growth, and Intake of Napiergrass Ensiled with Nonfiber Carbohydrates. *Journal of Dairy Science*, v. 87, n. 3, p. 630–636, abr. 2004.

ZANINE, A. DE M. et al. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 12, p. 2611–2616, dez. 2010.