

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

QUALIDADE DA SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE
(*Pennisetum purpureum*) CONTENDO VAGEM DE *Parkia*
***platycephala* E UREIA**

LUANA ANDRADE DA COSTA

Bom Jesus-PI

2018

LUANA ANDRADE DA COSTA

**QUALIDADE DA SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE
(*Pennisetum purpureum*) CONTENDO VAGEM DE *Parkia
platycephala* E UREIA**

Orientador: Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, *Campus* Professora Cinobelina Elvas, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de Produção Animal (Linha de Pesquisa Nutrição Animal e Produção de Alimentos), para obtenção do título de Mestre.

BOM JESUS-PI

2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Bom Jesus
Serviço de Processamento Técnico

C837q Costa, Luana Andrade da.

Qualidade da silagem de capim elefante (*pennisetum purpureum*) contendo vagem de *parkia platycephala* e uréia. / Luana Andrade da Costa. – 2018.

89 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós-graduação em zootecnia, Bom Jesus-PI, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) contendo vagem de *Parkia platycephala* e ureia

Autor: Luana Andrade da Costa

Orientador: Dr. Marcos Jácome de Araújo

Co-orientador: Dr. Ricardo Loiola Edvan

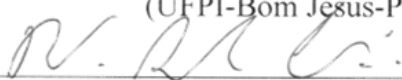
Aprovada em: 30 de agosto de 2018

Banca examinadora:



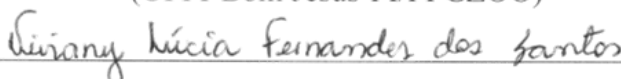
Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo

(UFPI-Bom Jesus-PI/PPGZOO)



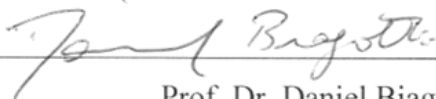
Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan

(UFPI-Bom Jesus-PI/PPGZOO)



Prof. Dra. Viviany Lúcia Fernandes dos Santos

(UFPI-Bom Jesus-PI/PPGZOO)



Prof. Dr. Daniel Biagiotti

(CTBJ-Bom Jesus-PI)

BOM JESUS-PI

2018

À minha família e esposo, que me apoiaram e me deram forças, e à minha filha Yasmin Andrade Medeiros, que me fez colocar os pés no chão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus que me deu vida e me guia por caminhos do bem.

À Universidade Federal do Piauí, *Campus* CPCE, pelos conhecimentos que me foram proporcionados.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de cursar o Curso de Mestrado.

Ao meu professor orientador, Doutor Marcos Jácome de Araújo, pela sua dedicação, compreensão e ensinamentos.

Aos meus parceiros Alex, Glayciane, Jakeline, Jackson, Mayra, Otávio e Vanessa, pela ajuda, dedicação e compromisso com o projeto.

Aos alunos Rômulo, Eltinho, Lucineide, Tiago e Rosimeire, que deram sua ajuda, mesmo que por pouco tempo, mas de grande importância.

Aos alunos do “Projeto do Gergelim”: Áquila, Emanuel (*In Memoriam*), Daniel e Pedro, que trabalharam juntamente conosco e nos deram apoio, principalmente durante a avaliação da estabilidade aeróbia.

A minha amiga Chrislanne Barreira, pelos ensinamentos e por nortear no início do experimento.

Aos amigos da turma do mestrado, pelos momentos bons que compartilhamos durante essa jornada.

A minha família, em especial minha irmã Rejane, que me ajudou bastante, quando ficava cuidando da Yasmin, para que eu pudesse me concentrar nas atividades.

Ao meu esposo Ailson, que me ajudou durante todo esse tempo.

Aos meus amigos e colegas de trabalho do Instituto Federal do Piauí, Campus Uruçuí, pela compreensão durante os períodos que precisei me ausentar do trabalho para dedicar ao mestrado.

A todos os amigos e familiares que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

A vocês minha eterna GRATIDÃO.

EPÍGRAFE

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.

(Simone de Beauvoir)

BIOGRAFIA

LUANA ANDRADE DA COSTA, filha de Juraci Andrade de Sousa e Josué Lopes da Costa, nasceu no interior de Bom Jesus, PI, em 19 de janeiro de 1992.

Em 2007 ingressou no curso Técnico em Agropecuária do Colégio Agrícola de Bom Jesus, colando grau em 2009.

Em 2010 ingressou no curso de Bacharelado em Medicina Veterinária na Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus-Piauí, colando grau no ano de 2015.

Em 2016 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal do Piauí, submetendo-se a defesa de dissertação em agosto de 2018.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	11
RESUMO GERAL	13
ABSTRACT GERAL	14
INTRODUÇÃO GERAL.....	15
CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
1. SILAGENS DE FORRAGEIRAS TROPICAIS	18
2. CARACTERIZAÇÃO DO CAPIM-ELEFANTE.....	19
3. SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE	20
4. USO DE ADITIVOS EM SILAGENS	21
5. FAVEIRA	23
6. PADRÕES FERMENTATIVOS.....	24
7. ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS	26
8. DEGRADABILIDADE RUMINAL <i>in situ</i>	27
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
CAPÍTULO 2.....	33
1 INTRODUCTION	35
2 MATERIAL AND METHODS.....	37
2.1 Experiment Location	37
2.2 Experimental Design and treatments	37
2.3 Silage making	38
2.4 Fermentative Characteristics	38
2.5 Chemical composition analysis and <i>in situ</i> ruminal degradability	39
2.6 Statistical Analysis	41
3 RESULTS.....	42
3.1 Fermentative Characteristics	42
3.2 Chemical composition	43
3.3 <i>In situ</i> ruminal degradability of dry matter	44
4 DISCUSSION.....	45
5 CONCLUSION	50
CONFLICT OF INTEREST.....	50
REFERENCES	50
CAPÍTULO 3.....	68

ABSTRACT	69
RESUMO.....	70
INTRODUÇÃO.....	70
MATERIAL E MÉTODOS	72
Forragem e ensilagem.....	72
Perdas fermentativas	73
Estabilidade aeróbia.....	74
Análises Estatísticas.....	75
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
Perdas fermentativas	76
Estabilidade aeróbia.....	79
CONCLUSÃO	87
REFERÊNCIAS	87
CONSIDERAÇÕES FINAIS	89

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 – Composição química do capim-elefante de acordo com diferentes pesquisas	20
--	----

CAPÍTULO II

Table 1 - Chemical composition of elephant grass and <i>Parkia platycephala</i> pod meal at the time of ensiling.....	54
Table 2 - Fermentative characteristics of elephant grass silage containing <i>Parkia platycephala</i> pod meal (PP) and urea (U).....	55
Table 3 - Chemical composition of elephant grass silage containing <i>Parkia platycephala</i> pod meal (PP) and urea (U).....	56
Table 4. Rumen degradation parameters of the dry matter (DM) of elephant grass silage containing <i>Parkia platycephala</i> pod meal (PP) and urea (U).....	57
Table 5. Effective degradability of the dry matter (DM) of elephant grass silage containing <i>Parkia platycephala</i> pod meal (PP) and urea (U).....	58

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (FVF) e ureia (U).....	76
Tabela 2 - Temperatura (°C) e pH de silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (FVF) e ureia (U) durante quatro dias (D) de exposição ao ar.....	80
Tabela 3 - Variações de pH das silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (FVF) e ureia (U).....	83
Tabela 4 - Variações de temperatura (°C) das silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (FVF) e ureia (U).....	85

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 – Capim-elefante variedade Napier.....	19
Figura 2 – Vagens de faveira.....	24

CAPÍTULO II

Figure 1 – pH, ammonia nitrogen (N-NH ₃ ; % total nitrogen) and lactic acid concentration in elephant grass silages as a function of the level of <i>Parkia platycephala</i> pod meal.....	60
Figure 2 – Concentrations of dry matter, crude protein, mineral matter, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) in elephant grass silages containing <i>Parkia platycephala</i> pod meal (PP) and urea, as a function of the PP level. .	61
Figure 3 – Disappearance of dry matter (DM) of elephant grass silage containing <i>Parkia platycephala</i> pod meal and urea as a function of the incubation time.....	62
Figure 4 – Rumen degradation parameters of the dry matter (DM) of elephant grass silage containing <i>Parkia platycephala</i> pod meal and urea (U) as a function of the level of <i>Parkia platycephala</i>	64
Figure 5 – Effective degradability (ED) of the dry matter (DM) of elephant grass silage containing <i>Parkia platycephala</i> pod meal and urea (U) as a function of the level of <i>Parkia platycephala</i>	66

CAPÍTULO III

Figura 1 - Perdas por gases e efluentes e recuperação da matéria seca (MS) de silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (FVF) e ureia (U) em função do nível de faveira (% matéria natural; MN).....	76
Figura 2 – pH e temperatura (°C) de silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (FVF; 0, 10, 20 e 30%) e ureia (U; 0 e 1,5%) em função dos dias de exposição ao ar.....	80
Figura 3 - pH das silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (F; 0, 10, 20 e 30%) e ureia (U; 0 e 1,5%) em função das horas de exposição ao ar.....	82
Figura 4 - Temperatura (°C) das silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (F; 0, 10, 20 e 30%) e ureia (U) em função das horas de exposição ao ar.....	83
Figura 5 - Quebra da estabilidade aeróbia da silagem de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (F; 0, 10, 20 e 30%) e (A=0%U; B=1,5%U) em função da temperatura ambiente ao longo do período avaliado.....	85

RESUMO GERAL

COSTA, L.A. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) contendo farelo de vagem de *Parkia platycephala* e ureia. 2018. 89 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Piauí. Bom Jesus, 2018.

RESUMO –Objetivou-se avaliar a qualidade das silagens de capim-elefante contendo farelo de vagem de faveira (FVF) e ureia. Foram realizados dois experimentos utilizando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (4x2), onde os fatores eram constituídos de quatro níveis do farelo da vagem de faveira (0, 10, 20 e 30%) e dois níveis de ureia (0 e 1,5%) com base na matéria natural. A análise estatística dos dados foi realizada pelo procedimento MIXED do SAS e as médias comparadas pelo teste LSD de Fisher ao nível de 5% de significância. No experimento I, foi realizada avaliação da composição química antes e após a ensilagem, das características fermentativas por meio da mensuração do pH e do nitrogênio amoniacal (N-NH₃), da quantificação dos Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC) e da degradabilidade ruminal pela técnica *in situ*. No experimento II, foram avaliadas as perdas fermentativas (por gases, efluentes e recuperação da matéria seca) e a estabilidade aeróbia, pela mensuração das temperaturas das silagens associadas aos valores de pH. Houve interação dos níveis de ureia e FVF para os valores de pH, N-NH₃, matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN,) fibra em detergente ácido (FDA), degradabilidade da MS, fração A e B, degradabilidade efetiva, perdas por gases e recuperação da MS e temperatura das silagens. Os aditivos aumentaram o teor de MS, PB, perdas por gases, degradabilidade da MS, frações A e B e as taxas de passagem 2, 5 e 8%/h da degradabilidade efetiva, enquanto reduziram FDN, FDA e recuperação da MS. O FVF elevou os teores de ácido lático e reduziu as perdas por efluentes, a MM e o pH. Já a ureia aumentou a MM, o pH, o N-NH₃ e a estabilidade aeróbia das silagens. O uso dos aditivos na ensilagem do capim-elefante se mostrou eficaz no controle das perdas por efluentes e da estabilidade aeróbia, além de melhorar a composição química e a digestibilidade e a qualidade fermentativa das silagens de capim-elefante, sendo que o nível de 20% do farelo da vagem de faveira mostrou-se mais eficiente, independente da adição da ureia.

Palavras-chave: aditivos, composição química, nitrogênio não proteico, perdas fermentativas

ABSTRACT GERAL

COSTA, L.A. Quality of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) silage containing *Parkia platycephala* pod meal and urea. 2018. 89 f. Dissertation (Master in Animal Science) – Federal University of Piauí. Bom Jesus, 2018.

RESUMO – The objective of this study was to evaluate the quality of elephant grass silages containing *Parkia platycephala* pod meal “faveira” (PPM) and urea. Two experiments were carried out using a completely randomized design in a factorial scheme (4×2), where the factors were composed of four levels of PPM (0, 10, 20 and 30% as-fed basis) and two levels of urea (0 and 1,5% as-fed basis). The statistical analysis of the data was performed by the MIXED procedure of the SAS and the means compared by the Fisher’s LSD test at the 5% level of significance. In the experiment I, the chemical composition before and after ensiling, fermentative characteristics (pH, N-NH₃, short-chain fatty acids (SCFA) and ruminal degradability by *in situ* the technique were evaluated. In the experiment II, fermentative losses (by gases, effluents and dry matter recovery) and aerobic stability were evaluated by the measurement of silage temperatures associated with pH values. There was interaction of urea and PPM levels for pH, N-NH₃, dry matter (DM), crude protein (CP), mineral matter (MM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), degradability of DM, fraction A and B, effective degradability (ED), gas losses and DM recovery and silage temperature. The additives increased DM, CP, gas losses, DM degradability, fractions A and B and the passage rates of 2, 5 and 8%/h of ED, while reducing NDF, ADF and DM recovery. The PPM increased lactic acid contents, reduced effluent losses, MM and pH. The urea increased the MM, pH, the N-NH₃ and the aerobic stability of the silages. The use of additives in elephant grass silage was effective in controlling effluent losses and aerobic stability, as well as improving the chemical composition and digestibility and fermentative quality of elephant grass silages, and the level of 2 % of the PPM showed to be more efficient, independent of the addition of urea.

Key words: additions, chemical composition, fermentative losses, non-protein nitrogen

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um dos países de maior potencial de produção pecuária, determinado principalmente pelas suas condições climáticas, vasta extensão territorial e plantas forrageiras, que constituem base da dieta dos ruminantes na maioria dos sistemas de produção existentes no país. Dentre as espécies forrageiras elegíveis para produção de silagem, as gramíneas do gênero *Pennisetum* têm sido muito utilizadas devido ao seu elevado potencial de produção de biomassa, boa adaptabilidade e facilidade de estabelecimento.

Tendo em vista o rápido crescimento destas forrageiras, bem como a sua alta produção, poderá haver acúmulo de massa verde, dando origem a material de baixa qualidade. O fornecimento das gramíneas tropicais de corte como fonte de volumoso, demanda mão de obra diária para cortes, despalha, transporte e picagem e técnicas operacionais quando se pretende suplementar os animais. Quando realizada a ensilagem, os gastos com mão de obra concentram-se em apenas um período, permitindo o aproveitamento do excedente da produção, melhora do valor nutritivo do material ensilado e da logística da propriedade, com redução dos custos com mão de obra para corte e processamento diário do capim.

A ensilagem das gramíneas tropicais, no momento ideal de corte, quando estas atingem elevado valor nutricional apresentam alto teor de umidade, baixo teor de carboidratos solúveis e alto poder tampão, fatores que podem influenciar negativamente o processo fermentativo (BONFÁ et al., 2017). Esta técnica consiste em um método de conservação de forragem no seu estado úmido, em condições de anaerobiose e sob ação de bactérias ácido lácticas, que fermentam carboidratos solúveis em ácidos, principalmente o lático, provocando redução do pH, com conseqüente inibição do crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que realizam fermentações indesejáveis.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) é uma gramínea tropical perene bastante utilizada em várias regiões devido sua elevada capacidade de produção de massa seca, qualidade, aceitabilidade e rusticidade, tanto em regime de corte como para ensilagem. No entanto, apresenta elevado teor de umidade, mesmo na época de corte, resultando em fermentações indesejáveis com grande produção de efluentes, que promovem perdas dos nutrientes e conseqüentemente reduz o valor nutritivo da silagem. Técnicas como a aplicação de aditivos absorventes da umidade podem ser utilizadas para reduzir tais perdas e melhorar o perfil fermentativo das silagens.

Existe uma variedade de ingredientes que podem ser utilizados como aditivos para reduzir o teor de umidade da silagem de capim, sendo preferível alimentos alternativos

regionais ou subprodutos da indústria, que além de aumentar o teor de matéria seca, melhoram a qualidade nutritiva do material conservado. Segundo Zanine et al. (2006), estes produtos devem ser de fácil aquisição, baixo custo, fácil manipulação, alta retenção de água e boa palatabilidade.

Atualmente é crescente o número de pesquisas com inclusão de aditivos ricos em matéria seca que absorvem e sequestram a umidade, reduzindo a produção de efluentes, além de proporcionar incremento do valor nutritivo. Entre os aditivos com potencial de utilização na ensilagem de capim-elefante, e que vem ganhando cada vez mais espaço na conservação de gramíneas tropicais, está o farelo de vagens, que possui características interessantes, como fácil disponibilidade, baixos custos, elevados teores de matéria seca e carboidratos solúveis. Em geral, as vagens apresentam altos teores de proteína e constituem fonte rica de energia bruta comparáveis ao do milho (OLIVEIRA, 2009). Dentre elas destaca-se a faveira (*Parkia platycephala* Benth), uma espécie arbórea presente nas regiões do Cerrado ou da mata Atlântica para a Caatinga do Nordeste brasileiro.

Existem outros ingredientes adicionados ao material a ser ensilado com o objetivo de influenciar a qualidade nutritiva da silagem. A melhoria por meio da adição de produtos químicos, além de fornecer nitrogênio, promove alterações na parede celular das plantas, com redução do teor de fibras e conseqüente aumento da digestibilidade. Um exemplo é a ureia, que adicionada uniformemente em diferentes proporções do material, enriquece o produto final elevando o teor de proteína bruta, além de retardar a fermentação secundária após a abertura do silo, aumentando o tempo de utilização da silagem pelos animais.

Com base no exposto acima, objetivou-se avaliar a qualidade de silagens de capim-elefante contendo níveis de inclusão do farelo da vagem de faveira e ureia. A dissertação foi estruturada conforme as normas para elaboração de dissertações do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFPI da seguinte forma: INTRODUÇÃO GERAL; CAPÍTULO 1 - Revisão de Literatura elaborada de acordo com as normas da ABNT; CAPÍTULO 2 – artigo científico intitulado: “Composição química, características fermentativas e degradabilidade ruminal *in situ* de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) contendo vagem de *Parkia platycephala* e ureia”, elaborado de acordo com as normas do periódico “*Grass and Forage Science*”; CAPÍTULO 3 - artigo científico intitulado: “Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) contendo vagem de *Parkia platycephala* e ureia” elaborado segundo as normas do periódico “Ciência e Agrotecnologia”; e CONSIDERAÇÕES FINAIS.

CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Elaborada de acordo com as normas do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da
Universidade Federal do Piauí

1. SILAGENS DE FORRAGEIRAS TROPICAIS

A alta produtividade de massa verde das forrageiras tropicais, a adaptabilidade e o baixo custo têm atraído cada vez mais os produtores para a utilização destas forrageiras de corte. Porém, essa forma de utilização requer corte diário, demandando mão de obra para cortes, despalha, transporte e picagem, o que, muitas vezes, inviabiliza sua utilização. Quando realizada a ensilagem da forragem, os gastos com mão de obra concentram-se em apenas um período (OLIVEIRA, 2009).

O estágio de desenvolvimento da planta apresenta ampla relação com a composição química e digestibilidade das forrageiras. Com o crescimento, ocorre aumento nos teores de fibra, como celulose, hemicelulose e lignina, e redução do valor nutritivo das forrageiras. A época da colheita deve ser relacionada ao estágio de desenvolvimento da planta e consequentemente ao seu valor nutritivo, pois prolongar o tempo de crescimento da forragem no campo, significa perdas de nutrientes potencialmente digestíveis (ZANINE et al., 2006).

A elevada produção de massa verde das forrageiras tropicais demanda técnicas de conservação que visem melhorias da qualidade nutritiva do material. A ensilagem constitui método convencional, utilizado para a conservação da forragem excedente, sendo o valor nutritivo da forragem um aspecto importante a ser considerado para que haja boa conservação do material ensilado (BONFÁ et al., 2017).

As forrageiras mais utilizadas no processo de ensilagem pertencem aos gêneros *Pennisetum* e *Brachiaria*, que constituem a base da dieta dos ruminantes na maioria dos sistemas de produção existentes no país. De modo geral, as forrageiras tropicais apresentam baixo teor de matéria seca, alto poder tampão e baixo teor de carboidratos solúveis nos estágios de crescimento em que apresentam bom valor nutritivo (EVANGELISTA et al., 2004). Essas características influenciam no processo fermentativo, impedindo o rápido decréscimo do pH, permitindo a ocorrência de fermentações secundárias indesejáveis e, consequentemente, reduzindo a qualidade do produto preservado (RIBEIRO et al., 2012).

O gênero *Brachiaria* são forragens tropicais com produções que podem chegar de 10 a 18 toneladas de MS/ha/ano. De acordo com Merma (2006) experimentos realizados com capim mombaça revelam um potencial de produção de matéria seca de 41 t/ha/ano, sendo 33 t/ha/ano de folhas, ou seja, 81,9% da matéria seca total.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) tem se destacado entre as gramíneas forrageiras tropicais por apresentar elevada produção de forragem por unidade de área e pelo equilíbrio nutritivo (LIRA JÚNIOR et al., 2018), sendo muito utilizado para a produção de silagem ou feno. A idade recomendada para corte do capim-elefante é ao redor de 50 a 60 dias

de desenvolvimento, acrescentando-se que quando a gramínea está no ponto de corte indicado, seu teor de umidade é elevado. Silagens com teores inferiores a 28 a 30% de matéria seca no momento do corte podem apresentar elevadas quantidades de efluentes e fermentação por bactérias do gênero *Clostridium*, o que resultará em perdas apreciáveis. O alto teor de umidade apresentado por essa forrageira no momento ideal do corte, além do baixo teor de carboidratos solúveis e da elevada capacidade tampão, pode comprometer a qualidade da silagem (FERREIRA et al., 2009).

2. CARACTERIZAÇÃO DO CAPIM-ELEFANTE

Os capins do gênero *Pennisetum* apresentam elevada produção de massa verde por hectare durante o período chuvoso, o que requer técnicas de conservação dessas gramíneas, para utilização posterior (FERRARI JÚNIOR et al., 2009). E na produção animal, prioriza-se a utilização de forrageiras com elevado potencial de crescimento que proporcionem a melhor produtividade animal por unidade de área (CAMPOS et al., 2010). Apresenta potencial de produção de 47 a 60 toneladas por hectare ao ano de matéria seca (GONÇALVES et al., 2004; FONSECA e MARTUSCELLO, 2010).

O capim-elefante possui (Figura 1) baixas quantidades de carboidratos solúveis (9,8 a 15% da MS) (ZANINE et al., 2006), que constituem substrato preferencial prontamente disponível para a ação das bactérias lácticas durante o processo fermentativo (RODRIGUES et al., 2002). No entanto, Rezende et al. (2008) afirmam que a concentração mínima de carboidratos solúveis necessária para uma fermentação é de 2,5 a 3,0% na MS.



Figura 1. Capim-elefante variedade Napier (Fonte: google)

Aos 60 dias de crescimento, apresenta 70% de FB, 9% de PB e teor de MS em torno de 18,2% (DERESZ, 2008), teor de fibra em detergente neutro entre 57 a 62% e 55 a 59% de digestibilidade (GONÇALVES et al., 2004). Embora tenha elevado valor nutritivo, o alto teor de umidade torna difícil a obtenção de silagens de boa qualidade deste capim. Ferrari Júnior e

Lavezzo (2001) afirmaram que o momento ideal para o corte do capim-elefante seria em torno de 70 dias de crescimento, quando o rendimento de massa seca por área é razoável, o teor de proteína é bom e os conteúdos de fração fibrosa são baixos.

Com o avançar do estágio de crescimento, ocorrem mudanças na sua composição química, conseqüentemente, no valor nutritivo. Os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, hemicelulose e lignina aumentam com o avanço da idade da planta, reduzindo assim o valor nutritivo do capim-elefante (Tabela 1), sendo que a principal razão parece estar relacionada com a redução na relação folha-caule, bem como na redução da digestibilidade dos componentes fibrosos da planta (ROCHA et al., 2006).

Tabela 1. Composição química do capim-elefante de acordo com diferentes pesquisas

Autor/ ano	MS (%MV)	FDA (%MS)	FDN (%MS)	MM (%MS)	PB (%MS)
NRC (1996)	23	-	75	6	7,8
Ferrari Jr. e Lavezzo (2001)	18,65	-	-	5,43	7,71
Guim et al. (2002)	26,64	-	-	-	4,6
Gonçalves et al. (2004)	23,2-25	43,89-45,2	74,4-76,1	-	4,5– 5,93
Rego et al. (2011)	21,23	43,43	68,34	8,65	8,41
Santos et al. (2012)	23,6	56,6	76,2	11,6	4,6
Barbosa et al. (2015)	24,81	44,21	68,14	-	4,64
Guerra et al. (2016)	21,58	47,45	72,63	-	5,58
Lira Júnior et al. (2018)	21,01	32,82	59,96	6,82	6,56

MS=matéria seca; MV= matéria verde; FDA= fibra em detergente ácido; FDN= fibra em detergente neutro; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta.

3. SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE

O momento ideal de corte é um dos grandes desafios na confecção de silagens de capins, e deve ser feito quando a planta se encontra com teores acima de 20% de matéria seca e quantidades satisfatórias de nutrientes e carboidratos fermentáveis, os quais serão usados em parte pelas bactérias responsáveis pela produção de ácidos no material ensilado e gerando a queda do pH, preservando o material. O capim-elefante apresenta teor de matéria seca em torno de 15 a 20%, aos 50-60 dias de idade (REZENDE et al., 2008), razoáveis quantidades de carboidratos solúveis, de 9,8 a 15% da matéria seca (ZANINE et al., 2006) e baixo percentual de proteína bruta, em torno de 5,58 (GUERRA et al., 2016).

Caso o material seja colhido muito cedo, há produção de efluentes (chorume) que carregam grandes quantidades de nutrientes. A colheita do capim mais seco, em estado de desenvolvimento muito avançado, acarreta menor disponibilidade de nutrientes, prejudicando a fermentação, e alto teor de fibra na silagem. No entanto, durante a fase em que a produção e o valor nutritivo são adequados, estes apresentam teor de umidade elevado (acima de 80%), com riscos de fermentação indesejável, pela produção de ácidos acético e butírico, nitrogênio amoniacal, aminas e amidas, resultando em silagens de má qualidade (SANTOS et al., 2013).

A alta umidade das silagens dificulta o rápido abaixamento do pH e favorece a multiplicação de bactérias do gênero *Clostridium*, as quais fermentam açúcares e ácido láctico até ácido butírico e degradam aminoácidos até amônia (CÂNDIDO et al., 2002). Nessas situações, ocorre produção de grande quantidade de efluentes que carregam nutrientes altamente digestíveis, açúcares, ácidos orgânicos, diminuindo o valor nutritivo da massa ensilada (ZANINE et al., 2006). Porém, o aumento do teor de massa seca pode estar associado à obtenção de uma planta com maior quantidade de compostos não digeríveis e consequente redução da qualidade nutricional da silagem (FONSECA e MARTUSCELLO, 2010). No entanto, Zanine et al. (2006) recomendam que o corte do capim-elefante para ensilagem deve ser realizado no momento em que a planta apresenta estágio de desenvolvimento em equilíbrio nutritivo, no qual o rendimento de massa seca por área é razoável, o teor proteico é elevado e a fração fibrosa é baixa. Tal situação também pode ser revertida com uso de produtos com altos níveis de matéria seca, a serem adicionados à massa ensilada (aditivos) ou técnicas de emurchecimento da planta, com vistas a reduzir o teor de umidade.

Já existem testes com clones de capim-elefante obtidos por autopolinização e cruzamentos inter e intraespecíficos com milho, a fim de desenvolver híbridos que apresentem maior concentração de matéria seca. Santos et al. (2013) apontaram o clone IPA/UFRPE TAIWAN A-146 2.37 como boa alternativa para ensilagem, por apresentar maior concentração de matéria seca e melhor coeficiente de fermentação, resultando em silagens de melhor qualidade.

4. USO DE ADITIVOS EM SILAGENS

Os aditivos são usados em silagens com o intuito de influenciar o processo fermentativo favorecendo a conservação dos alimentos e/ou melhorar o seu valor nutritivo (BONFÁ et al., 2017). E quando usados em silagens de gramíneas tropicais, devem apresentar

alto teor de matéria seca, ótima capacidade de absorção de água, elevado valor nutritivo, boa palatabilidade e alto teor de carboidratos solúveis, além de fácil manipulação, boa disponibilidade no mercado e baixo custo (BERGAMASCHINE et al., 2006).

Existe uma grande variedade de produtos e subprodutos que podem ser utilizados como aditivos em silagens, desde comerciais a subprodutos da agroindústria ou ainda aqueles disponíveis regionalmente. A escolha do aditivo adequado se baseia em vários critérios, entre eles a disponibilidade, preço, objetivo na sua utilização e qualidade nutricional. Muitas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de usar aditivos no processo de ensilagem para reduzir a umidade do capim-elefante, melhorar o perfil fermentativo e aumentar o valor nutritivo, além de variados aditivos bacterianos comerciais, subprodutos do processamento da acerola e da goiaba (GONÇALVES et al., 2004), farelo do trigo (ZANINE et al., 2006), frutas tropicais (POMPEU et al., 2006), farelo de babaçu (VIEIRA et al., 2007), polpa cítrica (FERRARI JÚNIOR et al., 2009), raspas de mandioca (ZANINE et al., 2010), folhas e ramos da faveira (MAGALHÃES et al., 2014), vagem de faveira (BARBOSA et al., 2015), entre outros.

Segundo Lopes e Evangelista (2010) a adição de fontes de carboidratos induz a uma redução da exigência de carboidratos solúveis, garantindo processo fermentativo satisfatório, impedindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e tornando a silagem de gramíneas tropicais um alimento de valor nutricional adequado e de baixo custo de produção.

O uso de farelo de vagens na ensilagem de materiais que possuem elevado teor de umidade promove o aumento dos valores de matéria seca, reduzindo a produção de efluentes, além de incrementar o valor nutritivo da silagem. Em geral, as vagens possuem altos teores de carboidratos solúveis e de proteína. Batista et al. (2006), avaliaram a inclusão da vagem de algaroba triturada na ensilagem de capim-elefante e observaram aumento nos teores de matéria seca das silagens. Rego et al. (2011) trabalhando com degradação ruminal de silagem de capim-elefante com adição de vagem de algaroba triturada verificaram melhora da degradabilidade da MS, PB e FDN com a adição do aditivo. Corroborando com Mota et al. (2015) que verificaram melhora das características fermentativas das silagens de capim-elefante com adição dos seguintes aditivos: farelo de babaçu, farelo de mandioca e vagens de faveira.

Além do emprego de aditivos com elevado teor de matéria seca, existem também aqueles que são adicionados com o intuito de melhorar o valor nutritivo das silagens. Os ingredientes que possuem grandes quantidades de nitrogênio são adicionados à volumosos para melhorar a qualidade nutritiva, alterar a composição química e aumentar a digestibilidade

destes. A ureia é um sólido cristalino produzido industrialmente a partir da amônia e do dióxido de carbono, que apresenta 45% de nitrogênio, é de fácil transporte e manuseio, alta disponibilidade no mercado e menor custo (ROCHA et al., 2006).

Durante o processo fermentativo da silagem, a ureia é transformada em amônia em um evento que envolve a ação da enzima urease. De acordo com Silva et al. (2016), a amônia atua ocasionando o rompimento de ligações entre os constituintes da parede celular e os ácidos fenólicos, resultando em despolimerização parcial da lignina. Tem sido bastante utilizada no processo de ensilagem com o intuito de aumentar o teor de proteína bruta e retardar a fermentação secundária que ocorre após a abertura do silo, possibilitando o uso por tempo prolongado pelos animais e melhora do valor nutritivo de volumosos de baixa qualidade. Conhecida como amonização, quando utilizada acima de 0,5% da matéria natural, é bastante utilizada em todo o mundo, por ser de fácil aplicação, não poluir o ambiente, fornecer nitrogênio não proteico e conservar forragens com alto teor de umidade. A recomendação para utilização em silagem é adição de 0,5%, devendo ser distribuída uniformemente na forragem ensilada. No entanto, Rocha et al. (2006) indicam uso na proporção de 4% de ureia para melhorar a composição química no processo de ensilagem.

5. FAVEIRA

A faveira (*Parkia platycephala* Benth), também conhecida como fava de bolota, faveira de bolota, visgueiro, fava de boi e sabiú, entre outros, ocorre na região Nordeste do país, transição do Cerrado ou da mata Atlântica para a Caatinga (LORENZI, 2002). Pesquisas têm sido realizadas na área de farmacologia para avaliar a toxicidade reprodutiva do extrato etanólico das folhas desta planta. Suas vagens enquadram-se no grupo de alimentos energéticos e apresentam digestibilidade acima de 70%, teor de proteína bruta em torno de 10% e cerca de 13% de fibra bruta (RAMOS et al., 1999). Estas possuem alto teor de matéria seca e, pesquisas realizadas com este aditivo têm demonstrado adequada eficiência nas silagens de sorgo (RAMOS et al., 1984) e capim-elefante (BARBOSA et al., 2015).

De acordo com Silva et al. (2012) a produção anual de vagens de faveira é de 1208 kg/ha, sendo variável entre plantas e ano, durante o período de setembro a novembro. Estas vagens (Figura 2) são consumidas pelos bovinos, caprinos, ovinos, suínos, equinos e muares, servindo como suplementação na época de escassez alimentar. Animais se alimentam das vagens no momento de pastejo, pois estas caem no campo quando maduras fisiologicamente,

eliminando as sementes inteiras junto com as fezes, sendo que estas possuem teores de proteína e minerais superiores aos da vagem inteira (MACHADO et al., 1999).



Figura 2. Vagens de faveira (Fonte: google)

Como sua produção se concentra em um pequeno período de produção, é necessário o armazenamento para uso posterior. O uso das vagens na forma de farelo é uma alternativa para maior disponibilidade dos nutrientes presentes e aproveitamento pelos animais, visto que esta possui bom valor nutricional, boa capacidade de retenção de umidade, boa disponibilidade regional e pode ser adquirida por baixo custo (SILVA et al., 2012). O teor de matéria seca da vagem de faveira, é em torno de 77,25% (BARBOSA et al., 2015) com grandes quantidades de carboidratos solúveis, caracterizando-o como alternativa para ser adicionado em silagens de capins que possuem altas taxas de umidade.

Com boa digestibilidade para ruminantes, porém baixo consumo voluntário quando fornecida moída como suplemento exclusivo para caprinos (MACHADO et al., 1999). Várias partes provenientes da planta de faveira tem sido utilizada como aditivo em experimentos de silagens, seja ramos e folhas (MAGALHÃES et al., 2014), vagens (BARBOSA et al., 2015); ou até vagens associadas ao feno (ALVES et al., 2011).

Mota et al. (2012) verificaram melhores valores de pH em silagens de capim-elefante adicionados de vagem, quando comparado a outros aditivos. Em estudo realizado com folhas e ramos de faveira por Magalhães et al. (2014), houve aumento dos teores da composição fibrosa e reduziu os teores de cinza, porém melhorou parcialmente a qualidade da silagem.

6. PADRÕES FERMENTATIVOS

A qualidade da silagem refere-se à eficiência do processo fermentativo em conservar os valores das características químicas da massa ensilada em níveis que preservem os atributos do produto final. Sua qualidade está na dependência das condições tanto do material ensilado como das condições proporcionadas dentro do silo (GONÇALVES et al., 2004). Entre os parâmetros utilizados para avaliar a qualidade do processo fermentativo estão as

características químicas apresentadas pela silagem, como o percentual de MS, valor de pH, conteúdo de Nitrogênio Amoniacal (N-NH₃) e os ácidos orgânicos produzidos durante o evento (TOMICH et al., 2003).

Durante o processo fermentativo de silagens, os carboidratos solúveis são convertidos em ácido láctico, que reduzem o pH da massa ensilada a níveis muito baixos, inibindo as atividades microbianas indesejadas e preservando suas características (FERRARI JÚNIOR et al., 2009). As características que mais determinam o padrão de fermentação, durante a ensilagem, são resultado da interação do teor de matéria seca, carboidratos solúveis e poder tampão da planta (SILVA et al., 2004) além dos ácidos graxos de cadeia curta produzidos (CÂNDIDO et al., 2002), os quais podem influenciar negativamente a fermentação, impedindo a queda do pH e favorecendo assim fermentações secundárias indesejáveis.

O pH é considerado um importante indicador de qualidade da fermentação de silagens, porém Jobim et al., (2007) ressaltam que silagens de materiais com baixo teor de umidade invariavelmente apresentam valores elevados, acima de 4,2, valor de referência para silagens de baixa qualidade. De fácil execução, a medição do pH pode ser também utilizada, juntamente com a temperatura do silo e, em alguns casos N-NH₃, para verificar a estabilidade aeróbia das silagens tanto em experimentos laboratoriais como em situações de campo.

Altas concentrações de nitrogênio na forma de amônia inibe o consumo da silagem e altera o processo da fermentação, impedindo a queda rápida do pH da massa ensilada. Em silagens bem conservadas, estes valores apresentam-se em baixas porcentagens (menos de 10% de N-NH₃/NT), servindo como indicativo da eficiência da fermentação (TOMICH et al., 2003).

O teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) da silagem demonstra a ação deletéria de enzimas da planta e de microrganismos sobre a parte proteica da forragem. Forragens verdes possuem de 75 a 90% do nitrogênio total na forma proteica e o restante na forma não proteica, constituídos por aminoácidos livres e amidas. Em silagens bem conservadas o valor máximo de nitrogênio amoniacal é em torno de 10%, e valores inferiores a estes indicam que o processo fermentativo não resultou em quebra excessiva da proteína em amônia e os aminoácidos constituem a maior parte do nitrogênio não proteico (NEUMANN et al., 2009).

Durante a fermentação da silagem, vários ácidos orgânicos são produzidos, dos quais: láctico, acético, butírico, isobutírico, propiônico, valérico, isovalérico, succínico e fórmico (MCDONALD et al., 1991). No entanto, os três primeiros são os mais comumente utilizados para avaliar a qualidade do processo fermentativo. Os valores do ácido láctico são utilizados como indicadores de qualidade fermentativa e sua quantidade necessária para reduzir o pH de

maneira rápida e dificultar os processos que conseqüentemente induzem a deterioração do material ensilado, mudam de acordo com a capacidade de tamponamento da forragem e o teor de umidade da silagem (NEUMANN et al., 2009). O conteúdo de ácido butírico reflete a extensão da atividade clostridiana na massa ensilada, ocasionando aumento dos valores finais de pH e constitui um forte indicador negativo da qualidade da fermentação de silagens (TOMICICH et al., 2003). O acético, produzido principalmente pelas enterobactérias (e em menor proporção por láticas heterofermentativas e clostrídios), também afeta negativamente a redução do pH da massa ensilada e devem ter conteúdo reduzido em silagens bem conservadas.

No decorrer da fermentação da silagem, ocorrem perdas no interior do silo que podem caracterizar o processo e inferir sobre a qualidade do produto final. Em silagens de capim-elefante, devido seu elevado teor de umidade, ocorrem fermentações indesejáveis, com consideráveis perdas de nutrientes (ZANINE et al., 2006). Estas podem ser mensuradas através de métodos de pesagem dos silos antes e após o processo de ensilagem e dos seus respectivos teores de matéria seca, para o cálculo das perdas totais por matéria seca, por gases e efluentes. Atualmente, autores têm preferido o uso de métodos que levam em consideração a tara do silo vazio para efeito das equações, como na metodologia de Schmidt (2006).

7. ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS

A estabilidade aeróbia é conceituada como sendo a resistência que a massa de silagem apresenta para se deteriorar após a abertura do silo e sua conseqüente exposição ao ar (JOBIM et al., 2007). Autores definiram como medida de rompimento dessa estabilidade, a elevação em 2°C na temperatura da silagem exposta ao ar, em relação à do ambiente. Após a abertura dos silos e exposição da massa ensilada, um novo quadro de alterações microbiológicas, químicas e oxidativas se instala, onde alguns produtos da fermentação passam a ser substrato enquanto microrganismos outrora latentes começam a se desenvolver (SIQUEIRA et al., 2007).

Durante este fenômeno conhecido como deterioração aeróbia, o oxigênio presente na face da massa de silagem avança para as camadas internas com multiplicação de alguns grupos de microrganismos aeróbios que consomem os compostos energéticos presentes na silagem elevando as perdas de matéria seca e reduzindo o valor nutritivo (AMARAL et al., 2008; REZENDE et al., 2011). A multiplicação destes microrganismos e intensa atividade

metabólica gera calor, sendo acompanhadas pelo aumento do pH, da temperatura e do nitrogênio amoniacal (GUIM et al., 2002).

Quanto melhor a qualidade da silagem, em termos de carboidratos solúveis e ácido láctico, mais intensa será a atividade dos microrganismos que decompõem a silagem. A elevação da temperatura diurna e queda noturna podem resultar em mudanças significativas na atividade dos microrganismos, pois esta é afetada de forma significativa pela temperatura (JOBIM et al., 2007). Para isso, as variáveis temperatura e pH são as mais usadas na avaliação da estabilidade aeróbia em silagens, devido a facilidade de determinação e o baixo custo.

Os valores destas variáveis observadas têm sido apresentados da seguinte forma:

- a) Valor máximo registrado após a abertura do silo;
- b) Tempo para atingir o valor máximo;
- c) Diferença máxima entre a temperatura da silagem e do ambiente;
- d) Tempo para que a temperatura e o pH da silagem apresentem tendência de elevação;
- e) Tempo para que a silagem eleve a temperatura em 2°C.

8. DEGRADABILIDADE RUMINAL *in situ*

A aplicação da técnica *in situ* para a determinação da degradabilidade ruminal requer uma pequena amostra de alimento, que fica em contato íntimo com o ambiente ruminal, em condições de pH, oferta de substrato, população microbiana, entre outros. Embora os alimentos não sejam submetidos aos processos digestivos de mastigação, ruminação e passagem, a prática tem como objetivo determinar a taxa de degradação ou o desaparecimento das frações dos alimentos (SANTOS, 2006).

As amostras são colocadas em sacos de tecido náilon e incubadas no rúmen de animais providos de cânula ruminal permanente durante determinados períodos de tempo. As cânulas são implantadas nos animais por meio de procedimento cirúrgico, possibilitando o manuseio das amostras diretamente no rúmen (BERCHIELLI, 2006). A determinação do número de horários de incubação requeridos para o estudo da extensão potencial da degradação dependerá do tipo de alimento e da fração a ser avaliada. No caso da degradação de forragens os tempos seriam de 0, 4, 8, 16, 24, 48, 72 e 96 horas, podendo ser alterada conforme o objetivo do estudo (SANTOS, 2006).

Em silagens de capim-elefante com diferentes níveis de farelo do cacau, Carvalho et al. (2008) obtiveram degradabilidade potencial da MS e da PB acima 65 e 75%,

respectivamente. Já Garcéz et al. (2016) verificaram redução da degradabilidade potencial da MS, PB e FDN com o avançar da idade da forrageira.

Merma (2016) verificou que a degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta, fibra insolúvel em detergente neutro e fibra insolúvel em detergente ácido do capim-mombaça foram significativamente influenciados pelos níveis de inclusão do farelo de algodão.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ensilagem do capim-elefante é uma prática bastante difundida, pelo seu grande potencial nutritivo e facilidade de manejo, que visa à conservação do volumoso para utilização na época da seca. Para obter um produto de boa qualidade, algumas adversidades devem ser superadas, principalmente relacionadas ao alto teor de umidade do capim-elefante, como também na correta execução do processo. Vários produtos (aditivos) têm sido utilizados com o intuito de reduzir tais entraves e melhorar a qualidade da silagem, com preferência aos que demandem menos custos e seja de fácil aquisição. A faveira é um produto regional da região Nordeste e Norte, normalmente consumida *in natura* pelos animais e que possui elevado valor energético. Estudos têm sido realizados visando melhorar a qualidade da silagem do capim-elefante. No entanto, há necessidade de avaliar o efeito do farelo da vagem de faveira e ureia sobre a composição química, características fermentativas, degradabilidade, perdas fermentativas bem como a estabilidade aeróbia de silagens de capim-elefante.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. A.; SALES, R. O.; NEIVA, J. N.; MEDEIROS, A. N.; BRAGA, A. P.; AZEVÊDO, D. M. M. R.; SILVA, L. R. F. Metabolismo de compostos nitrogenados em ovinos alimentados com dietas contendo vagens de faveira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, p. 1051-1066, 2011.

AMARAL, R. C.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Estabilidade aeróbia de silagens do capim Marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 977-983, 2008.

BARBOSA, L. H. F.; GARCEZ, B. S.; MACHADO, F. A.; NICOLINI, C.; BARBOSA, F. J. V.; ALVES, W. P.; SILVA, N. R.; NETO, J. V. A. Parâmetros fermentativos de silagens de capim elefante com adição de vagem de faveira (*Parkia platycephala* Benth.). In: X CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2015, Teresina, PI. **Anais...** Teresina, PI, 2015, 3p.

BARBOSA, L. H. F.; GARCEZ, B. S.; MACHADO, F. A.; NICOLINI, C.; FRANCO, L. J. D.; ALVES, W. P.; SILVA, N. R.; NETO, J. V. A. Composição química de silagens de capim elefante com adição de vagem de faveira (*Parkia platycephala* Benth.). In: X CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2015, Teresina, PI. **Anais...** Teresina, PI, 2015, 3p.

BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; SOUZA, I. S.; LIRA, K. G.; SANTOS, M. V. F.; DUBEAUX JÚNIOR, J. C. B. Efeitos da adição de vagens de algaroba sobre a composição química e a microbiota fúngica de silagens de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 1-6, 2006.

BERCHIELLI, T. T.; GARCIA, A.V.; OLIVEIRA, S. G. Principais técnicas aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. A.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. cap. 14, p. 397-418.

BERGAMASCHINE, A. F.; PASSIPIERI, M.; VERIANO FILHO, W. V.; ISEPON, O. J.; CORREA, L. A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidos com aditivos ou forragem emurhecida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1454-1462, 2006.

BONFÁ, C. S.; VILLELA, S. D. J.; CASTRO, G. H. F.; SANTOS, R. A.; EVANGELISTA, A. R.; PIRES NETO, O. S. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de abacaxi. **Revista Ceres**, v. 64, n. 2, p. 176-182, 2017.

CAMPOS, P. R. S. S. **Avaliação do método in situ e determinação da cinética de degradação ruminal de forrageiras tropicais**. Campos dos Goytacazes. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2010. 74 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal). 2010.

CÂNDIDO, M. J. D.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F.; GONTIJO NETO, M. M. Características fermentativas e potencial biológico de silagens de híbridos de sorgo cultivados com doses crescentes de adubação. **Revista Ceres**, v. 49, n. 282, p. 151-167, 2002.

CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; DETMANN, E.; PEREIRA, O. G.; FERNANDES, F. E. P. Degradação ruminal de silagem de capim-elefante emurhecido ou com diferentes níveis de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 8, p. 1347-1364, 2008.

DERESZ, F. **Pastejo Rotativo em capim elefante**. Viçosa, MG, 246p. 2008.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; SANTANA, R. A. V. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) com e sem emurhecimento. **Revista Ciênc. Agrotec.**, v. 28, n. 2, p. 443-449, 2004.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) emurhecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1424-1431, 2001.

FERRARI JUNIOR, E.; PAULINO, V. T.; POSSENTI, R. A.; LUCENAS, T. L. Aditivos em silagens de Capim Elefante Paraíso (*Pennisetum Hybridum* cv. Paraíso). **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 222, p. 186, 2009.

FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.223-229, 2009.

FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras**. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 537p.

GARCÉZ, B. S.; ALVES, A. A.; ARAÚJO, D. L. C.; LACERDA, M. S. B.; SOUSA, L. G. C.; CARVALHO, L. F. Degradabilidade ruminal do capim colônia (*Panicum maximum*

Jacq. Cv. Colônia) em três idades pós-rebrota. **Revista Acta Veterinária Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 130-134, 2016.

GONÇALVES, J.S.; NEIVA, J. N. M.; VIEIRA, N.F.; OLIVEIRA FILHO, G. S.; LÔBO, R. N. B. Valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de diferentes níveis dos subprodutos do processamento de acerola (*Malpighia glabra* L.) e de goiaba (*Psidium guajava* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 1, p. 131-137, 2004.

GUERRA, D. G. F.; MAIA, I. S. A. S.; BRAGA, A. P.; ASSIS, L. C. S. L. C.; LUCENA, J. A.; BIDLER, D. C.; SANTOS NETO, C. F. S.; SILVA, Y. F. M.; PEREIRA, M. I. B.; PINTO, M. M. F. Composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante com diferentes níveis de bagaço de caju desidratado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 997-1006, 2016.

GUIM, A.; ANDRADE, P.; ITURRINO-SCHOCKEN, R. P.; FRANCO, G. L.; RUGGIERI, A.

C.; MALHEIROS, E. B. Estabilidade aeróbica de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurhecido e tratado com inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2176-2185, 2002.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, suplemento especial, p. 101-119, 2007.

LIRA JÚNIOR, W. B.; BEZERRA, S. B. L.; PAULA, T. A.; BEELEN, R. N.; AMORIM, P. L.; BEELEN, P. M. G. Características de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e casca de maracujá *in natura*. **Revista Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 3, p. 905-912, 2018.

LOPES, J.; EVANGELISTA, A. R. Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescidas de ureia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 984-991, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.2. 368p. 2002.

MACHADO, F. A.; ALVES, A. A.; MOURA, J. W. S.; BEZERRA, A. M. E. Valor nutritivo da vagem de faveira (*Parkia platycephala* Benth) para ruminantes. **Revista Cient. Prod. Animal**, v. 1, n.1, p. 39-43, 1999.

MAGALHÃES, J. A.; FOGAÇA, F. H. S.; COSTA, N. L.; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. S.; ARAUJO NETO, R. B.; VAZ, M. A.; SILVA, E. M.; BITENCOURT, A. B. Efeito da adição da faveira (*Parkia platycephala* Benth.) sobre a composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum). **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.8, n.11, ed. 260, art. 1725, 2014.

MERMA, G. C. **Cinética da degradabilidade in situ da silagem do capim-mombaça com inclusão de farelo de algodão**. Goiânia. Universidade Federal do Goiás, 2016. 92 p. Tese (Mestrado em Zootecnia). UFG. 2016.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow Bucks. Chalcome Publications, 1991. 340p.

MOTA, P. E. S.; MOURA, R. L.; CARVALHO, W. F.; SILVA, S. F.; OLIVEIRA, E. M.; SANTANA, F. A. S.; PORTELA, G. L. F.; OLIVEIRA, M. R. A. Características da silagem

de capim-elefante contendo diferentes aditivos. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 14, n. 2, p.133-137, 2012.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R.; GÓRSKI, S. C.; FARIA, M. V.; UENO, R. K.; MARAFON, F. Girassol (*Helianthus annuus* L.) para produção de silagem de planta inteira. **Revista Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 2, n. 3, p. 181-190, 2009.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Science, 1996. 242p.

OLIVEIRA, H. C. **Silagem de cana-de-açúcar com ureia e farelo de mandioca**. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 2009. 67 p. Tese (Mestrado em Zootecnia). UFV. 2009.

POMPEU, R. C. F. F.; NEIVA, J. N. M.; CÂNDIDO, M. J. D.; OLIVEIRA FILHO, G. S.; AQUINO, D. C.; LÔBO, R. N. B. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de subprodutos do processamento de frutas tropicais. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 1, p. 77-83, 2006.

RAMOS, G. M.; NASCIMENTO, H. T. S.; LEAL, J. A.; GIRAO, R. N. **Alternativas para suplementação de ruminantes no período seco na região Meio-Norte**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 53 p. Circular Técnica, n.23, 1999.

RAMOS, G. M.; CARVALHO, J. H.; LEAL, J. A. **Aproveitamento das vagens de feveira como suplemento à silagem de sorgo na alimentação de bovinos**. 1984. EMBRAPA, Teresina, 10.p, 1984.

REGO, A. C.; PAIVA, P. C. A.; MUNIZ, J. A.; CLEFF, E. H. C. B. V.; MACHADO NETO, O. R. Degradação ruminal de silagem de capim-elefante com adição de vagem de algaroba triturada. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n.1, p. 199-2007, 2011.

REZENDE, A. V.; GASTALDELLO JÚNIOR, A. L.; VALERIANO, A. R.; CASALI, A. O.; MEDEIROS, L. T. RODRIGUES, R. Uso de diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 281-287, 2008.

REZENDE, A. V.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; FARIA JÚNIOR, D. C. N. A.; BARBOSA, L. A. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 4, p. 739-746, 2011.

ROCHA, F. C.; GARCIA, R.; FREITAS, A. W. P.; BERNARDINO, F. S.; ROCHA, G. C. Amonização sobre a composição química e digestibilidade da silagem de capim-elefante. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 228-233, 2006.

RODRIGUES, P. H. M.; PEDROSO, S. B. G.; MELOTTI, L.; ANDRADE, S. J. T.; LIMA, F. R. Composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante obtida em diferentes tipos de silos experimentais e no silo tipo trincheira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2386-2392, 2002.

RIBEIRO, O. L.; LEITE, V. M.; CARVALHO, G. G. P.; MAGALHÃES, A. M.; CAMPOS, F. S.; PERAZZO, A. F.; SANTANA FILHO, N. B.; ALMEIDA, L. T. S. Perfil fermentativo de silagens de capim Tanzânia contendo diferentes concentrações de farelo de algaroba. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 39-42, 2012.

SANTOS, V. P. **Degradabilidade in situ da matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro e ácido e digestibilidade in vitro da cana-de-açúcar fresca ou ensilada e silagem de milho em diferentes ambientes ruminais**. Piracicaba. Universidade de São Paulo, 2006. 76p. Tese (Mestrado em Agronomia). USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.

SANTOS, R. J. C.; LIRA, M. A.; GUIM, A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEAUX JUNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L. Clones de capim-elefante para produção de silagem. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 1, 2013.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. Piracicaba. Universidade de São Paulo, 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia). USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.

SILVA, M. M. C.; GUIM, A.; PIMENTA FILHO, E. C.; DORNELLAS, G. V.; SOUSA, M. F.; FIGUEIREDO, M. V. Avaliação do padrão de fermentação de silagens elaboradas com espécies forrageiras do estrato herbáceo da caatinga nordestina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 87-96, 2004.

SILVA, L. R. F.; ALVES, A. A.; VASCONCELOS, V. R.; NASCIMENTO, H. T. S.; MOREIRA FILHO, M. A. Nutritive value of diets containing pods of faveira (*Parkia platycephala* Benth.) for confined finishing sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 4, p. 1065-1069, 2012.

SILVA, V. L.; BORGES, I.; ARAÚJO, A. R.; COSTA, H. H. A.; ALVES FILHO, F. M.; FRUTUOSO, F. I. A.; SILVA, R. H. P.; ALCÂNTARA, P. B. X. Efeito do tratamento químico sobre a digestibilidade de volumosos e subprodutos agroindustriais. **Revista Acta Kariri Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 29-37, 2016.

SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P. BERNARDES, T. F.; PIRES, A. J. V.; ROTH, M. T. P.; ROTH, A. P. T. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de can-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 789-798, 2007.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. Embrapa Pantanal. Instrução Técnica número 1517-1973, 2003.

VIEIRA, M. M. M.; CAVALCANTE, M. A. B.; NEIVA, J. N. M.; CÂNDIDO, M. J. D. Valor nutritivo de silagens de capim elefante contendo níveis de farelo de babaçu. **Revista Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, p. 257-260, 2007.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. J. OLIVEIRA, J. S.; ALMEIDA, J. C. C.; PEREIRA, O. G. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Revista Archivos de Zootecnia**, v. 55, n. 209, p. 75-84, 2006.

CAPÍTULO 2

Elaborado de acordo com as normas da Revista “Grass and Forage Science”
(<https://onlinelibrary.wiley.com/journal/13652494>)

Chemical composition, fermentative characteristics and *in situ* ruminal degradability of elephant grass silage containing *Parkia platycephala* pod meal and urea

Running Head: Elephant grass silage containing *Parkia platycephala*

Luana Andrade Costa, Marcos Jácome de Araújo, Ricardo Loiola Edvan, Leilson Rocha Bezerra, Alex Rodrigues de Sousa, Francisca Jakeline Carvalho Viana, Tairon Pannunzio Dias e Silva*

Federal University of Piauí, Department of Animal Science, Rodovia Municipal Bom Jesus-Viana, km 01, Planalto Horizonte, 64900000, Bom Jesus, Piauí, Brazil

*Author for correspondence: tairon.mvet@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4786-1399>

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of the addition of *Parkia platycephala* pod meal (PP) and urea on the chemical composition, fermentation characteristics and *in situ* ruminal degradability of elephant grass silage. A completely randomized design with a 4×2 factorial arrangement was adopted, with four levels of pod meal (0, 10, 20 and 30%) and two levels of urea (0 and 1.5%) on as fed basis. The produced silages were evaluated regarding to the dry matter (DM), crude protein (CP), mineral matter (MM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose, ammonia nitrogen (N-NH₃), pH, short chain fatty acids (SCFA) and *in situ* ruminal degradability. For the degradation study, four Santa Ines rumen fistulated sheep, with average weight of ± 45 kg were used. There was effect of the interaction between the urea and PP levels on pH, N-NH₃, DM, CP, MM, NDF, ADF, DM degradability, fractions A and B, and effective degradability of the silages. The association of the additives increased DM, CP, DM degradability, fractions A and B and effective degradability at all passage rates (2, 5 and 8% /h) and reduced NDF and ADF contents. The PP increased the levels of lactic acid and reduced the pH and MM while urea increased the

contents of N-NH₃, pH and MM of the silages. The disappearance of the dry matter increased during the incubation time, especially for the silages containing the two additives. The fractions A and B and the degradability of the DM increased with the inclusion of the PP, being greater in the presence of urea. The effective degradability rate of the DM presented a linear increase, with the highest values found in the silages with 30% of the PP, with or without urea, at all passage rates. The association of PP with urea improves the fermentation characteristics, chemical composition and degradability of elephant grass silages. It is not recommended to make elephant grass silage only with urea, without the PP, because it results in silages of undesirable quality.

Keywords: dry matter, neutral detergent fiber, pH, short chain fatty acids

1 | INTRODUCTION

Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) is considered one of the most important tropical forages because of its high potential for biomass production, easy adaptation and good acceptance by animals. In addition, it is widely used for silage production due to its high productivity. It is present in animal production systems, as a forage reserve for cutting, because of the high production of dry matter and its nutritional value (Rocha, Garcia, Freitas, Bernardino, & Rocha, 2006; Sifeeldein et al., 2018). When not intended for storage, it is used by cutting, mostly unplanned, resulting in uneven use of the planted material, causing a supply of low-quality material.

However, due to the high moisture content and low soluble carbohydrates content of the elephant grass during storage in the silo, undesired fermentation or loss of nutrients from the ensiled mass may occur (Gonçalves, Neiva, Cândido, Oliveira, & Lôbo, 2006), with higher production of acetic and butyric acids, ammonia nitrogen, amides and amines (Ferrari Júnior, Paulino, Possenti, & Lucenas, 2009). This may be fixed by using silage additives as they may affect the fermentation pattern, improve the chemical composition of the silage, decrease losses, increase stability, improve fiber digestibility and increase dry matter content (Bergamaschine, Passipieri, Veriano Filho, Isepon, & Correa, 2006; Santos et al., 2010).

Moisture absorbers make it possible to make silage of young forage plants, as they are usually sources of carbohydrates, cereals, meals, and others, used to increase the silage DM content, reduce effluent production and increase the nutritive value of the silage. (Lopes, Evangelista, & Rocha, 2007).

Among the moisture absorbing additives, the pods meals can be used because they have high levels of soluble carbohydrates and high levels of dry matter, besides being rich in protein. In this context, *Parkia platycephala* pods, which has a dry matter content of approximately 77.25% and 69.26% of soluble carbohydrates (Barbosa et al., 2015), may be an alternative to improve chemical and fermentative characteristics of silages.

In addition, the use of additives, such as urea, can improve silage quality and decrease losses of DM and soluble carbohydrates, providing better chemical composition in treated silages. Composed of 45% nitrogen, under the action of urease it is transformed into ammonium, which upon binding to water, forms ammonium hydroxide which is capable of solubilizing cell wall components, especially hemicellulose, reducing the fibrous fraction of the material.

Given the above, it was hypothesized that the *Parkia platycephala* pod meal would modify the chemical composition, increasing the dry matter and soluble carbohydrates content of the silages, which would provide adequate fermentative characteristics and together with urea would increase the dry matter degradability of the silages. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of the addition of *Parkia platycephala* pod meal and urea on the chemical composition, fermentative characteristics and rumen *in situ* degradability of elephant grass silages.

2 | MATERIAL AND METHODS

2.1 | Experiment Location

The study was carried out at the Federal University of Piauí (UFPI), located in Bom Jesus, Piauí, Brazil, at latitude 9°4'28" south and longitude 44°21'31" west, and an average altitude of 277 meters. The average annual rainfall is 875.1 mm and the mean temperatures are 25.4°C minimum and 28.2°C maximum. During the grass cutting period, the average air relative humidity was 50.76% and the average maximum and minimum temperatures were 32.68 and 21.50 °C, respectively (INMET, 2018). The study was approved by the Animal Use Ethics Committee (CEUA / UFPI) under the protocol no. 394/17.

2.2 | Experimental Design and treatments

It was adopted a completely randomized design with factorial arrangement (4×2), with four levels of inclusion of *Parkia platycephala* pod meal (PP: 0, 10, 20 and 30% as fed) and two levels of urea (U: 0 and 1.5% as fed), totaling eight treatments with five replications each.

The treatments correspond to eight different types of silage:

T1 = 100% Elephant Grass + 0% PP + 0% Urea (Control)

T2 = 90% Elephant Grass + 10% PP + 0% Urea

T3 = 80% Elephant Grass + 20% PP + 0% Urea

T4 = 70% Elephant Grass + 30% PP + 0% Urea

T5 = 98.5% Elephant Grass + 0% PP + 1.5% Urea

T6 = 88.5% Elephant Grass + 10% PP + 1.5% Urea

T7 = 78.5% Elephant Grass + 20% PP + 1.5% Urea

T8 = 68.5% Elephant Grass + 30% PP + 1.5% Urea

2.3 | Silage making

The elephant grass (*Pennisetum purpureum*, cv. Napier), from an established area, at 60 days of regrowth, was manually harvested and processed into 2-cm fragments in a forage chopper and shredder machine model GTM-2001sb GARTHEN®. The *Parkia platycephala* pods were harvested in a naturally occurring area, in the region of Valença-PI, Brazil, when were in a physiological state of maturation and were ground in a DMP type machine (disintegrator, grinder and chopper) using a 10 mm sieve, in order to obtain the meal.

The ensiled material was manually homogenized according to each treatment and then placed in experimental PVC silos (3 kg of capacity), compacted to an average density of 473 kg m⁻³, properly sealed. During the silage making process, samples of approximately 500 g of the grass and *Parkia platycephala* pod meal were collected, which were identified, packed in plastic bags and immediately stored in a freezer to later determine the chemical composition (Table 1).

After 50 days of fermentation, the silos were opened and, after discarding approximately 10 cm from the upper and lower layers of the silage, the median portion was used to determine dry matter, mineral matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicellulose, N-NH₃, pH, organic acids (lactic, acetic, butyric and propionic) and rumen *in situ* degradability.

2.4 | Fermentative Characteristics

The pH was evaluated according to the methodology cited by Jobim, Nussio, Reis and Schmidt (2007), diluting 25 g of fresh silage in 100 mL of distilled water and reading in digital pH meter after 1 hour of sitting.

For the determination of ammonia nitrogen (N-NH₃), 10 g of the fresh silage sample was weighed and ground in a blender with 60 mL of distilled water until the material was aqueous, then filtered on paper filter. The N-NH₃ was determined by distilling 2 mL of each

sample with the addition of 5 mL of 2 N KOH in a Kjeldhal apparatus. The distillate was received in 10 mL of 2% H₃BO₃ to a final volume of 50 mL, followed by titration with 0.02 Normal H₂SO₄, according to the technique of Mizubuti, Pinto, Ramos and Pereira (2009).

For the determination of the organic acids (lactic, acetic, propionic and butyric), 10 g of silage were ground in a blender with distilled water and then filtered on paper filter (Whatman No. 54). From the filtrate, 10 mL was removed and 50 µL of 50% sulfuric acid was added, placed in tubes and homogenized. Then 2 ml of the solution was pipetted and 1 ml of 20% metaphosphoric acid solution and 0.2 ml of 0.1% phenic acid were added and stirred. The samples were centrifuged at maximum rotation for 15 minutes. The supernatant was put in *ependorff* tubes and placed in a freezer for further analysis.

The identification and quantification of organic acids (lactic, acetic, propionic and butyric) were performed by high performance liquid chromatography, brand THERMO, model UV/VISIBLE coupled to the Ultra Violet Detector (UV) using a wavelength of 210 nm. A 30 cm × 4.5 mm diameter HPX-87H (BIORAD) column with a flow rate of 0.6 mL / min and a pressure of 73 kgf was used. Mobile phase: water in 0.05 MM of sulfuric acid and the injected volume was 10 µL.

2.5 | Chemical composition analysis and *in situ* ruminal degradability

Approximately 500 g of samples from the material before and after ensiling were collected, pre-dried in a 60°C forced ventilation oven for 72 hours and ground in a Willey mill with 1-mm sieves for the determination of dry matter (DMS), crude protein (CP) (Method 981.10-AOAC, 1990) and mineral matter (MM) (Method 942.05-AOAC, 1990). In order to determine the content of neutral detergent insoluble fiber (NDF) and acid detergent insoluble fiber (ADF), the methodology of Van Soest et al. (1991) was used with modifications proposed by the Ankon device manual (Ankon Technology Corporation, Macedon, New York, USA). For NDF analysis of the PP and the silage with PP, thermostable amylase and 8

M Urea solution without sodium sulfite were used. The hemicellulose contents were obtained by the difference between NDF and ADF. To estimate total carbohydrates (TCH), the following equation proposed by Sniffen et al. (1992) was used: $TCH = 100 - (\%CP + \%EE + \%MM)$; and the non-fibrous carbohydrates (NFC) were estimated using the equation recommended by Mertens (1997): $NFC = 100 - \%MM - PB - \%EE - \%NDF$. The chemical analyses of the material were performed at the Animal Nutrition Laboratory of the Federal University of Piauí, Bom Jesus (Piauí, Brazil).

For *in situ* degradability evaluation, the composite samples were pre-dried in a forced ventilation oven at 55 to 60 °C for 72 h and then ground in a Willey mill (2-mm sieve). TNT bags (100 g/cm²) of 4 x 5 cm dimensions were fashioned, as recommended by Valente et al. (2011). After weighing, the silage samples were placed in the bags, respecting the ratio of 20 mg of DM/cm² of bag (Nocek, 1988). The bags were sealed at the edges and properly identified and placed in a forced ventilation oven at 55 to 60 °C for 24 h, weighed again and placed in net bags with a small weight and tied with a nylon string attached to the cannula. The animals were subjected to a period of adaptation of 14 days, during which they were provided concentrated feed and roughage in the proportion of 60:40, twice a day and water at will.

The incubation followed in reverse chronological order at times 0, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours, with simultaneous removal of all bags. The bags related to time zero were not inserted into the animals' rumen, but were washed in running water next to the others. After washing, the bags were dried in a forced ventilation oven at 60 °C for 72 hours in order to determine the dry matter, according to the AOAC recommendations (Method 967.03-AOAC, 1990).

The *in situ* degradability of DM was determined using the weight difference for each component between the weighing performed before and after rumen incubation and was

expressed as a percentage. After obtaining the coefficients A, B and C, they were entered into the following equation proposed by Ørskov and McDonald (1979) to calculate the potential degradability (PD):

$$PD (\%) = A + B \times (1 - e^{-ct})$$

Where PD = fraction degraded at time t; A = soluble fraction (%); B = potentially degradable insoluble fraction (%); c = fraction B degradation rate (%/h); and t = time (h)

The non-linear parameters A, B and C were estimated using interactive Gauss-Newton procedures. After determining the model parameters, the effective degradability (ED) of the dry matter (DM) was calculated using the following model:

$$ED = A + [(B \times c) / (c + K)]$$

Where:

k = corresponds to the estimated passage rate of the particles in the rumen

Feed passage rates of 2, 5 and 8% / hour were considered for low, medium and high consumption, according to the model proposed by Ørskov and McDonald (1979).

2.6 | Statistical Analysis

All data were analyzed using the SAS MIXED procedure (SAS Inst. Inc., Cary, NC). When the interaction (PP × U) was significant, the degrees of freedom were unfolded (SAS SLICE option). The effects of the PP inclusion level on the analyzed variables were evaluated using orthogonal contrasts to determine the linear, quadratic and cubic effects. The contrasts were significant when the P-value was ≤0.05. For the effects of the urea levels, the estimated means using LSMEANS were compared using Fisher's LSD test. Significant differences were declared at $p < 0.05$ and trends were accepted if $p < 0.10$.

The data used (observed) to estimate the degradation parameters were analyzed by the interactive method, using the SAS NLIN procedure for non-linear models. The DM

disappearance data from different silages were submitted to analysis of variance, with means comparison by the Fisher's LSD test.

The residues were plotted against the predicted values and were used to verify the model assumptions of homoscedasticity, independence and normality of the errors. A record was considered an outlier and removed from the database when the studentized residue was outside the ± 2.5 range.

3 | RESULTS

3.1 | Fermentative Characteristics

A significant effect of the interaction ($p < 0.0001$) between urea and PP levels was observed on the silage pH values (Table 2). When elephant grass was ensiled without urea (0% urea), the maximum value was 3.65 at the level of 15% PP, while in the silage with 1.5% urea, it was observed minimum value of 1.46 at 26.5% of PP (Figure 1).

The highest pH value was recorded in the silage without PP and with urea (0% PP + 1.5%U).

An effect of the interaction ($p < 0.0001$) between urea and PP levels was also observed on the ammonia nitrogen (N-NH₃) values (Table 2). A quadratic effect of the PP level was observed on the N-NH₃ values of the silages, so that when elephant grass was ensiled without urea (0% of urea), a minimum value of 2.46% was observed at an PP level of 21.7%. On the other hand, the silage with 1.5% urea presented a cubic effect with decreases of N-NH₃ in the silage with 10 and 30% PP (Figure 1).

In the silages treated with urea, a higher value of N-NH₃ was found when they contained only elephant grass, reducing as PP was added (Figure 1). There was no effect of the interaction ($p = 0.71$) between urea and PP levels on lactic acid values (Table 2). The inclusion of different PP levels did not change the pH of the silages. However, there was a linear increase in lactic acid concentrations as the PP increased (Figure 1).

A fixed effect of the urea levels on lactic acid was observed ($p < 0.01$), presenting lower values in the silages containing 1.5% urea. However, the elephant grass silages (0% PP + 0% U) presented the lowest value of lactic acid.

Regarding the concentrations of acetic, propionic and butyric acid, no effects of the interaction between PP and urea levels were found ($p > 0.05$). There was an effect of urea levels on propionic ($p = 0.01$) and butyric acid ($p = 0.001$) concentrations, with higher values in the silages containing 1.5% urea.

3.2 | Chemical composition

An effect of the interaction between PP and urea levels was observed ($p < 0.01$) on the variables DM, MM, CP, NDF and ADF (Table 3). The silages containing PP without urea showed higher DM, NDF and ADF values than the silages with urea. CP and MM contents were higher in the silages that contained PP and urea (Figure 2).

The DM contents increased linearly ($p < 0.01$) as the PP levels in the silages increased when compared to elephant grass (Table 1).

Parkia platycephala pod meal levels promoted linear increase of the CP contents of the silages without urea (Table 3; Figure 2). Whereas in the silages with urea, the levels of PP promoted a quadratic effect (Table 3; Figure 2) on CP contents, with the highest value (25% CP) found at the level of 23.5% of PP.

There was a linear decrease of MM with the addition of PP in the elephant grass silages, with an estimated decrease of 0.03 and 0.09% of the MM content for each unit of PP added in the silages without and with urea, respectively (Table 3; Figure 2).

The regression analysis revealed a linear reduction of NDF and ADF values with the inclusion of PP (Table 3; Figure 2). However, there was no effect of the interaction between PP and urea levels ($p = 0.16$) on the hemicellulose contents of the silages.

There was no significant effect of the urea on hemicellulose contents ($p = 0.14$), with means of 25.87% and 25.06% for the silages without (0%) and with 1.5% of urea, respectively.

3.3 | *In situ* ruminal degradability of dry matter

There was a higher disappearance of the DM of elephant grass silages that contained PP and urea during the incubation period (Figure 3).

An effect of the interaction ($p < 0.03$) between urea and PP levels was observed on the DM degradability as well as on fractions A and B (Table 4). Evaluating the effect of the PP on the degradability of the DM, it can be observed a linear increase, with estimated increases of 0.70% and 0.78% in the silages without and with urea, respectively, for each unit of PP added. The highest degradability of the DM was found in the treatment containing 30% PP with urea. The silages treated with urea showed higher degradability of the DM (Table 4; Figure 5).

A significant effect of the interaction ($p < 0.01$) between urea and PP levels was observed in the potentially degradable fraction (fraction B) of the DM (Table 4). In the silages without the addition of urea, there was an increase of 0.65% for each unit of PP added (Figure 4). On the other hand, in the silages with urea, a quadratic effect was observed, with a minimum value of 37% at the level of 14.5% of PP (Figure 4).

There was no effect of the interaction ($p = 0.67$) between urea and PP levels on the degradability of fraction C, with linear reduction of that fraction as PP was added to the silages (Figure 5), although there were increases in fractions A and B as the PP level increase. There was effect of the interaction ($p < 0.01$) between urea and PP levels on the effective degradability (ED) of the silages DM (Table 5).

4 | DISCUSSION

The state of symbiosis in the rumen environment is essential. Therefore, a factor that directly interferes is the quality of the diet, since the fermentative parameters are important for the multiplication of microorganisms, which act on fiber degradability favoring greater nutrient assimilation and animal productivity.

In the present study, the highest pH value of the silages occurred in the absence of PP (0% PP + 1.5% U), showing the redox power of PP. It is also noteworthy that the slow fall in the pH value may have occurred due to the urea associated with the high moisture content in this treatment, interfering with the colonization of acid-lactic bacteria, and favoring the appearance of undesirable microorganisms.

The increase in pH in urea-treated silages can be attributed to the increased ammonia concentration in these silages, as this is a substance with alkalizing power, making it difficult to reduce pH (Siqueira et al., 2007). In the treatment containing 10% PP + 1.5% U, a pH value of 3.85 was recorded, which is within the range considered optimal (3.8 to 4.2) for adequate fermentation (McDonald, Henderson, & Heron, 1981). Barbosa et al. (2015) obtained pH values within this range as the *Parkia platycephala* pod meal levels increased from 8%.

It is noteworthy that urea-treated silages with efficient transformation of that material into ammonia have higher pH than untreated silages (Kung Jr., Stokes, & Lin, 2003). Urea-treated silages present transformation of this fraction into ammonium hydroxide, an alkaline compound that inhibits pH drop and, according to Rocha et al. (2006) it is not an indicative of undesirable fermentations in this type of silage. This is why the silages with 0% PP + 1.5% U had such a high pH value, associated with the high N-NH₃ concentration. However, when combined with PP this effect disappeared.

The lowest N-NH₃ values were found in the treatments with both urea and PP. The absence of additives in the silages increased the N-NH₃ value, which was probably due to

excessive breakdown of protein into ammonia during the fermentation process. According to McDonald et al. (1991) the N-NH₃ content is associated with the fermentative quality of the silage, as this compound is derived from the degradation of the protein fraction by proteolytic enzymes secreted especially by bacteria of the genus *Clostridium*, and should be below 10%. Except for the silages without PP and with urea (0% PP + 1.5% U), the N-NH₃ concentrations of the silages in the present study were considered low, indicating good quality and well-preserved silages.

The linear increase of lactic acid concentrations as the PP was added may indicate a rapid increase of acid-lactic bacteria, showing that occurred efficient colonization and good adaptation of the bacteria to the silages, both due to the increase of soluble carbohydrates from the PP and to the increase of the DM content. According to Ferreira, Neiva, Rodriguez, Lôbo and Vasconcelos (2004), the increase in lactic acid production may be a result of the greater availability of soluble carbohydrates, with consequent maintenance of low pH.

Acetic acid values above the critical level of 0.8% were observed (MUCK, 1988), except in the silage containing only elephant grass (0% PP + 0% U), suggesting a good preservation of the ensiled mass due to its power feature of inhibiting yeast growth.

The response reported above can be explained by the high pH values found in the silages containing urea (Table 2). In those silages, the additive caused a slow pH decrease due to the action of the ammonia produced by the urease enzyme reaction, which interfered in the extension of the acid-lactic bacteria colonization of the ensiled material, favoring the multiplication of undesirable microorganisms that act in higher pH ranges (Dias et al., 2014), with consequent butyric acid production at levels above the limit of 0.04% suggested by Muck (1988). This type of fermentation can result in significant losses of DM and decrease the aerobic stability of the silages.

The linear increase of DM according to the addition of PP is justified by the fact that PP has a high DM content (85.57%; Table 1). Increases of 0.27% and 0.38% were observed for each unit of PP added to the silages at the levels of 0% and 1.5% of urea, respectively (Figure 2). Similar results were found by Mota, Moura, Portela, Carvalho, and Oliveira (2015), when evaluating the fermentative characteristics of elephant grass silage with different additives. Additives with high DM content act by increasing the DM content of the ensiled material by absorbing the excess of forage moisture, thus improving microbial fermentation and nutritional value in tropical grasses silage (Zanine et al., 2006; Santos et al., 2010; Mota et al., 2015).

The levels of PP inclusion of 20 and 30%, whether or not associated with urea, provided DM values within the reference range (28 to 40%) (Jobim, Pereira Filho, & Silva, 2009), as necessary for the predominance of lactic fermentation and inhibition of undesirable fermentation. Urea, on the other hand, reduced silage DM values (Table 3; Figure 2), which corroborates with Siqueira et al. (2007), who evaluated the inclusion of 1.5% of urea in sugar cane silage and verified a decrease in the DM content of the treated silages.

In the silages containing urea, the protein contents were higher when compared to the silages without urea due to the high NPN content (46%), thus contributing to the increase of the nitrogen content of the final product.

The protein content in the silages containing urea was higher as expected. In the research developed by Rocha et al. (2006) it was observed a positive effect of urea doses on CP content of elephant grass silages, but the authors point out that these results do not mean that it would be ideal to add high doses of this additive, as they would exceed the nutritional needs of ruminants. The chemical treatment with urea increases the nitrogen content increasing its availability to the rumen microorganisms, allowing a higher efficiency on

substrate degradability, due to the increase of the synthesized crude protein content, by the addition of non-protein nitrogen (Silva et al., 2016).

The treatment containing elephant grass only (0% PP + 0% U) presented a CP value (6.16%) lower than the recommended minimum, due to the low CP content of elephant grass (6.87% of DM; Table 1) prior to ensiling.

The silages with urea presented higher MM content, and the lowest values were found in the treatment with 30% PP. Probably, this effect occurred due to the loss of cellular constituents during fermentation, resulting in proportional increase of the values. Dias et al. (2014) found lower organic matter content in sugarcane silages that were not treated with urea, and attributed that fact to the higher production of gases and effluents from the higher extent of undesirable fermentations.

According to the NDF and ADF values, the silages containing urea presented lower fiber content when compared to the silages without urea, except for treatments without PP. The use of urea in roughages promotes changes in the fibrous fraction resulting in reduced NDF and ADF content due to the solubilization of hemicellulose and lignin and cellulose, respectively (Silva et al., 2016). This is due to the action of ammonium hydroxide, which is formed after urease converts urea into ammonia that binds to water, promoting alkaline hydrolysis of the fibrous fraction (Rocha et al., 2006). Even though there was a linear decrease in hemicellulose ($P < 0.0001$) as PP levels increased, it was estimated a decrease of 0.23% in hemicellulose content for each unit of PP added (Figure 2). This decrease may be associated to the dilution effect proportional to the inclusion of PP, which presented low hemicellulose value (9.65% of DM; Table 1) when compared to the elephant grass (30.51% of DM; Table 1).

The increase in DM disappearance of the silage containing both PP and urea was proportional to the PP inclusion levels, being higher in the silages treated with urea, except

for those without PP and with urea. The lower fibrous fraction contents of the PP (Table 1) may have contributed to this effect, which was potentiated by the urea. This difference in rumen degradation of the silage DM may be an important factor with impact on animal consumption.

The PP levels promoted linear increase of the soluble fraction (A) and potentially degradable fraction (B) in the absence of urea (Table 4; Figure 5). This was probably due to the high non-fibrous carbohydrate content present in PP (Table 1). These results corroborate with Alves et al. (2007), who found the value of 70% of digestibility of the soluble fraction of *Parkia platycephala* pods, evidencing the high potential of this additive for inclusion in ruminant diet.

The urea provided increased digestibility of the roughage materials due to the effect of ammonia on the cell wall by disrupting ester bonds between cell wall components and phenolic acids and to depolymerization of lignin in addition to increasing fermentable carbohydrate content (Silva et al. al., 2016). Accordingly, the highest degradability of fraction A was found in the treatments with 30% PP, since the *Parkia platycephala* pods have high NFC content (Barbosa et al., 2015).

The use of urea provided greater degradability of fraction B when silages contained 0% and 10% of PP. However, when PP participation increased to 20 and 30%, the effect of urea disappeared (Table 4). The combination of 20% PP + 1.5% U resulted in the lowest fraction B among the silages with added urea (Table 4).

A linear increase of ED was observed as the PP level increased in the silage, being higher in the silages with urea (Figure 5). The silages containing urea had higher effective DM degradability rates when compared to the ones without additives (Figure 5). These results suggest a better nutritive value of these silages when compared to the others evaluated.

It was observed that there were changes in elephant grass silages with the inclusion of additives. Regarding the fermentative characteristics, there was an increase in pH, N-NH₃ and butyric acid in urea-treated silages without PP, while PP increased lactic acid contents. Regarding the chemical composition, PP increased the DM contents and together with urea increased CP. The NDF and ADF contents were reduced in the presence of urea. Regarding the rumen degradability of the silages, there was an increase in the DM disappearance in those treated with PP and urea, besides the increase of fractions A and B and ED of the DM. These results are in agreement with the literature, as observed by Lopes et al. (2007), who associated urea and moisture absorbing additives in sugarcane silages, and obtained improved nutritional value, and higher consumption and digestibility of the silages with additive.

5 | CONCLUSION

The *Parkia platycephala* pod meal, from the level of 10% as fed, associated with urea improves the fermentative characteristics and chemical composition of elephant grass silage, promoting an increase in the dry matter and crude protein contents and reducing the levels of fiber, consequently increasing potential and effective degradability. However, it is not recommended to ensile elephant grass with urea alone, as it results in undesirable quality silage.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

REFERENCES

Alves, A. A., Sales, R. O., Neiva, J. N., Medeiros, A. N., Braga, A. P., & Azevêdo, A. R. (2007). Degradabilidade ruminal in situ de vagens de faveira (*Parkia platycephala* Benth) em diferentes tamanhos de partículas. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59, 1045-1051.

- Barbosa, L. H. F., Garcez, B. S., Machado, F. A., Nicolini, C., Barbosa, F. J. V., Alves, W. P., Silva, N. R., & Neto, J. V. A. Parâmetros fermentativos de silagens de capim elefante com adição de vagem de faveira (*Parkia platycephala* Benth.). In: X Congresso Nordestino De Produção Animal, 2015, Teresina, PI. *Anais...* Teresina, PI, 2015, 3p.
- Bergamaschine, A. F., Passipieri, M., Veriano Filho, W. V., Isepon, O. J., & Correa, L. A. (2006). Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidos com aditivos ou forragem emurchecida. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 1454-1462.
- Dias, A. M., Ítavo, L. C. V., Ítavo, C. C. B. F., Blan, L. R., Gomes, E. N. O., Soares, C. M., Leal, E. S., Nogueira, E., & Coelho, E. M. (2014). Ureia e glicerina bruta como aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66, 1874-1882.
- Ferrari Júnior, E., Paulino, V. T., Possenti, R. A., & Lucenas, T. L. (2009). Aditivos em silagem de capim elefante paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso). *Archivos de Zootecnia*, 58, 185-194.
- Ferreira, A. C. H., Neiva, J. N. M., Rodriguez, N. M., Lôbo, R. N. B., & Vasconcelos, V. R. (2004). Valor nutritivo das silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1380-1385.
- Gonçalves, J. S., Neiva, J. N. M., Cândido, M. J. D., Oliveira, B. C. M., & Lôbo, R. N.B. (2006). Composição bromatológica e características fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Roxo contendo níveis crescentes do subproduto da semente do urucum (*Bixa orellana* L.). *Revista Ciência Agronômica*, 37, 228-234.
- Inmet. *Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática*. (2018). Disponível em: www.inmet.gov.br/.... Acesso em: 09 de Janeiro de 2018.

- Jobim, C. C., Nussio, L. G., Reis, R. A., & Schmidt, P. (2007). Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 101-119.
- Jobim, C. C., Pereira Filho, J. M., & Silva, A. M. A. (2009). *Utilização de forragens conservadas na região semiárida do Nordeste do Brasil*. Sistemas Agrossilvipastoris no Semiárido. 1. Ed. Campina Grande: Editora Universitária, 46p.
- Kung Jr., L., Stokes, M.R., & Lin, C.J. (2003). *Silage Additives*. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.) *Silage science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, p.251-304.
- Lopes, J.; Evangelista, A. R.; & Rocha, G. P. (2007). Valor nutricional da silagem de cana-de-açúcar acrescida de ureia e aditivos absorventes de umidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 1166-1181.
- Mcdonald, P. (1981). *The biochemistry of silage*. New York: John Wiley, 226p.
- Mcdonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage*. 2. Ed. Merlow: Chalcomb Publications. 340 p.
- Mizubuti, I. Y., Pinto, A. P., & Ramos, B. M. O., Pereira, E. S. (2009). *Métodos Laboratoriais de Avaliação de Alimentos*. Londrina: EDUEL, 228p.
- Mota, P. E. S., Moura, R. L., Portela, G. L. F., Carvalho, W. F., & Oliveira, M. R. A. (2015). Perdas e características fermentativas da silagem de capim elefante com diferentes aditivos. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido*, 11, 126-130.
- Muck, R. E. (1993). *The role of silage additives in making high quality silage*. In: *Silage production from seed to animal*. Ithaca: Northeast Regional Agriculture Engineering Service, p. 106-116.

- Nocek, J. E. (1988). In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, 71, 2051-2069.
- Ørskov E. R., & McDonald I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal Agricultural Science*, 92, 449-453.
- Paulino, V. T., Bueno, M. S., & Abdalla, A. L. (2012). Composição química e compostos fenólicos em *Arachis pintoii* Belmonte. *Revista Archivos de Zootecnia*, 61, 611-614.
- Rego, A. C.; Paiva, P. C. A.; Muniz, J. A.; Cleef, E. H. C. B. V.; & Machado Neto, O. R. (2011). Degradação ruminal de silagem de capim-elefante com adição de vagem de algaroba triturada. *Revista Ciência Agronômica*, 42, 199-207.
- Rocha, F. C., Garcia, R., Freitas, A. W. P., Bernardino, F. S., & Rocha, G. C. (2006). Amonização sobre a composição química e digestibilidade da silagem de capim-elefante. *Revista Ceres*, 53, 228-233.
- Santos, M. V. F., Castro, A. G. G., Perea, J. M., García, A., Guim, A., & Hernandez, M. P. (2010). Revisão bibliográfica: Fatores que afetam o valor nutritivo de silagens de forrageiras tropicais. *Archivos de Zootecnia*, 59, 25-43.
- Sifeeldein, A., Yuan, X., Dong, Z., Li, J., Youns, H., & Shao, T. (2018). Characterization and identification of lactic acid bacteria by 16S rRNA gene sequence and their effect on the fermentation quality of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) silage. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24, 123-130.
- Silva, V. L., Borges, I., Araújo, A. R., Costa, H. H. A., Alves Filho, F. M., Frutuoso, F. I. A., Silva, R. H. P., & Alcântara, P. B. X. (2016). Efeito do tratamento químico sobre a digestibilidade de volumosos e subprodutos da agroindústria. *Revista Acta Kariri Pesquisa e Desenvolvimento*, 1, 29-37.

- Siqueira, G. R., Reis, R. A., Schocken-Iturrino, R. P., Bernardes, T. F., Pires, A. J. V., Roth, M. T. P., & Roth, A. P. T. P. (2007). Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 789-798.
- Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G., Russell, J. B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluation of cattle diets. II Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70, 3562–3577.
- Valente, T. N. P., Detmann, E., Valadares Filho, S. C., Queiroz, A. C., Sampaio, C. B., & Gomes, D. I. (2011). Avaliação dos teores de fibra em detergente neutro em forragens, concentrados e fezes bovinas moídas em diferentes tamanhos e em sacos de diferentes tecidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 1148-1154.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583–3597.
- Zanine, A. M., Santos, E. M., Ferreira, D. J. Oliveira, J. S., Almeida, J. C. C., & Pereira, O. G. (2006). Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. *Archivos de Zootecnia*, 55, 75-84.

Table 1 - Chemical composition of elephant grass and *Parkia platycephala* pod meal at the time of ensiling

Item (%DM)	Elephant grass	<i>Parkia platycephala</i> pod meal
Dry matter (%AF)	22.27	85.57
Mineral matter	5.32	1.54
Organic matter	94.68	98.46
Ether extract	2.40	1.23
Crude protein	6.87	8.50
Neutral detergent fiber	73.27	20.20
Acid detergent fiber	42.76	10.55

Hemicellulose	30.51	9.65
Total Carbohydrates	85.42	88.73
Non-fibrous Carbohydrates	12.14	68.53

AF = as fed; DM = dry matter

Table 2 - Fermentative characteristics of elephant grass silage containing *Parkia platycephala* pod meal (PP) and urea (U)

Urea (%AF)	<i>Parkia platycephala</i> pod meal (%as-fed)				Mean	SEM	P-value		
	0	10	20	30			PP	U	PP × U
pH									
0	3.40bA	3.71aA	3.60aA	3.56aA	3.57	0.27	<0.0001	<0.0001	<0.0001
1.5	8.70aA	3.85aB	3.53aB	3.63aB	4.93				
Mean	6.04	3.78	3.57	3.60					
N-NH ₃ (%Total Nitrogen)									
0	5.25bA	3.48aB	2.55bC	3.36aB	3.66	0.24	<0.0001	<0.0001	<0.0001
1.5	15.96aA	1.74bB	1.88bB	1.42bB	5.25				
Mean	10.60	2.61	2.22	2.40					
Lactic Acid (%DM)									
0	1.51	1.72	2.17	2.13	1.88b	0.16	0.01	0.05	0.71
1.5	2.00	2.21	2.22	2.90	2.33a				
Mean	1.75	1.96	2.20	2.52					
Acetic Acid (%DM)									
0	0.62	1.08	1.22	1.18	1.02	0.09	0.11	0.18	0.66
1.5	1.06	1.19	1.24	1.30	1.19				
Mean	0.84	1.14	1.23	1.24					
Propionic Acid (%DM)									
0	0.32	0.52	0.54	0.55	0.48b	0.04	0.31	0.01	0.46
1.5	0.62	0.62	0.63	0.66	0.63a				
Mean	0.47	0.57	0.58	0.61					

	Butyric Acid (%DM)								
0	0.13	0.17	0.16	0.17	0.16b	0.01	0.36	0.001	0.78
1.5	0.20	0.21	0.20	0.21	0.20a				
Mean	0.16	0.19	0.18	0.19					

Means followed by different lowercase letters in the columns differ for urea and uppercase in the rows differ for the level of *Parkia platycephala* by the Fisher's LSD test ($p < 0.05$).

Table 3 - Chemical composition of elephant grass silage containing *Parkia platycephala* pod meal (PP) and urea (U)

Urea (%AF)	<i>Parkia platycephala</i> pod meal (%as-fed)					Mean	SEM	P-value		
	0	10	20	30	PP			U	PP × U	
Dry matter (%AF)										
0	23.33aD	26.77aC	29.13aB	31.64aA	27.72	0.48	<0.0001	<0.0001	0.01	
1.5	18.33bD	24.55bC	27.47bB	29.92bA	25.07					
Mean	20.83	25.66	28.30	30.78						
Crude protein (%DM)										
0	6.16bB	7.65bB	11.00bA	11.19bA	9.00	0.80	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
1.5	13.37aC	22.78aA	21.27aAB	20.92aB	19.58					
Mean	9.76	15.21	16.13	16.06						
Mineral Mater (%DM)										
0	5.21bA	4.40bBC	4.52bB	4.11bC	4.56	0.18	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
1.5	7.60aA	6.88aB	5.60aC	5.06aD	6.28					
Mean	6.40	5.64	5.06	4.58						
Neutral detergent fiber (%DM)										
0	77.41aA	68.91aB	61.81aC	56.74aD	66.22	1.52	<0.0001	<0.0001	0.0002	
1.5	77.36aA	61.73bB	56.31bC	51.34bD	61.68					
Mean	77.38	65.31	59.06	54.04						

		Acid detergent fiber (%DM)				0.98	1.09	<0.0001	<0.0001	<0.0001
0	48.50aA	43.70aB	37.27aC	33.04aD	40.63					
1.5	48.22aA	35.79bB	32.44bC	30.27bD	36.68					
Mean	48.36	39.75	34.85	31.66						
		Hemicellulose (%DM)								
0	29.92	25.20	24.53	23.83	25.87a	0.52	<0.0001	0.14	0.16	
1.5	29.43	25.93	23.80	21.07	25.06a					
Mean	29.67	25.57	24.17	22.45						

Means followed by different lowercase letters in the columns differ for urea and uppercase in the rows differ for the level of *Parkia platycephala* by the Fisher's LSD test ($p < 0.05$).

Table 4. Rumen degradation parameters of the dry matter (DM) of elephant grass silage containing *Parkia platycephala* pod meal (PP) and urea (U)

Urea (%AF)	<i>Parkia platycephala</i> pod meal (%as-fed)				Mean	SEM	P-value		
	0	10	20	30			PP	U	PP × U
DM Degradability (%)									
0	25.17D	31.30Cb	39.81Bb	45.77Ab		1.78	<0.0001	<0.0001	0.03
	b				35.51				
1.5	30.32Ca	46.96Ba	48.60Ba	55.87Aa	45.44				
Mean	27.75	39.13	44.21	50.82					
Fraction A (%)									
0	17.33Da	24.19Cb	32.20Bb	40.17Ab	35.97	0.17	<0.0001	<0.0001	<0.0001
1.5	15.93D	36.24Ca	39.44Ba	47.56Aa					
	b				40.88				
Mean	16.63	30.21	35.82	43.86					

Fraction B (%)									
0	25.98D	32.98Cb	39.47Ba	45.45Aa		0.68	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	b				35.97				
1.5	40.22Ba	38.92BCa	37.80Ca	46.58Aa	40.88				
Mean	33.10	35.95	38.63	46.01					
Fraction C (%/h)									
0	1.16	0.77	0.64	0.38	0.74b	0.001	<0.0001	<0.0001	0.67
1.5	1.57	1.03	1.03	0.60	1.06a				
Mean	1.37	0.90	0.84	0.49					

Means followed by different lowercase letters in the columns differ for urea and uppercase in the rows differ for the level of *Parkia platycephala* by the Fisher's LSD test ($p < 0.05$).

Table 5. Effective degradability of the dry matter (DM) of elephant grass silage containing *Parkia platycephala* pod meal (PP) and urea (U)

Urea (%AF)	<i>Parkia platycephala</i> pod meal (% as-fed)					P-value			
	0	10	20	30	Mean	SEM	PP	U	PP × U
2 %/h									
0	26.87Db	33.06Cb	41.80Bb	47.40Ab	37.28	0.62	<0.0001	<0.0001	<0.0001
1.5	33.25Ca	49.40Ba	50.67Ba	58.02Aa	47.84				
Mean	30.06	41.23	46.24	52.71					
5 %/h									
0	22.37Db	28.46Cb	36.70Bb	43.37Ab	32.73	0.40	<0.0001	<0.0001	<0.0001
1.5	25.38Da	42.88Ca	45.28Ba	52.48Aa	41.51				
Mean	23.88	35.67	40.99	47.93					
8 %/h									

0	20.76Db	27.00Cb	35.13Bb	42.22Ab	31.28	0.30	<0.0001	<0.0001	<0.0001
1.5	22.44Da	40.68Ca	43.41Ba	50.78Aa	39.33				
Mean	21.60	33.84	39.27	46.50					

Means followed by different lowercase letters in the columns differ for urea and uppercase in the rows differ for the level of *Parkia platycephala* by the Fisher's LSD test ($p < 0.05$).

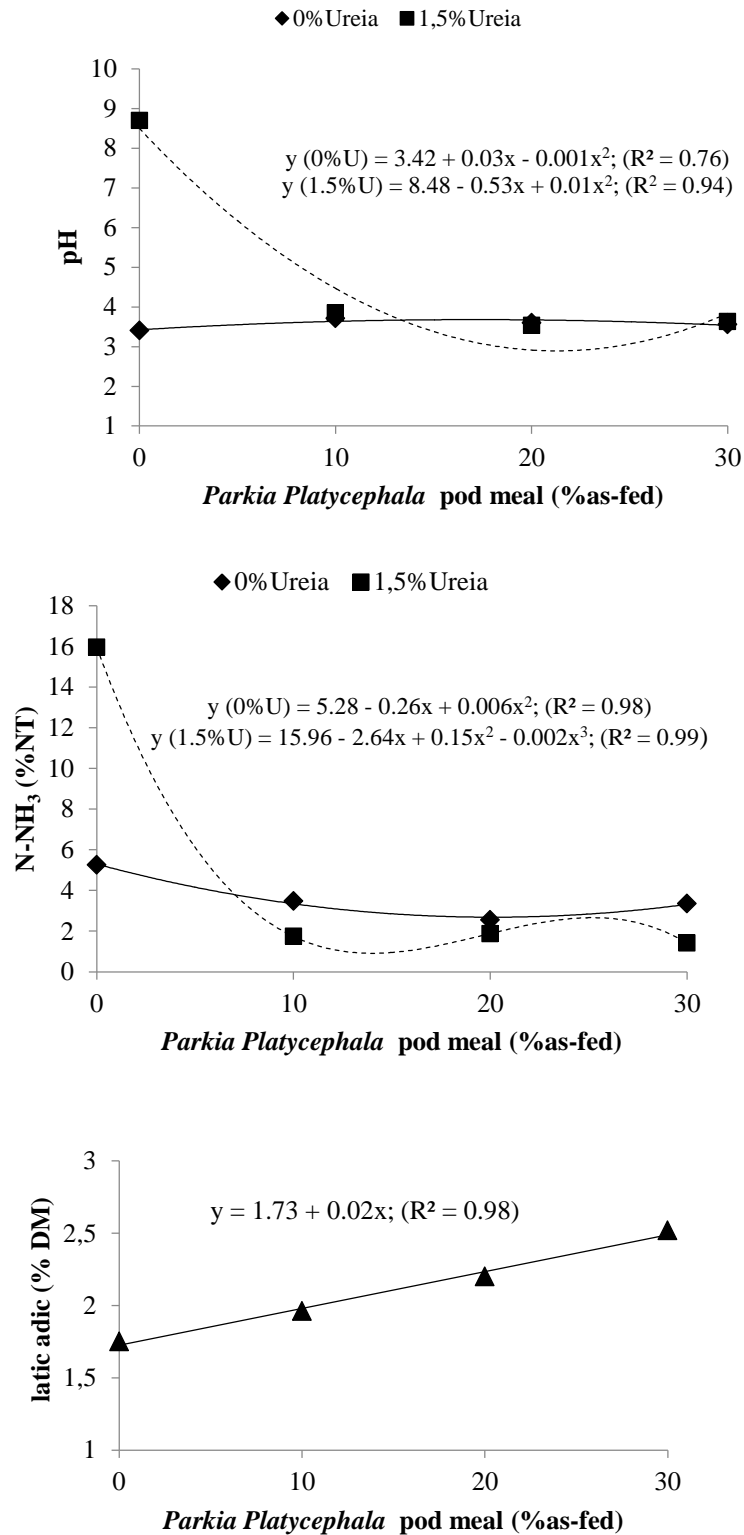
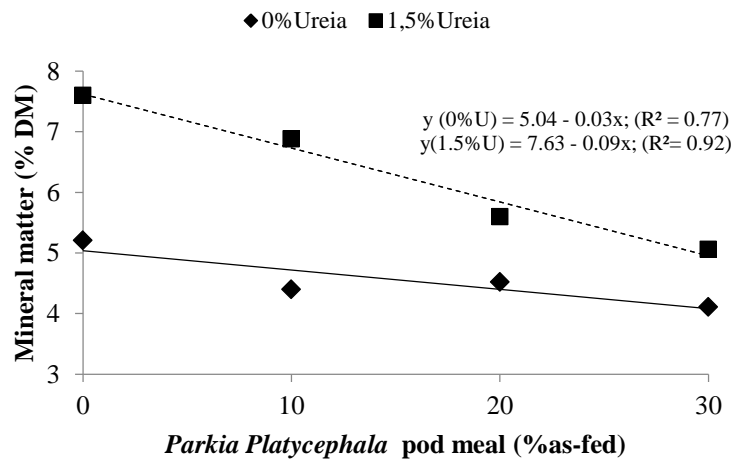
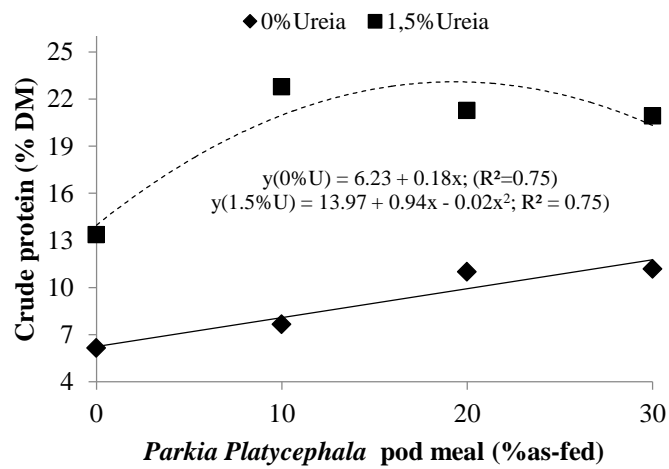
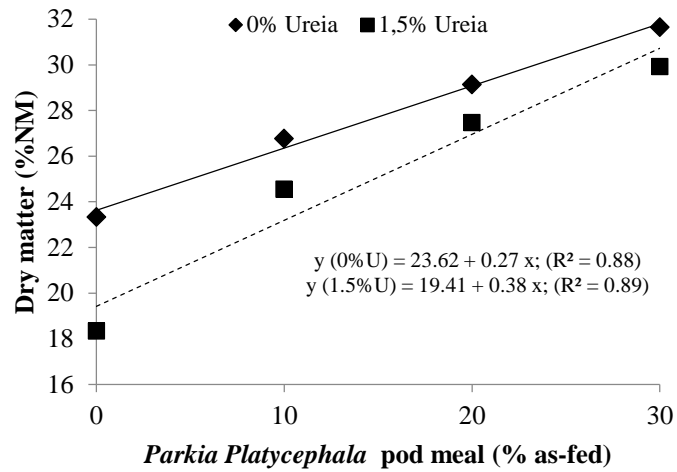


Figure 1 - pH, ammonia nitrogen (N-NH₃; % total nitrogen) and lactic acid concentration in elephant grass silages as a function of the level of *Parkia platycephala* pod meal.



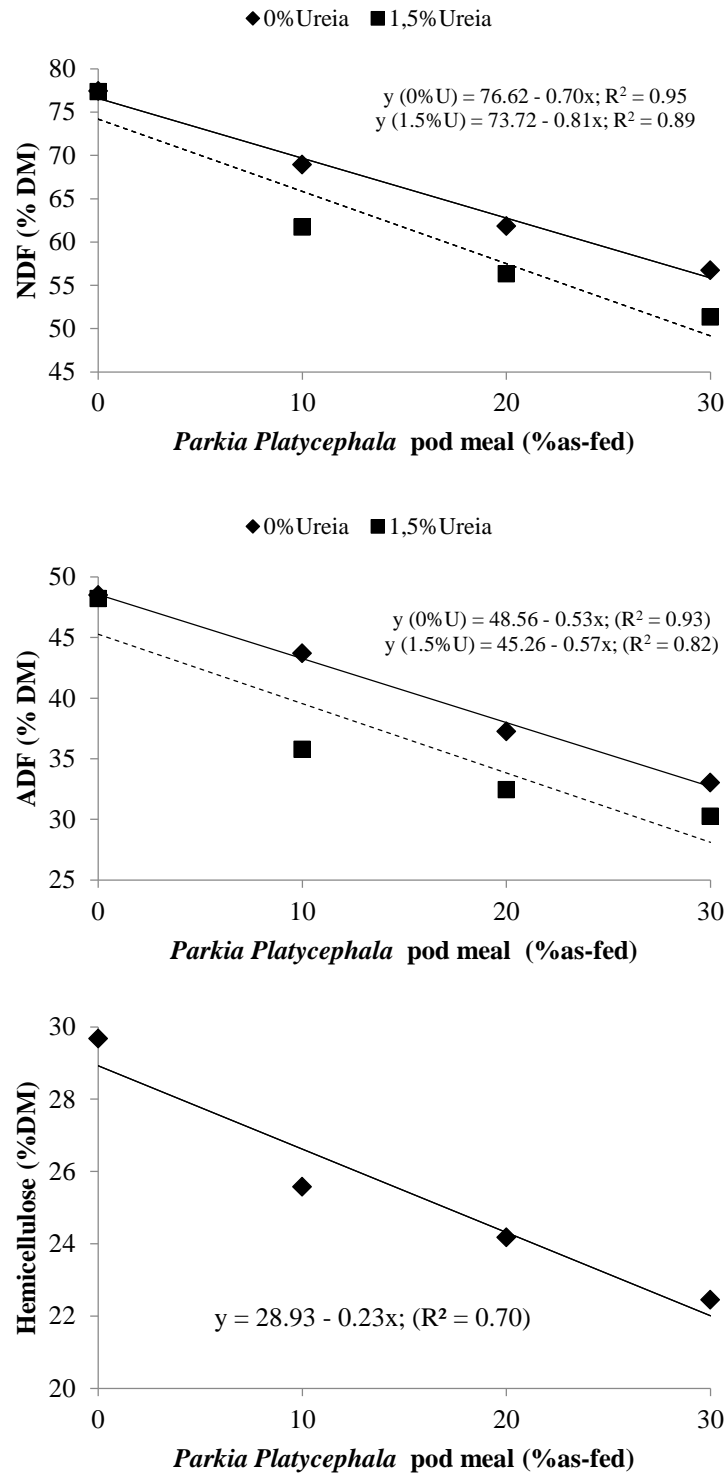


Figure 2 - Concentrations of dry matter, crude protein, mineral matter, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and hemicellulose in elephant grass silages containing *Parkia platycephala* pod meal (PPM) and urea, as a function of the PP level.

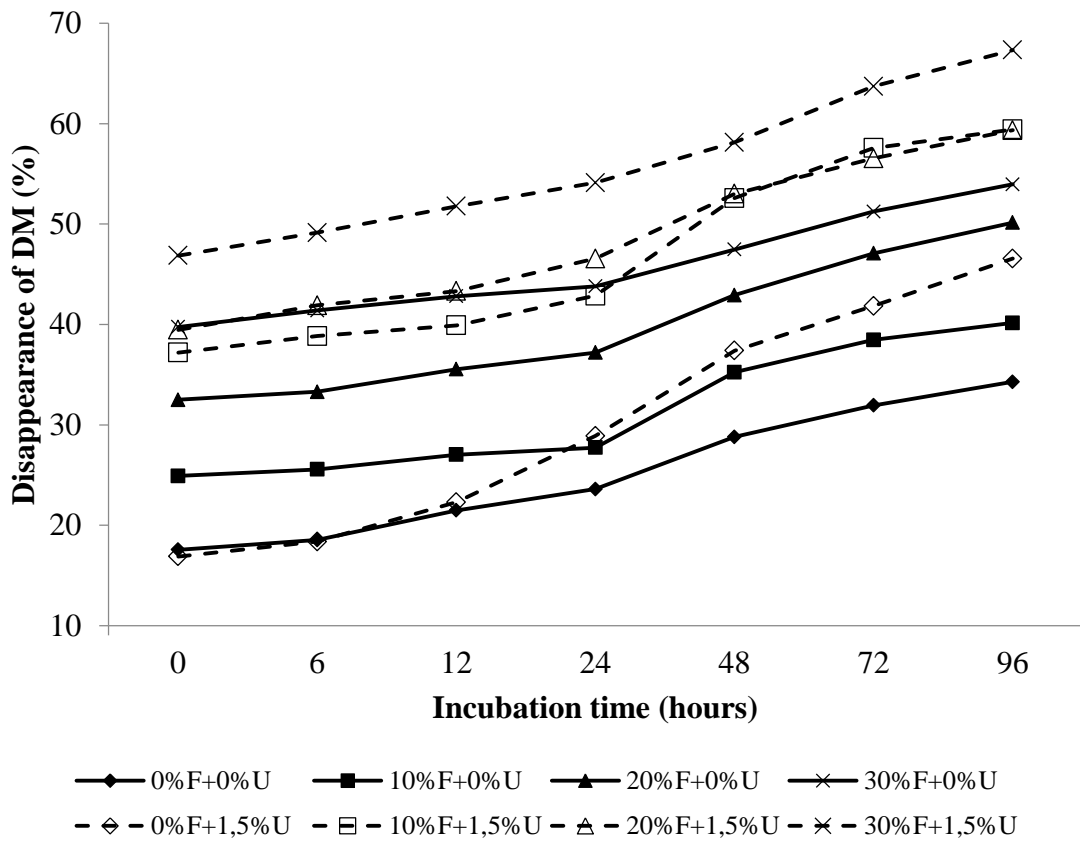
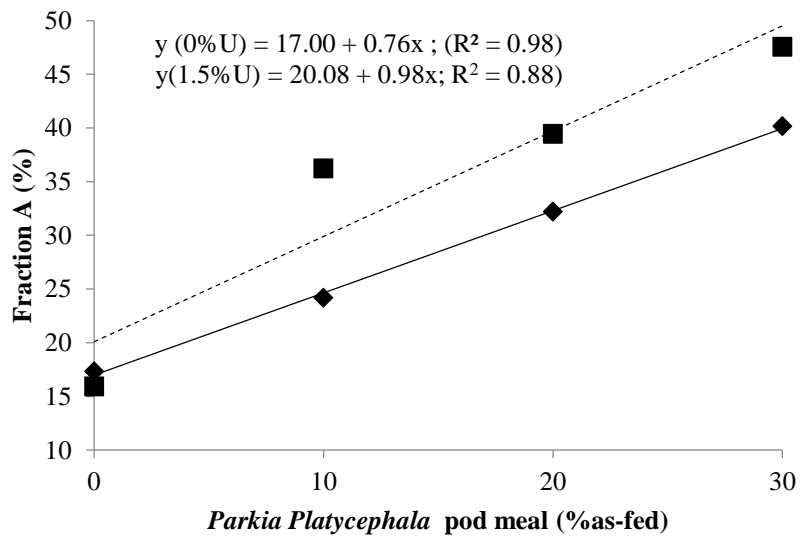
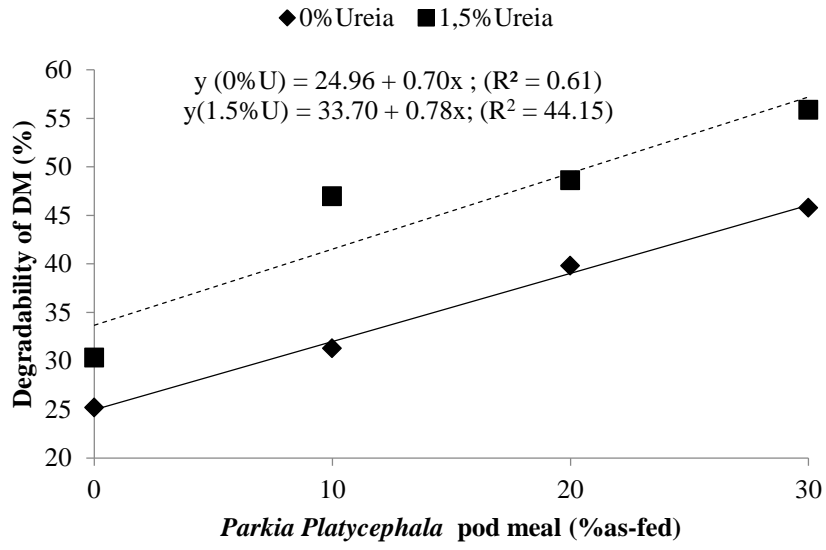


Figure 3. Disappearance of dry matter (DM) of elephant grass silage containing *Parkia platycephala* pod meal and urea as a function of the incubation time.



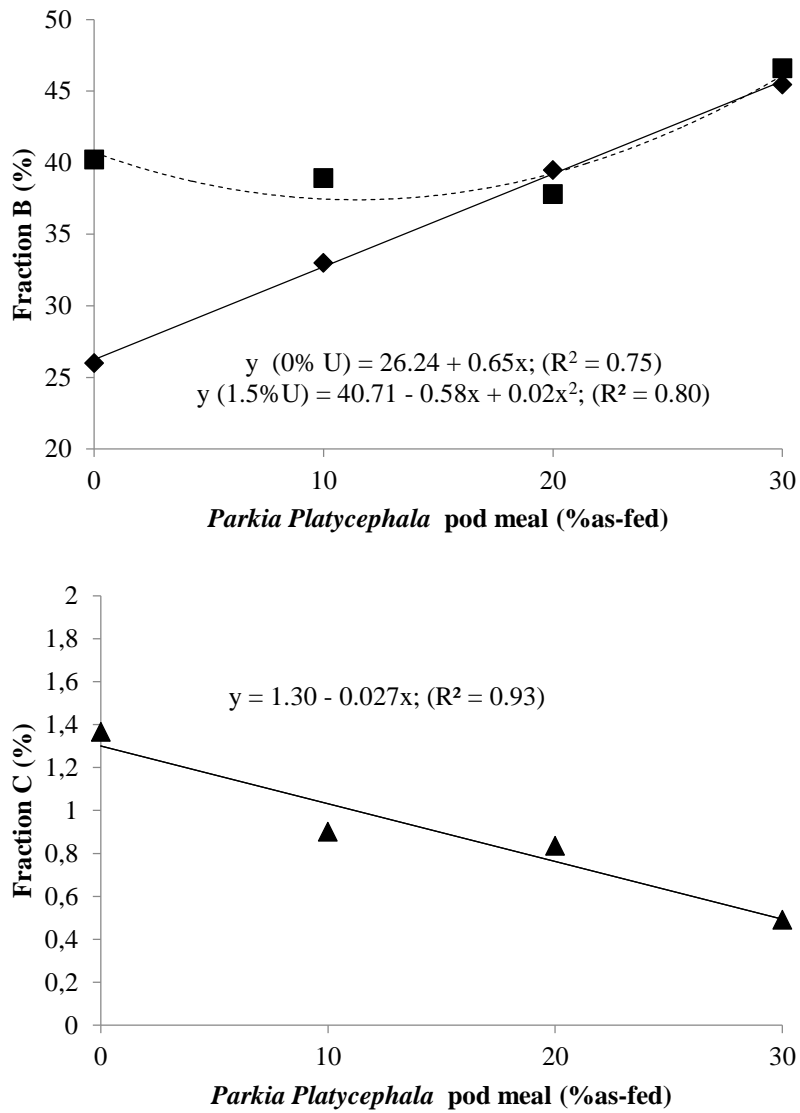


Figure 4. Rumen degradation parameters of the dry matter (DM) of elephant grass silages containing *Parkia platycephala* pod meal and urea (U) as a function of the level of *Parkia platycephala*

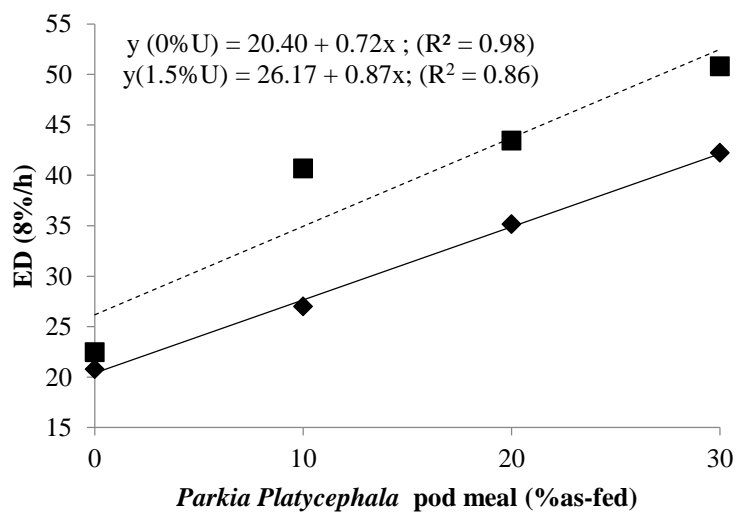
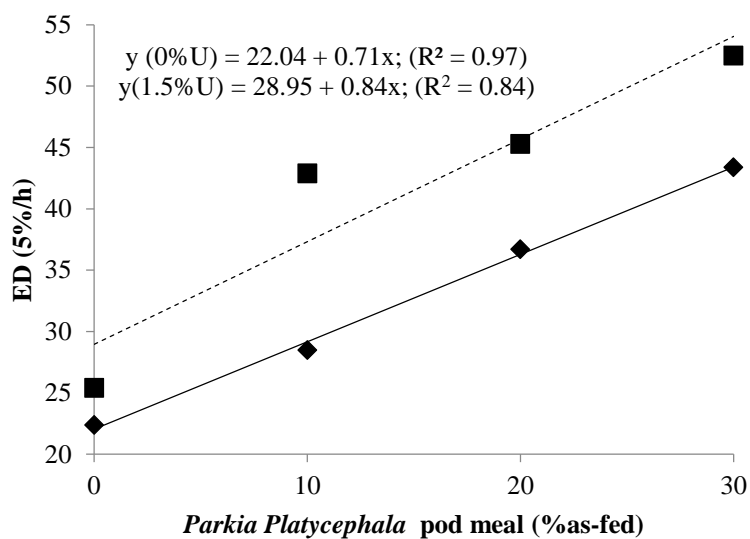
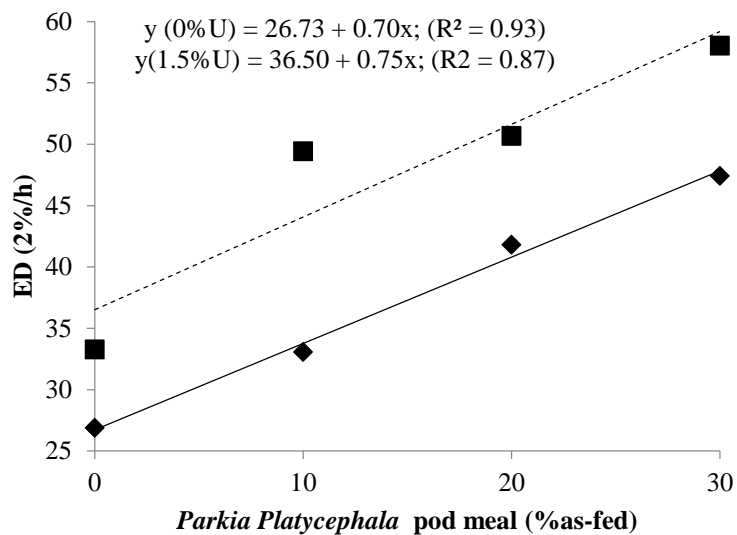


Figure 5. Effective degradability (ED) of the dry matter (DM) of elephant grass silage containing *Parkia platycephala* pod meal and urea (U) as a function of the level of *Parkia platycephala*

CAPÍTULO 3

Elaborado de acordo com as normas da Revista Ciência e Agrotecnologia
(<http://www.livraria.editora.ufla.br/>)

PERDAS FERMENTATIVAS E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE CAPIM-ELEFANTE (*PENNISETUM PURPUREUM*) CONTENDO VAGEM DE *PARKIA PLATYCEPHALA* E UREIA

FERMENTATIVE LOSSES AND AEROBIC STABILITY OF ELEPHANT GRASS SILAGES (*PENNISETUM PURPUREUM*) CONTAINING *PARKIA PLATYCEPHALA* POD MEAL AND UREA

Luana Andrade da Costa^{1*}

Marcos Jácome de Araújo¹

Ricardo Loiola Edvan¹

Leilson Rocha Bezerra²

Alex Rodrigues de Sousa³

Francisca Jakeline Carvalho Viana³

¹ Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, Piauí, Brasil

² Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba, Brasil

³ Bacharelado em Zootecnia, Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, Piauí, Brasil

* Autor correspondente, e-mail: luanaandrade.medvet@hotmail.com

ABSTRACT

Elephant grass is a tropical forage with high productive potential, but with high humidity and low levels of soluble carbohydrates, which can damage the quality of the silage and increase the production of losses. Thus, the objective was to evaluate the fermentative losses and aerobic stability of elephant grass silages containing *Parkia platycephala* pod meal (PPM) and urea. Gases and effluent losses, dry matter recovery, pH, ammoniacal nitrogen and aerobic stability were analyzed. There was an interaction of additive levels for gas losses, dry matter recovery, temperature and pH of the silages. The association of additives increased losses by gases and reduced the recovery of dry matter. *Parkia* pod meal reduced effluent

losses and pH values. The silages of the treatments containing 20 and 30% of the PPM showed greater stability over time. The silages containing urea showed greater stability when exposed to air, with the level of 20% PPM, being the most stable silages with the least fermentative losses. The association of the additives was efficient in reducing losses by effluents and maintaining the recovery of dry matter at adequate levels, in addition to allowing greater aerobic stability, at the level of 20% of the PPM.

Index terms: aerobic degradation, dry matter recovery, effluents, pH, temperature

RESUMO

O capim-elefante é uma forrageira tropical de alto potencial produtivo, porém com elevada umidade e baixos teores de carboidratos solúveis, que podem prejudicar a qualidade da silagem e aumentar a produção de perdas. Assim, objetivou-se avaliar as perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira e ureia. Foram analisadas as perdas por gases e efluentes, recuperação da matéria seca, pH, nitrogênio amoniacal e estabilidade aeróbia. Houve interação dos níveis dos aditivos para as perdas por gases, recuperação da matéria seca, temperatura e pH das silagens. A associação dos aditivos elevou as perdas por gases e reduziu a recuperação da matéria seca. O farelo de faveira reduziu as perdas por efluentes e valores de pH. As silagens dos tratamentos contendo 20 e 30% do farelo apresentaram maior estabilidade com o avançar do tempo. As silagens contendo ureia apresentaram maior estabilidade quando expostas ao ar, sendo o nível de 20% as silagens mais estáveis e com menores perdas fermentativas. A associação dos aditivos foi eficiente em reduzir as perdas por efluentes e manter a recuperação da matéria seca em níveis adequados, além de possibilitar maior estabilidade aeróbia, ao nível de 20% do farelo de faveira.

Termos para indexação: degradação aeróbia, efluentes, pH, recuperação da matéria seca, temperatura

INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) é uma das mais importantes forrageiras tropicais, sendo cultivada em várias regiões do mundo, devido seu elevado potencial produtivo, qualidade, aceitabilidade e vigor. Apresenta grande capacidade de

produção e acúmulo de massa seca de boa qualidade, com uso mais frequente em regime de corte e produção de silagem. Somado ao seu bom valor nutritivo, constitui a silagem desta forrageira uma boa alternativa para o aproveitamento do excedente de produção e uso na alimentação animal (ANDRADE et al., 2010; SANTOS et al., 2008).

Na época ideal de corte do capim-elefante, entre 60 e 70 dias, a planta apresenta valor nutritivo ideal, porém com elevada umidade, baixos teores de carboidratos solúveis e alto poder tampão, fatores que inibem um adequado processo fermentativo, dificultando a obtenção de silagens de boa qualidade, favorecendo o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, além de aumentar a produção de perdas de nutrientes pela grande quantidade de efluente produzido nas fermentações secundárias indesejáveis (ANDRADE et al., 2010; PACHECO et al., 2014). Porém, quando o teor de umidade é adequado, o capim possui teor de proteína reduzido e elevados conteúdos de fibras, o que conseqüentemente, reduz o consumo e digestibilidade da forragem (FERREIRA et al., 2009).

Diante disso, muitos aditivos têm sido utilizados na ensilagem do capim-elefante com o intuito de modificar a dinâmica fermentativa, inibindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis durante o processo fermentativo, reduzir perdas, melhora da estabilidade aeróbia, incremento no valor nutritivo da silagem e fornecer carboidratos solúveis para a fermentação. Os absorventes de umidade possibilitam a ensilagem de plantas forrageiras jovens, pois estes são, normalmente, fontes de carboidratos, cereais, farelos, entre outros, utilizados para elevar o teor de MS das silagens, reduzir a produção de efluentes e aumentar o valor nutritivo das silagens. Entre estes, podem ser utilizadas as vagens de faveira que apresentam elevados teores de matéria seca (77,25%), podendo ser uma alternativa para melhorar as características químicas e fermentativas das silagens.

As vagens de faveira (*Parkia platycephala* Benth.), planta leguminosa nativa em algumas áreas das regiões Norte e Nordeste do Brasil, são consumidas pelos animais quando caem no campo e apresentam bom valor nutritivo com altos teores de carboidratos solúveis, proteína bruta e boa produtividade de fitomassa (MAGALHÃES et al., 2014).

A adição de ureia na ensilagem baseia-se na sua transformação em amônia (NH_3), que reage com água formando hidróxido de amônia, elevando o pH e atuando sobre o metabolismo de microrganismos causadores de fermentações secundárias, como leveduras enterobactérias e bactérias clostrídicas. De fácil aquisição, manuseio e menor custo, a ureia também incrementa a estabilidade aeróbia da silagem (ROCHA et al., 2006).

O objetivo deste estudo foi avaliar as perdas fermentativas e a estabilidade aeróbia de silagens de capim-elefante com inclusão de níveis do farelo da vagem de faveira e ureia.

MATERIAL E MÉTODOS

Forragem e ensilagem

O capim utilizado neste experimento foi proveniente de uma área estabelecida, localizada em Bom Jesus, Piauí, Brasil (9°4'28" Sul, 44°21'31" Oeste; 277 m de altitude), aos 60 dias de rebrota. O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cultivar Napier foi coletado manualmente e processado em máquina forrageira picadeira e trituradora, em fragmentos de 2 cm. As vagens de faveira foram colhidas em área de ocorrência natural, na região de Valença-Piauí, Brasil, quando em estado fisiológico de maturação e moídas em máquina do tipo DMP (desintegrador, moedor e picador), utilizando-se peneira de 10 mm, para obtenção do farelo.

O material a ser ensilado foi homogeneizado manualmente, de acordo com cada tratamento e em seguida, colocado em silos experimentais de PVC, de aproximadamente 3 kg, compactados a uma densidade de 473 kg m^{-3} , vedados e dotados de válvula tipo “Bunsen”, adaptada em sua tampa, para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação e possibilitar que as perdas de matéria seca proveniente do processo fermentativo fossem quantificadas.

No momento da ensilagem foram coletadas amostras, de aproximadamente 500 gramas, do capim-elefante e do farelo da vagem de faveira, que foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em freezer para determinação da composição química.

No fundo de cada silo foi depositado 1 kg de areia, separado da forragem por uma camada de tecido de algodão, que permitiu quantificar os efluentes retidos. Os silos foram fechados e vedados com fitas plásticas adesivas na tentativa de evitar a entrada de ar nos baldes, que foram armazenados em local protegido e mantidos em temperatura ambiente.

Para a avaliação da estabilidade aeróbia, o material foi ensilado em silos experimentais de PVC com capacidade para 3 L. O material foi compactado com o auxílio de soquetes de madeira, de modo a atingir uma densidade de 473 kg m^{-3} . Após 50 dias de fermentação, os silos foram abertos e, depois de descartados aproximadamente 10 cm das camadas superior e inferior, a silagem foi utilizada para determinação da estabilidade aeróbia.

Amostras do material antes de ensilar (aproximadamente 500g) foram coletadas, pré-secas em estufa de ventilação forçada a 60 °C, por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey dotado de peneiras de 1 mm, para determinação de matéria seca (MS). Para a estimativa dos carboidratos totais (CHOT) foi utilizada a equação proposta por Sniffen et al. (1992): $CHT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$; e os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados utilizando as equações preconizada por Mertens (1997): $CNF = 100 - \%MM - \%PB - \%EE - \%FDN$. As análises químicas do material foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, Piauí, Brasil.

Na análise da composição química foram obtidos os seguintes valores para o capim-elefante e o farelo da vagem de faveira: 22,27 e 85,57% MS; 85,42 e 88,73% Carboidratos totais; 12,14 e 68,53% carboidratos não fibrosos, respectivamente.

Perdas fermentativas

As perdas fermentativas das silagens foram quantificadas por diferença de peso dos silos experimentais antes e após a ensilagem, e uso dos respectivos teores de matéria seca, através de equações citadas por Jobim et al. (2007).

As perdas por gases foram quantificadas por meio da subtração do peso dos silos cheios, no momento da ensilagem e antes de sua abertura, na seguinte equação:

$$G = \frac{[(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab] \times 100}{[(PCen - Pen) * MSen]}$$

Em que:

G = Perdas por gases em % da MS; PCen = Peso do silo cheio na ensilagem (kg); Pen = Peso do conjunto (silo+tampa+areia +tela+pano) na ensilagem (kg); MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (%); PCab = Peso do silo cheio na abertura (kg); MSab = Teor de MS da forragem na abertura (%).

A produção de efluente foi calculada com o uso de areia como coletor no fundo dos silos através do peso do conjunto na abertura e antes de ensilar em relação a quantidade de forragem fresca ensilada, como segue a equação:

$$PE \text{ (kg/t MV)} = \frac{(Pef \times 1000)}{MVi}$$

MVi

Onde:

PE = perdas por efluente; Pef = peso de efluente (Peso do conjunto vazio após a abertura – peso do conjunto vazio antes do enchimento); MVi = quantidade de massa verde de forragem ensilada.

A recuperação de MS foi estimada pela equação:

$$\text{RMS (\%)} = \frac{(\text{MFab} \times \text{MSab}) \times 100}{(\text{MFfe} \times \text{MSfe})}$$

Onde:

RMS = índice de recuperação de matéria seca; MFab = massa de forragem na abertura; MSab = teor de MS na abertura; MFfe = massa de forragem no fechamento; Msfe = teor de MS da forragem no fechamento.

Estabilidade aeróbia

Os silos foram abertos após 50 dias de fermentação, sendo descartados aproximadamente 10 cm das camadas superior e inferior da massa ensilada. As amostras da silagem foram manualmente retiradas dos silos, e colocadas em lona plástica para homogeneização e em seguida transferidas para uma sala climatizada a $25,23 \pm 0,40^\circ\text{C}$, com umidade relativa média de $63,23 \pm 5,91\%$. A temperatura do ambiente foi controlada pelo termostato do aparelho refrigerador e aferida também por termômetros presentes na sala. As amostras foram revolvidas para maior penetração de ar na massa. As temperaturas das silagens foram obtidas a cada hora, com o uso de termômetro digital (INCOTERM®) inserido a 10 cm no centro da massa de silagem conforme proposto por Kung Júnior et al. (2003) e Bernardes et al. (2007) e a temperatura superficial com termômetro digital infravermelho com Mira Laser (BENETECH®).

Na mesma amostra foram retiradas com intervalos de 8 horas (três amostras por dia), durante quatro dias de exposição ao ar, aproximadamente 50 g da massa para determinação dos valores de pH, seguindo as metodologias descritas por Jobim et al. (2007). A temperatura e umidade relativa do ambiente foram aferidas com o uso de um termo-higrômetro digital.

Os parâmetros para avaliação da estabilidade aeróbia constituíram-se no aumento em 2°C da temperatura da silagem em relação ao ambiente após a abertura dos silos (Rezende et al., 2011), número de horas para elevação da temperatura da silagem em 2°C em relação à temperatura ambiente, número de horas para atingir a temperatura máxima, temperatura

máxima nas silagens expostas ao ar de 0 a 4 dias, conforme proposto por O'Kiely et al. (1999).

Análises Estatísticas

Todos os dados foram analisados usando o procedimento MIXED do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Para os dados referentes às perdas, foi utilizado o arranjo fatorial 4×2, sendo quatro níveis do farelo da vagem de faveira (0, 10, 20 e 30% da Matéria Natural) e dois níveis de ureia (0 e 1,5% da Matéria Natural). Já para os dados da estabilidade foi utilizado o arranjo fatorial 4×2×4, sendo quatro níveis de faveira, dois de ureia e quatro dias de exposição ao ar. Quando as interações foram significativas foi realizado o desdobramento dos graus de liberdade (opção SLICE). Os efeitos do nível de inclusão do farelo sobre as variáveis analisadas foram avaliados usando contrastes ortogonais (opção CONTRAST) para determinar os efeitos linear e quadrático. Os contrastes foram significativos quando P – valor foi $\leq 0,05$. Já para os efeitos do nível de ureia e dia as médias estimadas (opção LSMEANS) foram comparadas por meio da probabilidade da diferença (PDIFF) usando o teste LSD de Fisher. Diferenças significativas foram declaradas em $P < 0,05$ e tendências aceitas se $P < 0,10$.

A temperatura e o pH foram avaliados também em função das horas de exposição ao ar, sendo as horas consideradas como medida repetida no tempo (opção REPEATED). Os resíduos foram plotados contra os valores preditos e foram usados para verificar os pressupostos do modelo de homoscedasticidade, independência e normalidade dos erros. Um dado foi considerado um outlier e removido do banco de dados quando o resíduo studentizado esteve fora do intervalo de $\pm 2,5$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perdas fermentativas

Verificou-se efeito de interação ($P < 0,0001$) dos níveis do FVF com os níveis de ureia para as perdas por gases (PG) e recuperação de matéria seca (RMS) (Tabela 1).

Tabela 1 - Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (FVF) e ureia (U)

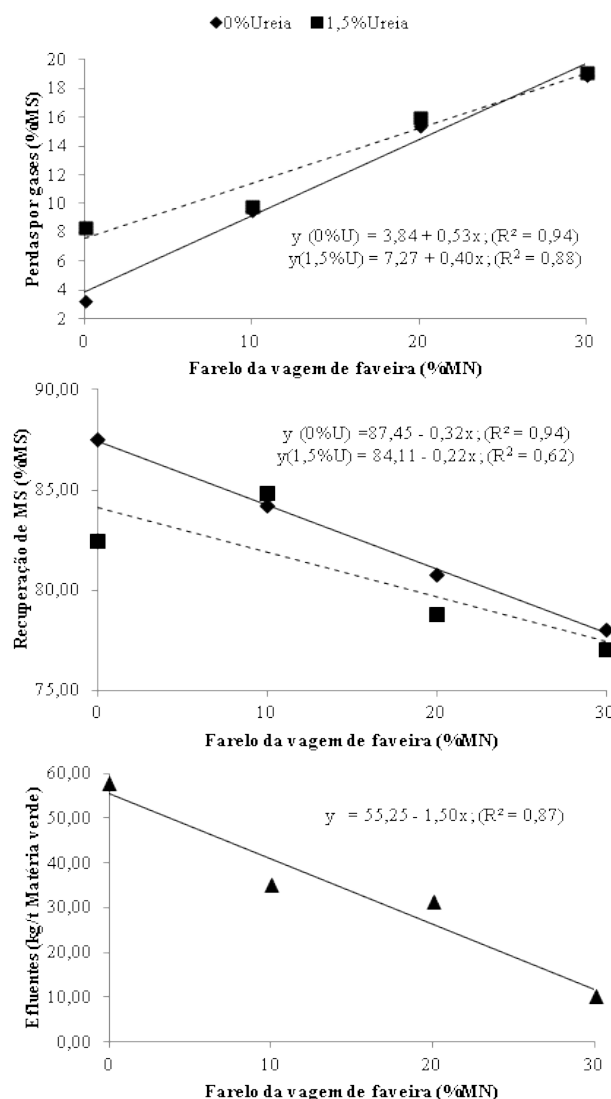
Ureia (%MN)	Farelo da vagem de faveira (%MN)				Média	EPM	P-valor		
	0	10	20	30			FVF	U	FVF × U
Gases (%MS)									
0	3,24Db	9,54Ca	15,38Ba	18,92Aa	11,77	0,89	<0,0001	<0,0001	<0,0001
1,5	8,41Ca	9,81Ca	16,05Ba	19,12Aa	13,35				
Média	5,82	9,67	15,72	19,02					
Efluentes (kg/t Matéria verde)									
0	53,86	32,60	32,01	7,08	31,38b	3,08	<0,0001	0,02	0,32
1,5	61,25	37,25	30,40	13,34	35,56a				
Média	57,55	34,92	31,20	10,21					
Recuperação de MS (%MS)									
0	87,55Aa	84,24Ba	80,74Ca	78,05Da	82,64	0,60	<0,0001	<0,0001	<0,0001
1,5	82,42Bb	84,82Aa	78,80Cb	77,05Da	80,77				
Média	84,98	84,53	79,77	77,54					

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas diferem para ureia e maiúsculas nas linhas diferem para nível de faveira pelo teste LSD de Fisher ($P < 0,05$).

Avaliando o efeito do FVF sobre as PG, pode-se constatar aumento linear, estimando-se acréscimo de 0,5 e 0,4% para cada unidade de FVF adicionada, nas silagens sem e com ureia, respectivamente (Figura 1). Quando o capim-elefante foi ensilado com ureia, sem o FVF (0%FVF+1,5%U) houve maior PG quando comparado com a silagem com apenas

capim-elefante, possivelmente em virtude da maior porcentagem de água retida nesse material, promovendo alterações no processo fermentativo (REZENDE et al., 2011), aliado ao maior desenvolvimento de microrganismos produtores de gás, na presença da ureia.

Figura 1 – Perdas por gases e efluentes e recuperação da matéria seca (MS) de silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (FVF) e ureia (U) em função do nível de faveira (%matéria natural; MN)



Não houve efeito de interação ($P=0,32$) dos níveis de FVF e ureia para a as perdas por efluentes (Tabela 1). As silagens contendo ureia apresentaram maiores perdas por efluentes apresentando médias de 31,38 e 35,56 kg t^{-1} matéria verde, respectivamente, para 0 e 1,5% de ureia. A presença da ureia pode ter intensificado as reações bioquímicas, as quais

ocorreram com maior intensidade, produzindo água metabólica, havendo percolação desta pela massa ensilada gerando aumento na produção de efluente. De acordo com Balieiro Neto et al. (2009), alguns aditivos podem alterar a integridade estrutural das células da planta e sua capacidade em reter água, levando à ruptura e ao vazamento de conteúdo celular.

A análise de regressão revelou uma redução linear das perdas por efluentes com a inclusão do FVF (Figura 1), com decréscimos na ordem de 1,5% para cada unidade percentual do FVF, efeito associado ao elevado teor de matéria seca do FVF, em torno de 85,57%, evidenciando a capacidade do FVF em absorver umidade das silagens e ao seu potencial higroscópico. O mesmo foi verificado por Zanine et al. (2006), os quais também obtiveram redução de perdas em silagem do mesmo capim utilizando farelo de trigo como aditivo. Bernardino et al. (2005) avaliaram os efeitos da adição de 10, 20, 30 e 40% de casca de café ao capim-elefante, com base na matéria natural, verificaram que a casca de café foi eficiente na redução da umidade da silagem, estimando-se acréscimo de 0,69% no teor de matéria seca para cada unidade percentual de casca adicionada.

Andrade et al. (2010) também obtiveram redução das perdas por efluentes nas silagens de capim-elefante adicionadas de subprodutos agrícolas. Os aditivos com alto teor de MS, como o FVF, atuam absorvendo a umidade e conseqüentemente reduzindo as perdas por efluentes nas silagens. Resultado interessante, pois esta redução diminui as perdas de nutrientes por percolação junto ao efluente produzido durante a ensilagem. Estes resultados corroboram com Dantas et al. (2014), que verificaram redução das perdas por efluentes em silagens de *Brachiaria decumbens* quando adicionadas de casca de soja.

Vale ressaltar ainda os valores das perdas por efluentes observados neste estudo, 53,86 e 61,25 kg tMV⁻¹ nas silagens de capim-elefante com 0%FVF+0%U e 0%FVF+1,5%U respectivamente, foi alta em comparação aos resultados observados na literatura. Para Rezende et al. (2011), as atividades de respiração da planta e crescimento de microrganismos produzem água e contribuem para a formação de efluentes, contudo nestes tratamentos, a maior produção de efluente pode ser explicada pelo baixo teor de matéria seca do capim-elefante.

Houve uma redução linear da RMS ($P < 0,01$) à medida que os níveis de FVF na silagem de capim-elefante aumentaram, estimando-se decréscimo de 0,3 e 0,22% no valor RMS para cada unidade de FVF adicionada, nas silagens sem e com ureia, respectivamente (Tabela 2; Figura 1). Os menores valores de RMS foram verificados quando adicionados 30% do FVF, no entanto, estão dentro dos níveis adequados para manter o valor nutritivo do material. Pode-se associar a redução da RMS às maiores perdas por gases nos tratamentos com FVF. Em

contrapartida, Andrade et al. (2010) observaram aumento da recuperação da matéria seca nas silagens de capim-elefante com adição de subprodutos agrícolas absorventes de umidade.

A silagem com adição de 1,5% de ureia, associada a 0 e 20% de FVF, apresentaram os menores valores de RMS quando comparadas às silagens sem ureia com as mesmas proporções de FVF. Redução nos valores de RMS pode estar, principalmente, relacionado com o aumento da produção de gás (8,41% MS), promovido através da fermentação por microrganismos produtores de CO₂. De acordo com McDonald et al. (1991), na fermentação por bactérias do gênero *Clostridium* onde ocorrem descarboxilização e ou oxidação há altas perdas por gases (CO₂). No entanto, os valores de RMS foram considerados, mesmo no menor percentual de inclusão do FVF (10% da MS), suficientes para proporcionar alta recuperação da matéria seca do material ensilado. Segundo Pedroso et al. (2005), a recuperação da MS tem alta correlação com a perda por gases (98,4%), corroborando com os resultados verificados nesta pesquisa, na qual verificou-se RMS inversamente proporcional às perdas por gases.

Estabilidade aeróbia

Verificou-se efeito ($P < 0,0001$) de interação (FVF×U×Dia) para os valores de temperatura e pH das silagens quando expostas ao ar durante quatro dias (Tabela 2).

Avaliando o efeito do FVF sobre a temperatura, verificou-se que houve efeito quadrático, com aumento das temperaturas proporcional à inclusão dos níveis de FVF e os maiores valores registrados no tratamento contendo 30% do FVF, a partir do terceiro dia (Figura 2). Possivelmente em razão da maior fermentação dos carboidratos solúveis presentes nestas silagens, houve maior produção de calor pelo alto metabolismo dos microrganismos presentes. De acordo com Lima et al. (2015), silagens ricas em carboidratos solúveis são mais suscetíveis à deterioração aeróbia.

Tabela 2 - Temperatura (°C) e pH de silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (FVF) e ureia (U) durante quatro dias (D) de exposição ao ar

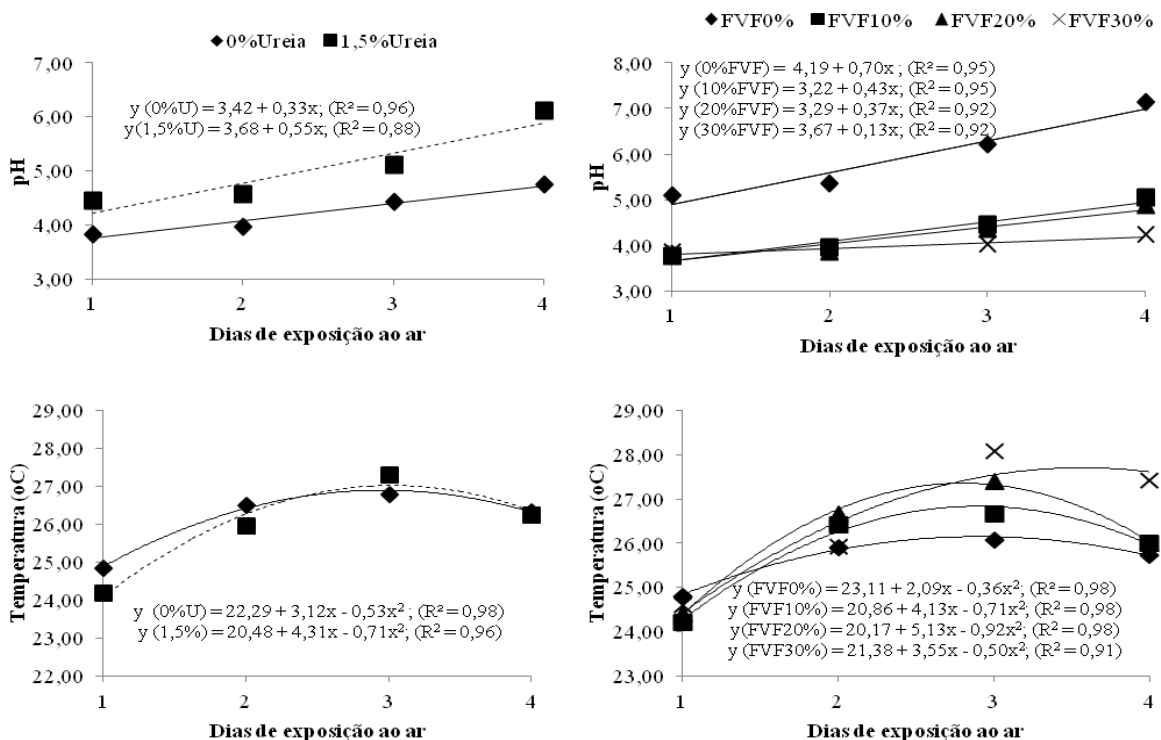
Ureia (%M N)	Dia	Farelo da vagem de faveira (%MN)				Média	EP M	P-valor			
		0	10	20	30			FVF	U	D	FVF×U× D
Temperatura (°C)											
	1°	25,06Ac	24,50Bc	24,79Abc	25,05Ac	24,85					
0	2°	26,51Ba	25,84Cb	26,62Bab	27,08Ab	26,51					
	3°	26,31Ca	26,47Ca	26,81Ba	27,62Aa	26,80					
	4°	25,93Cb	26,00Cb	26,32Bb	27,16Ab	26,35					
Média		25,95 α	25,70 β	26,14 α	26,73 α		0,06	<0,000 1	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	1°	24,58Ac	23,94Bc	24,04Bd	24,18Bd	24,19					
1,5	2°	25,33Bb	27,00Aa	26,74Ab	24,80Cc	25,97					
	3°	25,85Da	26,86Ca	28,00Ba	28,56Aa	27,32					
	4°	25,56Ca b	26,04Bb	25,68BC c	27,71Ab	26,25					
Média		25,33 β	25,96 α	26,12 α	26,32 β						
Ph											
	1°	3,74Ac	3,76Ac	3,84Ab	3,93Aa	3,82					
0	2°	4,08Ac	3,83Ac	3,88Ab	4,02Aa	3,95					
	3°	5,35Ab	4,20Bab	4,06Bab	4,13Ba	4,43					
	4°	5,82Aa	4,54Ba	4,40Ba	4,19Ba	4,75					
Média		4,76 β	4,08 β	4,05 α	4,07 α		0,08	<0,000 1	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	1°	6,43Ac	3,80Bc	3,76Bc	3,77Bb	4,44					
1,5	2°	6,65Ac	4,04Bc	3,83Bc	3,75Bb	4,57					
	3°	7,07Ab	4,70Bb	4,64Bb	3,94Cab	5,10					
	4°	8,41Aa	6,26Ba	5,35Ca	4,37Aa	6,10					
Média		7,14 α	4,70 α	4,40 α	3,96 α						

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas são diferentes entre dias dentro de cada nível de ureia e de faveira pelo teste LSD de Fisher (P<0,05).

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas nas linhas são diferentes entre os níveis de faveira dentro de cada nível de ureia e cada dia pelo teste LSD de Fisher (P<0,05).

Médias seguidas de letras gregas minúsculas distintas nas colunas diferem estatisticamente para o nível de ureia dentro de cada nível de faveira, independente do dia pelo teste LSD de Fisher (P<0,05).

Figura 2 – pH e temperatura (°C) de silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (FVF; 0, 10, 20 e 30%) e ureia (U; 0 e 1,5%) em função dos dias de exposição ao ar



Não foi verificado efeito significativo ($P > 0,05$) da ureia sobre as temperaturas das silagens do tratamento com 20% do FVF (Tabela 2). No entanto, para as demais silagens, houve efeito quadrático, com temperaturas maiores na presença da ureia e maiores valores sendo registrados no terceiro dia, nas adicionadas ou não com este aditivo (Figura 2). Altos teores de proteína dificultam e inibem o desenvolvimento de microrganismos aeróbios deterioradores (REZENDE et al., 2011), provavelmente o que pode ter ocorrido nas silagens contendo ureia.

Com relação ao dia (D) de exposição ao ar, pode-se constatar efeito quadrático, com aumento da temperatura até o terceiro dia seguido de redução dos valores tanto nas silagens sem ureia quanto nas tratadas com 1,5% deste aditivo (Figura 1). Para Rezende et al. (2011), o aumento da temperatura da forragem em aerobiose é decorrente do crescimento de microrganismos aeróbicos, que utilizam os ácidos orgânicos e outros nutrientes solúveis como fonte de energia, resultando em perda de nutrientes.

Avaliando o efeito do FVF sobre o pH, verificou-se que houve efeito linear, com acréscimos inversamente proporcionais aos níveis de inclusão do FVF ao avançar dos dias,

sendo os maiores valores observados no tratamento sem FVF e os menores no tratamento com 20 e 30% do aditivo (Tabela 3). Provavelmente o FVF proporcionou um ambiente propício para o desenvolvimento das bactérias acidoláticas.

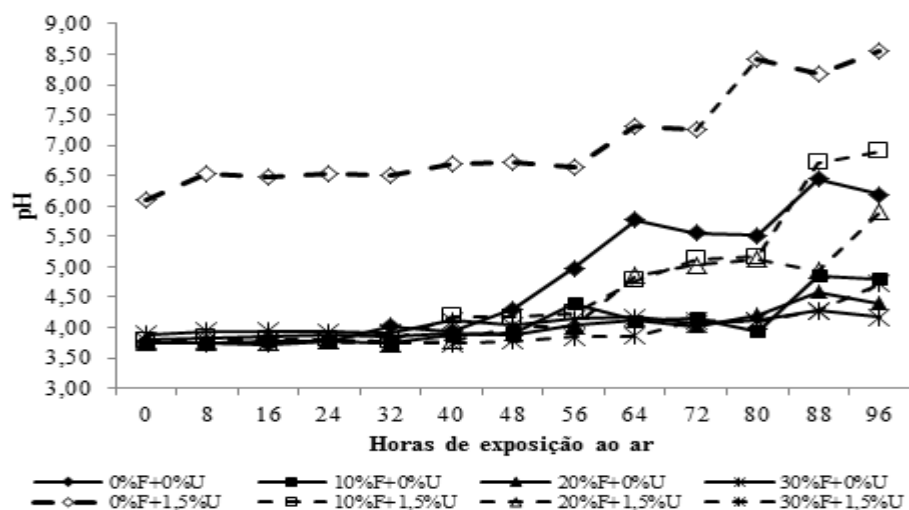
Os valores de pH aumentaram com o passar dos dias, independentemente do nível de inclusão dos aditivos (Tabela 2). Esses altos valores de pH podem estar ligados à degradação do ácido lático por parte dos microrganismos aeróbios para obtenção de energia e à perda de outros ácidos orgânicos por volatilização (AMARAL et al., 2008).

Através da análise de regressão, verificou-se aumento linear dos valores de pH, com acréscimos de 0,33 e 0,55% para as silagens sem e com ureia, respectivamente (Figura 2). O tratamento sem FVF apresentou os maiores valores de pH nos dias 3 e 4, quando ensilado sem ureia enquanto na presença deste aditivo, os maiores valores foram registrados nos 4 dias. Rocha et al. (2006) afirmam que a elevação do pH em silagens amonizadas é atribuída ao fato da amônia ser uma base com alta capacidade tamponante, o que evita a queda acentuada do mesmo. Afirmam ainda que a sua elevação não implica em pior qualidade da silagem.

Para Rezende et al. (2008) o valor do pH não pode ser tomado isoladamente como um critério ideal para avaliar a qualidade das fermentações, já que a inibição das fermentações indesejáveis depende mais da velocidade de abaixamento da concentração iônica e da umidade do meio. Para Siqueira et al. (2007), o pH final da silagem é resultado da extensão da fermentação e que a cada dia de fermentação, torna-se mais difícil a redução do seu valor.

Na Figura 3 observa-se que as silagens sem FVF e ureia (0%FVF+0%U) apresentaram os maiores valores de pH em função das horas de exposição ao ar e mantiveram-se mais altos que as demais. Nas demais silagens, os valores permaneceram próximos de 4 até as 40 horas e, a partir daí verificou-se aumento, com destaque para aquelas que possuíam somente capim-elefante e as com 10 e 20% de FVF e ureia. Nota-se que as silagens com 30% do FVF mantiveram o pH próximo de 4 e aumentaram levemente a partir de 80 horas, independente da presença da ureia.

Figura 3 - pH das silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (F; 0, 10, 20 e 30%) e ureia (U; 0 e 1,5%) em função das horas de exposição ao ar



Os tratamentos sem ureia e com 10, 20 e 30% de FVF e o tratamento com 30%FVF+1,5%U apresentaram valores médios de pH dentro da faixa recomendada por McDonald (1981) para que ocorra uma boa conservação, de 3,8 a 4,2. No entanto, somente o tratamento 30%FVF+0%U atingiu valor máximo dentro deste intervalo, que ocorreu após 88 horas de exposição ao ar (Tabela 3). Já as silagens contendo ureia apresentaram valores médios e máximos de pH muito altos, no entanto estes últimos ocorreram após 96 horas de exposição ao ar. Exceção foi verificada no tratamento 30%FVF+1,5%U, que apresentou pH médio de 3,96 e máximo de 4,72 às 96 horas de aerobiose.

Tabela 3 - Variações de pH das silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (FVF) e ureia (U)

Item	pH médio (°C)	pH máximo (°C)	Horas para máximo pH
0%FVF+0%U	4,76	6,44	88
10%FVF+0%U	4,08	4,86	88
20%FVF+0%U	4,05	4,64	88
30%FVF+0%U	4,07	4,28	88

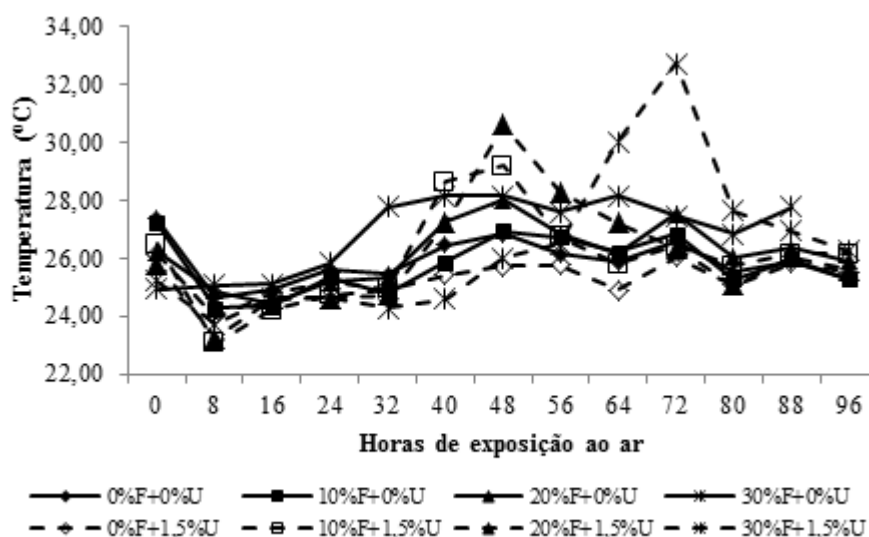
0%FVF+1,5%U	7,13	8,55	96
10%FVF+1,5%U	4,70	6,90	96
20%FVF+1,5%U	4,40	5,91	96
30%FVF+1,5%U	3,96	4,72	96
EPM	0,08	0,52	-

EPM = erro padrão da média

Rezende et al. (2011) avaliaram a estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e observaram os maiores valores de pH para as silagens tratadas, devido à natureza fortemente alcalina do aditivo.

Em função das horas de exposição ao ar, as temperaturas das silagens reduziram nas primeiras horas, mantiveram-se próximas, porém a partir das 24 horas começaram a aumentar. Os tratamentos com 20 e 30% de FVF demonstraram maiores variações da temperatura com o avançar das horas de aerobiose, independente da presença da ureia.

Figura 4. Temperatura (°C) das silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (F; 0, 10, 20 e 30%) e ureia (U) em função das horas de exposição ao ar.



Na Tabela 4 estão apresentadas as variações de temperatura das silagens durante os dias de exposição ao ar. Os tratamentos com 20 e 30% de FVF apresentaram os maiores valores

médios de temperatura, independente da presença da ureia. Os valores máximos foram observados nas silagens que continham os dois aditivos, FVF e ureia. Esta proporcional elevação de temperatura durante a exposição ao ar, provavelmente deve-se ao fato dos aditivos proporcionarem maior quantidade de substratos disponíveis para consumo dos microrganismos na fase aeróbia (AMARAL et al., 2008). Estas silagens juntamente com as que não possuíam ureia e com 20 e 30% de FVF demoraram mais tempo para atingir temperatura máxima, a partir de 48 ou 72 horas. As silagens com 0 e 10% de FVF sem ureia e 0%FVF+1,5%U obtiveram a temperatura máxima imediatamente após a abertura da silagem e mantiveram a estabilidade aeróbia após 96 horas de exposição ao ar.

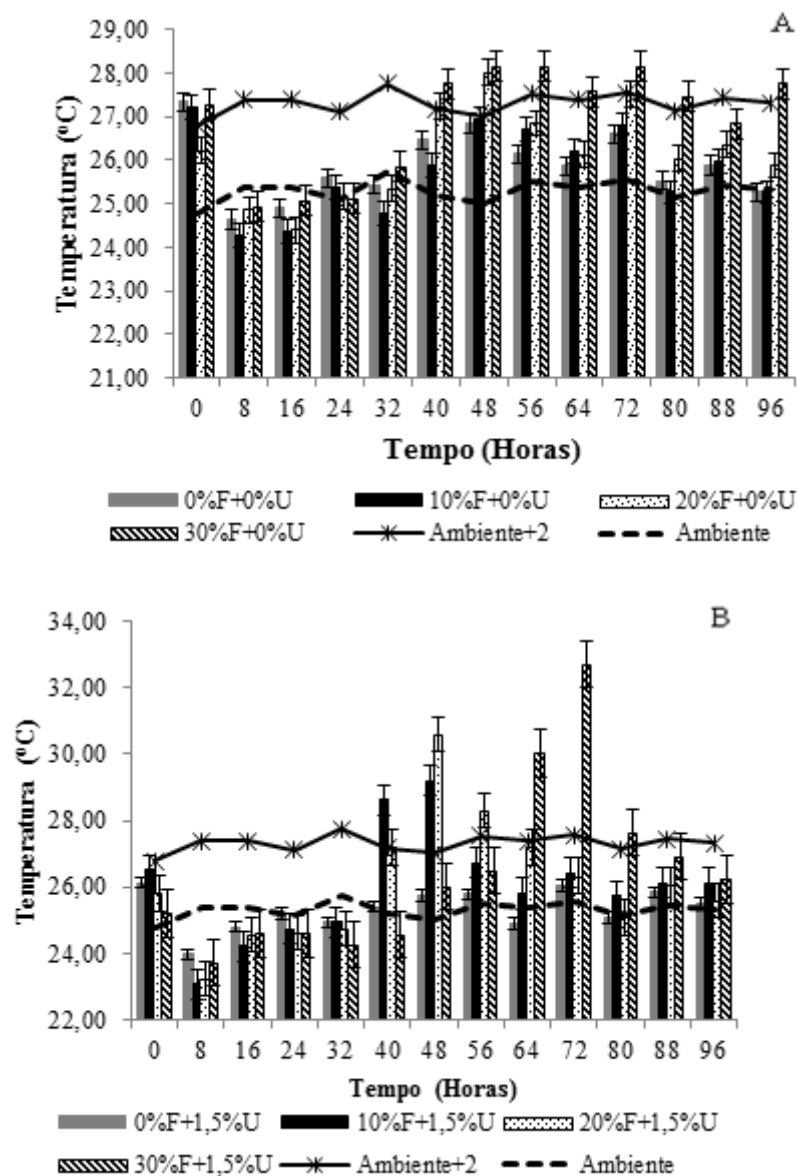
Tabela 4 - Variações de temperatura (°C) das silagens de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (F) e ureia (U)

Item	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Horas para máxima temperatura (°C)	Horas para aumentar 2°C
0%FVF+0%U	25,88	27,34	0	> 96
10%FVF+0%U	25,77	27,20	0	> 96
20%FVF+0%U	26,16	28,02	48	40
30%FVF+0%U	26,93	28,14	48	40
0%FVF+1,5%U	25,33	26,13	0	> 96
10%FVF+1,5%U	26,02	29,20	48	40
20%FVF+1,5%U	26,10	30,60	48	40
30%FVF+1,5%U	26,38	32,70	72	64
EPM	0,08	0,75	-	-

EPM = erro padrão da média

Na Figura 5 estão apresentados os dados referentes ao estudo da estabilidade aeróbia das silagens. Nos tratamentos que não possuíam ureia, as silagens com 0, 10 e 30% de FVF apresentaram quebra da estabilidade imediatamente após a exposição e na silagem com 20% de FVF a quebra ocorreu a partir das 40 horas de aerobiose.

Figura 5- Quebra da estabilidade aeróbia da silagem de capim-elefante contendo farelo da vagem de faveira (F; 0, 10, 20 e 30%) e (A=0%U; B=1,5%U) em função da temperatura ambiente ao longo do período avaliado.



Em geral, os tratamentos com 1,5% de ureia apresentaram maior estabilidade aeróbia, provavelmente devido ao efeito da ureia sobre o desenvolvimento dos microrganismos (JOBIM et al., 2008). Na presença da ureia, houve quebra da estabilidade para as silagens com 10% de

FVF imediatamente após a abertura, no tratamento com 20% de FVF a partir das 40 horas de exposição e para as silagens com 30% de FVF a partir das 64 horas. Os maiores teores de MS e a adição da ureia podem ter dificultado a proliferação de microrganismos, pela ausência de umidade elevada.

Houve aumento das perdas por gases e da MS com a inclusão dos aditivos. Já nas perdas por efluentes, houve redução com a inclusão do FVF enquanto aumentou na presença da ureia. Com relação a estabilidade aeróbia, houve aumento das temperaturas no tratamento 30% FVF+1,5%U a partir do terceiro dia. O pH aumentou na presença da ureia, sendo maior no tratamento sem FVF. As silagens contendo ureia apresentaram maior estabilidade quando expostas ao ar, sendo o tratamento 30%FVF o mais estável, com quebra da estabilidade a partir de 64 horas. No entanto, este tratamento apresentou maiores perdas por gases e menor recuperação da matéria seca, com maiores temperaturas a partir do terceiro dia.

Fermentações indesejáveis e perdas excessivas de matéria seca após a abertura do silo serão mais intensas, quanto maior for à qualidade da silagem e umidade do material, bem como a temperatura ambiente, umidade do ar e tempo de exposição (SANTOS et al., 2010).

CONCLUSÃO

A associação do farelo da vagem de faveira com a ureia é eficiente em reduzir as perdas por efluentes bem como manter a recuperação da matéria seca em níveis adequados, propiciando assim uma silagem de melhor valor nutritivo. As silagens contendo farelo da vagem de faveira e ureia foram mais estáveis quando expostas ao ar, com quebra da estabilidade a partir de 40 horas, no nível de 20% do FVF.

REFERÊNCIAS

AMARAL, RC et al. Estabilidade aeróbia de silagens do capim Marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia** 37 (6): 977-983, 2008.

ANDRADE, IVO et al. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39 (12): 2578-2588, 2010.

BALIEIRO NETO, G et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar aditivadas com cal virgem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 10 (4): 24-33, 2009.

BERNARDES, TF et al. Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36 (4): 754-762, 2007.

BERNARDINO, FS et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia** 34 (6): 2185-2191, 2005.

DANTAS, CCO et al. Losses through gases and efluente and nutritional value of *Brachiaria decumbens* with addition of soybean hulls. **Revista Brasileira de Zootecnia** 43 (5): 225-231, 2014.

FERREIRA, ACH et al. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38 (2): 223-229, 2009.

JOBIM, CC et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36 (supl. especial): 101-119, 2007.

JOBIM, CC et al. Silagens de grãos de milho puro e com adição de grãos de soja, de girassol e ureia. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira** 43 (5): 649-656, 2008.

KUNG JR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. 2003. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISSON, J. H. (Eds.) **Silage Science and Technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003. p.251-304.

LIMA, EM et al. Deterioração aeróbia de silagens. **Revista Eletrônica Nutritime** 12 (2): 3996-4003, 2015.

MAGALHÃES, JA et al. Efeito da adição da faveira (*Parkia platycephala*) sobre a composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*). **PUBVET - Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia** 8 (11): art. 1725, 2014. Available in: <<http://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1089695/efeito-da-adicao-da-faveira-parkia-platycephala-sobre-a-composicao-quimico-bromatologica-da-silagem-de-capim-elefante-pennisetum-purpureum>> Access in: July, 14, 2018.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Willey & Sons. 1981. 226p.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J. **The biochemistry of silage**. Marlow: Chalcombe Publications. 1991. 340p.

MERTENS, DR. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science** 80 (7): 1463–1481, 1997.

O'KIELY, P et al. **Maximising output of beef within cost efficient, environmentally compatible forage conservation systems**. Dunsay: Grange Research Centre, 1999. 64 p.

PACHECO, WF et al. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de feno de glicirídia (*Glicirídia sepium*). **Revista Acta Veterinária Brasília** 8 (3): 155-162, 2014.

PEDROSO, AF et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola** 62 (5): 427-432, 2005.

REZENDE, AV et al. Uso de diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. **Revista Ciência e Agrotecnologia** 32 (1): 281-287, 2008.

REZENDE, AV et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40 (4): 739-746, 2011.

ROCHA, FC et al. Amonização sobre a composição química e digestibilidade da silagem de capim-elefante. **Revista Ceres** 53 (306): 228-233, 2006.

SANTOS, EM et al. Composição bromatológica, perdas e perfil fermentativo de silagens de capim-elefante com níveis de inclusão de jaca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 9 (1): 64-73, 2008.

SANTOS, MVF et al. Revisão bibliográfica: Fatores que afetam o valor nutritivo de silagens de forrageiras tropicais. **Revista Archivos de Zootecnia** 59 (R): 25-43, 2010.

SIQUEIRA, GR et al. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36 (4): 789-798, 2007.

SNIFFEN, CJ et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal science** 70 (11): 3562-3577, 1992.

ZANINE, AM et al. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Revista Archivos de Zootecnia** 55 (209): 75-84, 2006.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O farelo da vagem de faveira e a ureia podem ser utilizados como aditivos na ensilagem do capim-elefante, pois aumentam os teores de matéria seca, proteína bruta, além de reduzirem os teores de fibra em detergente ácido e neutro, melhorando assim a composição química da silagem. Além disso, aumentam a degradabilidade da MS e melhoram a qualidade fermentativa da silagem.

O farelo da vagem de faveira demonstra ser um eficiente aditivo absorvente de umidade, já que reduziu as perdas por efluentes. A associação da ureia e do FVF ao nível de 30% apresenta a maior estabilidade aeróbia, com quebra a partir das 64 horas, porém apresenta maiores perdas por gases e menor recuperação da matéria seca, com altas temperaturas a partir do terceiro dia. Portanto, o nível de 20% do FVF mostrou-se mais eficiente quanto à redução das perdas fermentativas e maior estabilidade aeróbia, independente da adição da ureia.

Não é recomendada a ensilagem do capim-elefante somente com ureia, sem o FVF, pois resulta em silagem de qualidade indesejada.