



**PALMA FORRAGEIRA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO
ASSOCIADOS AO CAPIM-ELEFANTE EM SILAGENS DE
DIETA TOTAL**

REBEKA BORGES SILVEIRA

2023



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**PALMA FORRAGEIRA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO
ASSOCIADOS AO CAPIM-ELEFANTE EM SILAGENS DE
DIETA TOTAL**

Autor: Rebeqa Borges Silveira
Orientador: Prof. D.Sc. Aureliano José Vieira Pires

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
MARÇO DE 2023

REBEKA BORGES SILVEIRA

**PALMA FORRAGEIRA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO
ASSOCIADOS AO CAPIM-ELEFANTE EM SILAGENS DE DIETA
TOTAL**

Tese apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no programa de Pós-graduação em zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador:
Prof. D.Sc. Aureliano José Vieira Pires

Coorientadores:
Prof. D.Sc. Ariomar Rodrigues dos Santos
Prof. D.Sc. Fábio Andrade Teixeira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
MARÇO DE 2023

636.085 Silveira, Rebeka Borges.

S591p Palma forrageira em substituição ao milho associados ao capim-elefante em silagens de dieta total. / Rebeka Borges Silveira. – Itapetinga-BA: UESB, 2023. 51f.

Tese apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no programa de Pós-graduação em zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Aureliano José Vieira Pires e coorientação do Prof. D. Sc. Ariomar Rodrigues dos Santos e Prof. D. Sc. Fábio Andrade Teixeira.

1. Palma forrageira – Capim-elefante - Silagens. 2. Palma forrageira – Alimentação – Ruminantes. 3. Silagens de dieta total - Ruminantes. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Pires, Aureliano José Vieira. III. Santos, Ariomar Rodrigues dos. IV. Teixeira, Fábio Andrade. V. Título.

CDD(21): 636.085

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Capim-elefante - Palma forrageira - Silagens
2. *Opuntia ficus indica* Mil
3. *Pennisetum purpureum* Shum

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: Palma forrageira em substituição ao milho associados ao capim-elefante em silagens de dieta total

Autor (a): Rebeka Borges Silveira

Orientador (a): Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

Coorientador (a): Prof. Dr. Ariomar Rodrigues dos Santos

Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires - UESB

Orientador



Prof. Dr. Ariomar Rodrigues dos Santos - IFBAIANO



Dr. Carlos Alberto Alves de Oliveira Filho - Pós-Doc/UESB



Dra. Thiara Jacira Vicuña Mendes Oliveira de Paula Machado - Pós-Doc/UESB



Dr. Alberti Ferreira Magalhães - CEPLAC

Data de realização: 10 de março de 2023

“Se Deus disse que eu posso, então eu posso! Irei e não temerei mal algum.”

Filipenses 4:13

“Ainda se vier noites traiçoeiras, se a cruz pesada for, Cristo estará contigo.”

José Carlos Papae

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes.”

Cora Coralina

De modo especial, dedico aos meus pais **Cloves Roberto Borges Silveira e Edna Batista de Oliveira**, ao meu irmão **Roberto Samarone Borges Silveira** e a todas pessoas que direta ou indiretamente me ajudaram de alguma forma durante esta caminhada.

DEDICO ESTE TRABALHO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente pelo dom da vida, por me dar sabedoria, discernimento, coragem e força para viver e lutar pelos meus objetivos.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, por ter me possibilitado desenvolver este trabalho, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela bolsa de estudos.

Aos meus pais, Edna Batista de Oliveira e Cloves Roberto Borges Silveira, pelo incentivo e amor.

Ao meu irmão Roberto Samarone pela amizade de todas as horas.

Ao professor Dr. Aureliano José Vieira Pires, pela orientação e experiência adquirida sob sua orientação e que muito contribuiu para conclusão do curso.

Aos coorientadores: Ariomar Rodrigues e Fábio Teixeira pela colaboração e disponibilidade.

Aos colegas do grupo de pesquisa GEPEF: Messias, Weudes, William, Mateus, Pedro Cardoso, Pedro Filho, Gabriel, Ingridy, Amanda, Danrley e Pedro Paulo.

A José Queiroz (Zé) e Adailton (Dai) do laboratório de Forragem, por toda ajuda.

A Marcinha, por toda amizade e colaboração.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos. Que o nosso bom Deus todo poderoso abençoe cada um de vocês.

BIOGRAFIA

REBEKA BORGES SILVEIRA, filha de Cloves Roberto Borges Silveira e Edna Batista de Oliveira, nasceu em Itapetinga, em 12 de agosto de 1992.

Concluiu o ensino médio em 2010, em Itapetinga, no Colégio São José, ingressou na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia no ano de 2012, no curso de Bacharelado em Zootecnia, concluindo-o em 2016.

Em março de 2017, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, com ênfase em produção de ruminantes, concluindo-o em 2019.

Em março de 2019, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em nível de Doutorado, com ênfase em produção de ruminantes.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
I-REFERENCIALTEÓRICO.....	1
1.1 Introdução geral.....	1
1.2 Palma forrageira.....	2
1.2.1 Utilização da palma forrageira na forma de silagem.....	3
1.3 Silagem de rações mistas ou totais.....	7
1.4 Silagem.....	8
1.5 Características que afetam a qualidade da silagem.....	9
1.5.1 Matéria seca.....	10
1.5.2 Carboidratos solúveis.....	11
1.5.3 Enzimas proteolíticas, nitrogênio amoniacal e pH.....	12
1.5.4 Temperatura.....	13
1.6. Uso de gramíneas na forma de silagem.....	13
1.7 Referências.....	14
II- OBJETIVO GERAL.....	23
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
III- MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Local, tempo de duração e alimentos.....	24
3.2 Delineamento experimental e dietas.....	24
3.3 Parâmetros avaliados.....	24
3.3.1 Análises químico-bromatológicas.....	24
3.3.2 Perfil fermentativo.....	26
3.4 Degradabilidade da MS, PB, FDN.....	28
3.5 Análise estatísticas.....	29
IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
V- CONCLUSÕES.....	46
VI- REFERÊNCIAS.....	47

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais.....	25
Tabela 2. Proporção dos ingredientes das dietas de silagem de ração total ensilada com palma forrageira.....	26
Tabela 3. Parâmetros de degradação ruminal da MS das dietas totais ensilada com palma forrageira.....	40
Tabela 4. Parâmetros de degradação ruminal da PB das dietas totais ensilada com palma forrageira.....	42
Tabela 5. Parâmetros de degradação ruminal da FDN das dietas totais ensilada com palma forrageira.....	44

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Matéria seca da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	30
Figura 2. Proteína bruta da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	30
Figura 3. Matéria mineral da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	31
Figura 4. Extrato etéreo da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	31
Figura 5. Fibra em detergente neutro da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	31
Figura 6. Lignina da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	31
Figura 7. Fibra em detergente ácido da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	31
Figura 8. Nutrientes digestíveis totais da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	31
Figura 9. Carboidratos não fibrosos da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	31
Figura 10. Carboidratos totais da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	31
Figura 11. Fracionamento dos carboidratos totais da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	33
Figura 12. Fracionamento da proteína bruta da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	34
Figura 13. Perdas por gases (PG) da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	35
Figura 14. Perdas por efluente (PE) da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	35
Figura 15. Recuperação de matéria seca (RMS) da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho.....	36
Figura 16. Nitrogênio amoniacal em silagens de palma forrageira em substituição ao milho.....	36
Figura 17. Efeito da inclusão de palma para os valores de pH do material ensilado.....	37
Figura 18. Efeito da inclusão de palma na temperatura máxima do material ensilado.....	39
Figura 19. Degradabilidade potencial da matéria seca da silagem de	

	dieta total ensilada com palma forrageira em função do tempo de permanência no rúmen (h).....	41
Figura 20.	Degradabilidade potencial da proteína bruta da silagem de dieta total ensilada com palma forrageira em função do tempo de permanência no rúmen (h).....	43
Figura 21.	Degradabilidade potencial da fibra em detergente neutro da silagem de dieta total ensilada com palma forrageira em função do tempo de permanência no rúmen (h).....	44

RESUMO

SILVEIRA, Rebeqa Borges. **Palma forrageira em substituição ao milho associados ao capim-elefante em silagens de dieta total.** Itapetinga, BA: UESB, 2022. 51 p. Tese. (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).*

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da substituição do milho pela palma forrageira níveis crescentes 0, 33,3, 66,6 e 99,9% associada ao *Pennisetum purpureum* Shum como fonte de forragem em silagens de dieta total. O ensaio foi conduzido em delineamento experimental casualizado com oito repetições. Foram realizadas análises químico-bromatológicas, perfil fermentativo, estabilidade aeróbia, perdas por gases, perdas por efluentes e recuperação de matéria seca. O ensaio de degradabilidade ruminal as amostras foram acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT). Posteriormente, foram seladas e alojadas em sacos de filó e incubados na porção ventral do rúmen dos animais. Os períodos de incubação corresponderam a 0; 3; 6; 12; 24; 36; 48; 72; 96 e 120 horas. Os níveis crescentes de palma forrageira em substituição ao milho em silagens de dieta total resultaram em respostas lineares decrescentes para PB, EE, CNF e NDT, contudo, verificaram-se respostas lineares crescentes para MM, FDN, FDA e LIG. No entanto, a concentração de CT não houve diferença. A substituição da palma forrageira ao invés do milho promoveu efeito quadrático com ponto de mínima de 99,9% de MS. Com a inclusão dos níveis de palma forrageira para cada unidade de substituição do milho pela palma diminuiu 0,03 unidades percentuais de PB. Para MM o aumento foi de 0,041 unidades percentuais para cada unidade de palma forrageira adicionada em substituição ao milho. Para cada unidade de palma adicionada aumentou 0,040 unidades percentuais de FDN. Houve aumento de 0,017 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada em substituição ao milho para lignina. Houve redução para o teor de CNF de 0,047 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada. Os valores de NDT reduziram 0,08 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada. Para o fracionamento dos CT, as frações A + B1 houve efeito linear decrescente com a inclusão de palma forrageira na dieta. A redução foi de 0,012 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada. A fração B2 apresentou-se efeito linear crescente com a inclusão dos níveis de palma forrageira, para cada unidade de substituição do milho pela palma aumentou 0,064 unidades percentuais da fração B2. A fração C aumentou 0,057 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada. Para o fracionamento dos compostos nitrogenados, os maiores teores de proteína solúvel e NNP contidos na fração A, foram demonstradas pelo aumento dos níveis de inclusão da palma. As frações B1 e B2 respectivamente, apresentaram efeito linear decrescente com a inclusão da palma. Na fração B3, não apresentaram diferença entre as silagens com a inclusão da palma forrageira com média 5,4%. A fração dos compostos nitrogenados indigestíveis C também não diferiu das demais apresentando média de 3,8%. A menor temperatura foi observada para o nível de 99,9% de adição de palma. O pH dos tratamentos sem adição de palma e os com maiores níveis de substituição do milho pela palma apresentaram valores aceitáveis de pH para silagens (3,8 a 4,2). O N-NH₃ apresentou efeito linear crescente com a inclusão dos níveis de palma forrageira na dieta, o aumento foi de 0,077 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada em substituição ao milho. As perdas por gases apresentaram efeito linear crescente com a inclusão dos níveis de

palma forrageira, para cada unidade de substituição do milho pela palma aumentou 0,027 de perdas por gases, entretanto, não houve diferença para as perdas por efluente, com média 7,9. Para recuperação de matéria seca (RMS) houve efeito linear decrescente de 0,045 unidades percentuais para cada unidade de palma forrageira adicionada. O ensaio de degradabilidade ruminal as amostras foram acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT). Posteriormente, foram seladas e alojadas em sacos de filó e incubados na porção ventral do rúmen dos animais. Os períodos de incubação corresponderam a 0; 3; 6; 12; 24; 36; 48; 72; 96 e 120 horas. Em relação a degradação ruminal da MS verificou-se efeito linear crescente, para a fração “c” onde para cada unidade de palma em substituição ao milho aumentou em 0,0029 unidade percentuais e para degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE), independente da taxa de passagem, houve aumento de 0,0186 para DP, enquanto, para a DE a 2, 5 e 8%, aumentos respectivos de 0,0303, 0,0324 e 0,0315 unidades percentuais. Em relação a degradação ruminal da PB, houve efeito linear crescente para fração “a”, pois para cada unidade de palma substituindo ao milho, aumentou 0,1054 unidades percentuais. O uso da palma influenciou na degradabilidade da fração “a” solúvel da PB mostrou-se elevada para as dietas contendo palma, a qual refletiu em maior DP da PB, e a fração “b” que representa a parte potencialmente degradável da PB, apresentou semelhança entre as dietas. Para a fração “a” da degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) houve efeito linear crescente para fração “c” o aumento foi de 0,012 unidades percentuais, entretanto, para degradabilidade efetiva independente da taxa de passagem (2, 5 e 8%) respectivamente, aumentou 0,0559, 0,0505 e 0,0405 unidades percentuais de palma forrageira adicionada em substituição ao milho. A degradabilidade ruminal da fibra em FDN, em função dos períodos de incubação, a inclusão de palma promoveu uma melhoria no material ensilado, onde os maiores níveis de inclusão de palma sobressaíram. Recomenda-se a palma forrageira em substituição ao milho em até 99,9% em silagens de dieta total por manter a estabilidade aeróbia, o pH, e por não promover perdas por efluentes, embora haja redução no teor de MS.

Palavras chave: composição química, capim-elefante, degradação in situ, *opuntia ficus indica* Mil, perfil fermentativo, silagem, taxa de degradação

* Orientador: Aureliano Jose Vieira Pires, D.Sc. UESB e Co-orientadores: Ariomar Rodrigues dos Santos D.Sc. IFBA, e Fábio Andrade Teixeira D.Sc, UESB.

ABSTRACT

SILVEIRA, Rebeka Borges. **Forage palm replacing corn associated with elephant grass in total diet silages**. Itapetinga, BA: UESB, 2022. 51 p. Thesis. (Doctor in Animal Science, Area of Concentration in Ruminant Production).

This study aimed to evaluate the effects of replacing corn with forage cactus in increasing levels of 0, 33.3, 66.6 and 99.9% associated with *Pennisetum purpureum Shum* as a forage source in total diet silages. The test was conducted in a randomized experimental design with eight replications. Chemical-bromatological analyses, fermentative profile, aerobic stability, gas losses, effluent losses and dry matter recovery were carried out. In the rumen degradability test, the samples were placed in non-woven fabric bags. Subsequently, they were sealed and housed in microtule bags and incubated in the ventral portion of the animals' rumen. Incubation periods corresponded to 0; 3; 6; 12; 24; 36; 48; 72; 96 and 120 hours. Increasing levels of forage cactus replacing corn in total diet silages resulted in decreasing linear responses for CP, EE, CNF and TDN, however, increasing linear responses were observed for MM, NDF, ADF and LIG. However, the concentration of CT there was no difference. The replacement of forage cactus instead of corn promoted a quadratic effect with a minimum point of 99.9% DM. With the inclusion of forage cactus levels, each unit of replacement of corn by cactus decreased by 0.03 percentage units of CP. For MM, the increase was 0.041 percentage units for each forage cactus unit added to replace corn. For each unit of cactus added, 0.040 NDF percentage units increased. There was an increase of 0.017 percentage units for each unit of cactus added to replace corn for lignin. There was a reduction for the NFC content of 0.047 percentage units for each added cactus unit. NDT values reduced by 0.08 percentage units for each added cactus unit. For the TC fractionation, the A + B1 fractions, there was a decreasing linear effect with the inclusion of forage cactus in the diet. The reduction was 0.012 percentage units for each unit of cactus added. Fraction B2 showed an increasing linear effect with the inclusion of forage cactus levels, for each unit of replacement of corn by cactus increased 0.064 percentage units of fraction B2. Fraction C increased by 0.057 percentage units for each added cactus unit. For the fractionation of nitrogenous compounds, the highest levels of soluble protein and NNP contained in fraction A were demonstrated by the increase in the inclusion levels of forage cactus. For MM, the increase was 0.041 percentage units for each forage cactus unit added to replace corn. For each unit of cactus added, 0.040 NDF percentage units increased. There was an increase of 0.017 percentage units for each unit of cactus added to replace corn for lignin. There was a reduction for the NFC content of 0.047 percentage units for each added cactus unit. NDT values reduced by 0.08 percentage units for each unit of Fractions B1 and B2, respectively, showed a decreasing linear effect with the inclusion of cactus. In the B3 fraction, there was no difference between the silages with the inclusion of forage cactus with a mean of 5.4%. The fraction of indigestible nitrogenous compounds C also did not differ from the others, presenting an average of 3.8%. The lowest temperature was observed for the level of 99.9% of cactus addition. The pH of the treatments without the addition of cactus and those with higher levels of replacement of corn by cactus showed acceptable pH values

for silages (3.8 to 4.2). The N-NH₃ showed an increasing linear effect with the inclusion of forage cactus levels in the diet, the increase was 0.077 percentage units for each cactus unit added to replace corn. Gas losses showed a linear increasing effect with the inclusion of forage cactus levels, for each unit of replacement of corn by cactus increased 0.027 gas losses, however, there was no difference for effluent losses, with an average of 7.9. For dry matter recovery (DMR) there was a decreasing linear effect of 0.045 percentage units for each unit of forage cactus added. In the ruminal degradability test, the samples were placed in non-woven fabric bags. Subsequently, they were sealed and housed in phyllo bags and incubated in the ventral portion of the animals' rumen. Incubation periods corresponded to 0; 3; 6; 12; 24; 36; 48; 72; 96 and 120 hours. Regarding the ruminal degradation of DM, there was an increasing linear effect, for fraction "c" where for each unit of cactus replacing corn it increased by 0.0029 percentage units and for potential (PD) and effective (ED) degradability, regardless of the passing rate, there was an increase of 0.0186 for PD, while for ED at 2, 5 and 8%, respective increases of 0.0303, 0.0324 and 0.0315 percentage units. Regarding the CP ruminal degradation, there was an increasing linear effect for fraction "a", because for each unit of cactus replacing corn, it increased by 0.1054 percentage units. The use of cactus influenced the degradability of the soluble fraction "a" of CP, which was high for diets containing cactus, which reflected in a higher PD of CP, and fraction "b", which represents the potentially degradable part of CP, showed similarity between the diets. For fraction "a" of the degradability of neutral detergent fiber (NDF) there was an increasing linear effect for fraction "c" the increase was 0.012 percentage units, however, for effective degradability independent of the passage rate (2, 5 and 8%) respectively, increased by 0.0559, 0.0505 and 0.0405 percentage units of forage cactus added to replace corn. The ruminal degradability of fiber in NDF, depending on the incubation periods, the inclusion of cactus promoted an improvement in the ensiled material, where the highest levels of inclusion of cactus stood out. Forage cactus is recommended to replace corn in up to 99.9% of total diet silages because it maintains aerobic stability, pH, and does not promote losses by effluents, although there is a reduction in DM content.

Keywords: chemical composition, degradation rate, elephant grass, in situ degradation, fermentation profile, silage, rate degradation

* Adviser: Aureliano Jose Vieira Pires, D.Sc. UESB and co-advisers: Ariomar Rodrigues dos Santos D.Sc. IFBA and Fábio Andrade Teixeira D.Sc, UESB.

I-REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Introdução geral

A alimentação animal representa um dos maiores custos na produção animal (Khan et al., 2015). No Brasil o clima tropical favorece a produção de forragens, cujo o uso costuma custar menos em relação aos ingredientes concentrados (milho e farelo de soja), e por isso são usados em altas proporções na dieta de ruminantes, muitas vezes acima de 40% (Nicory et al., 2015).

O uso de forragem de plantas adaptadas a região juntamente com a prática de ensilagem, aumenta a oferta de forragem, principalmente no período seco. Considerando que a estação seca é o período de maior dificuldade para contornar a sazonalidade da produção de forragem, além de maiores preços dos grãos, há a necessidade pela procura de alimentos alternativos que possibilitem a manutenção do sistema de produção animal, diminuindo assim os custos de produção.

A palma forrageira que vem sendo predominantemente utilizada em regiões semiáridas (Costa et al., 2012). Destaca-se por apresentar características morfofisiológicas que a tornam tolerante a longas estiagens. Este alimento é rico em carboidratos, principalmente não fibrosos importante fonte de energia para os ruminantes, além de apresentar baixa porcentagem de constituintes da parede celular e alto coeficiente de digestibilidade de matéria seca (Wanderley et al., 2012).

Outras forragens verdes, como o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) tem se destacado entre as gramíneas forrageiras tropicais por apresentar elevada produção por unidade de área e pelo equilíbrio nutritivo (Lira Júnior et al., 2018), sendo muito utilizado para a produção de silagem ou feno. No entanto, 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). Uma possível alternativa para contornar este problema seria ensilar o material na forma de dieta total e, possivelmente, melhorar a qualidade da forragem ensilada.

A associação da palma forrageira com o capim efefante torna-se uma excelente mistura, sendo possível melhorar a utilização dos nutrientes da palma acompanhado de uma fonte de fibra, reduzindo a possível ocorrência de distúrbios nutricionais nos animais e permitindo o melhor aproveitamento dos nutrientes presentes em ambos os alimentos

(Macêdo et al., 2017). Estes quando ensilados permitem associar a palma forrageira que é rica em água juntamente com o capim elefante que estará em seu máximo valor nutritivo, balanceando e também regulando o teor de matéria seca (MS) dessa mistura até atingir um valor adequado para ensilagem, por meio da adição de alimentos concentrados (farelos) de origem proteica e energética, em busca de confeccionar uma ração.

Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos de diferentes níveis de palma forrageira em substituição ao milho em silagens de dieta total.

1.2 Palma forrageira

A palma forrageira tem origem no México, e sua introdução no Brasil ocorreu no final do século XVIII, sendo de início, destinada à criação de uma cochonilha (*Dactylopius coccus*), utilizada para produção de corante. Somente no início do século XX, passou a ser usada como planta forrageira, se intensificando na década de 90 quando ocorreram secas prolongadas no Nordeste (Simões et al., 2005).

No Nordeste predomina o cultivo de espécies de palma dos gêneros *Opuntia* (variedades Redonda e Gigante) e *Nopalea* (palma miúda ou palma doce), ambos da família *Cactacea*, cultivadas em área superior a 600 mil hectares no semiárido, (Dubeux Júnior et al., 2013). De acordo com os dados obtidos por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística – IBGE, realizado no ano de 2017, o estado da Bahia obteve a maior produção (469.826 toneladas) (IBGE, 2017).

A palma forrageira tem se destacado como importante recurso forrageiro em regiões semiáridas devido ao seu potencial de produção de biomassa em condições de baixa pluviosidade, com elevada capacidade de produção se comparada à vegetação nativa da caatinga (Neto et al., 2016). Em relação ao valor nutricional independentemente do gênero *Opuntia* ou *Nopalea*, a palma forrageira apresenta em média teores de CNF (carboidratos não fibrosos) 585 g kg⁻¹ de MS (Ferreira et al., 2012) e NDT (Nutrientes digestíveis totais) de 589,3 g kg⁻¹ de MS (Aguiar et al., 2015), as características nutricionais são próximas ao encontrado no milho, principal alimento energético usado na alimentação animal. O alto teor de carboidratos não fibrosos na palma pode permitir a síntese eficiente de proteína microbiana, promovendo uma melhor utilização da amônia ruminal liberada de alimentos com alto teor de proteína degradável no rúmen (Promkot et al., 2007; Degu et al., 2009). A boa qualidade energética ainda permite que a palma seja usada como

alimento de emergência ou como parte de uma dieta completa, desde que a dieta contenha uma quantidade adequada de proteína degradável, (Batista et al., 2009). A palma apresenta baixo teor de proteína bruta (48 g kg^{-1}) e concentração de fibras (268 g kg^{-1}) (Ferreira et al., 2012), em comparação com fontes tradicionais de proteína e volumosos, que é insuficiente para o adequado desempenho animal, o que faz necessária a associação da palma com outros alimentos. Há, portanto, a necessidade de corrigir o déficit de proteína, além dos níveis de FDN através de fontes de fibra fisicamente efetiva, (Wanderley et al., 2012).

Além das características já citadas, a palma forrageira apresenta alto teor de umidade, em torno de $900 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, que é ponto interessante principalmente para regiões semiáridas, que sofrem efeitos da estiagem durante grande parte do ano, sendo assim, o uso da palma além de fornecer energia aos animais pode suprir quase que 100% as exigências de água dos animais (Sá et al., 2021)

Vazquez-Mendoza et al. (2017) avaliaram onze cultivares de palma forrageira para eventual utilização na alimentação animal no México. Os teores de MS variaram entre 6,4 e 16,05, os teores médios de PB variaram entre 52 e 101 g kg^{-1} . O teor de FDN das 11 cultivares variou entre 251 e 393 g kg^{-1} . Quanto à digestibilidade in vitro da MS, observou-se variação entre 690 e 820 g kg^{-1} de MS. Em relação às diferenças observadas entre as cultivares essas podem ter sido influenciadas por uma série de fatores, como: a maturidade, a umidade e composição de nutrientes no solo, ainda sobre a digestibilidade, os altos valores são comuns para cultivares de palma forrageira, resultado da quantidade de carboidratos não estruturais. A densidade de plantas e a fertilização foram consideradas essenciais para aumentar a produtividade. Essas são importantes práticas de gestão que contribuem para aumentar a eficiência do uso da água e da interceptação de luz.

É um alimento específico nas bacias leiteiras dos estados do Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Bahia, sendo empregada como estratégia alimentar durante o período seco, devido ao baixo crescimento das demais forrageiras (Santos, 2006). Podendo ser fornecida como prática separada dos demais ingredientes da dieta ou na forma de mistura completa (silagem).

1.2.1 Utilização da palma forrageira na forma de silagem

A palma forrageira possui uma característica específica em sua composição químico-bromatológica que é a mucilagem, esta substância possui altos valores de carboidratos solúveis que favorecem o crescimento das bactérias ácido lácticas, conservando o material ensilado.

A mucilagem é uma das inúmeras substâncias presentes na palma, possui várias funções de cunho farmacêutico, nutricional, industrial, etc. Esta substância é composta por vários tipos de carboidratos complexos como Larabinose, D-galactose, L-ramnose e D-xilose, possuindo duas frações hidrossolúveis diferentes, uma rica em pectina com aspecto gelatinoso e a segunda fração mais hidrofílica e sem gelificação, e de modo geral a mucilagem apresenta alta capacidade de retenção de água (Sepúlveda et al., 2007).

A palma é uma cactácea com elevada resistência à seca e sua adaptabilidade possibilitou ampla difusão nas regiões semiáridas, atualmente, essa cactácea faz parte do cenário nordestino, como alimento forrageiro alternativo, constituindo a base alimentar de rebanhos da região com grande importância social e econômica. (Rodrigues et al., 2016; Sá et al., 2021). Apesar de possuir baixo teor de proteína (40 – 60 g/kg de MS) e MS (100 – 150 g/kg), a palma forrageira se destaca por apresentar altos teores de carboidratos não fibrosos (450 a 500 g/kg de MS), grande concentração de NDT (646,6 g/kg de MS), sendo uma excelente fonte de energia e pela elevada concentração de umidade (850 – 900 g/kg com base na matéria natural), característica importante para regiões que passam por escassez hídrica (Bispo et al., 2007).

Por razão da baixa concentração de fibra, sendo considerado um índice negativo de qualidade, uma vez que representa a fração menos digestível dos alimentos, esta planta não deve ser fornecida como alimento exclusivo, pois pode causar distúrbios gastrointestinais, para um normal funcionamento de atividades como movimentação ruminal, secreção salivar e homogeneização do conteúdo ruminal, além de ser um alimento rico em energia, podem ser utilizada na substituição total ou parcial de ingredientes energéticos, como milho ou sorgo (Oliveira et al., 2011; Galvão Júnior et al., 2014).

Wanderley et al. (2002) e Andrade et al. (2002) avaliaram o efeito da inclusão de palma forrageira com níveis de (0, 12, 24 e 36%), em substituição à silagem de sorgo para vacas em lactação, sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes e o desempenho animal. A proporção de concentrado foi de aproximadamente, 44%. Não observaram efeito dos tratamentos sobre o consumo de MS e a produção de leite, porém, o teor de gordura do

leite e a digestibilidade foram influenciados de forma quadrática – comportamento atribuído ao aumento dos teores de CNF e à redução de FDN, com a crescente inclusão da palma.

Por outro lado, Oliveira (2006) não observou influência da inclusão de palma em substituição ao feno de capim tifton, na dieta de vacas em lactação, sobre o consumo, a produção e composição do leite e digestibilidade da maioria dos nutrientes. Vale ressaltar que, nesse caso, a proporção de concentrado nas dietas foi em torno de 30% e o teor de CNF e FDN estiveram dentro do intervalo recomendado pelo NRC (2001).

A palma apresenta-se como uma alternativa para as regiões áridas e semiáridas do Nordeste brasileiro, visto que é uma cultura que apresenta aspecto fisiológico especial quanto à absorção, aproveitamento e perda de água, sendo bem adaptada às condições adversas do semiárido, suportando prolongados períodos de estiagem, a palma se caracteriza como sendo o principal alimento fornecido aos rebanhos, independentemente da época do ano (Almeida et al., 2015).

Em períodos de falta de água a presença da palma na dieta dos ruminantes ajuda aos animais a suprir grande parte da água necessária do corpo, a energia da palma é similar à do milho podendo suprir na dieta dos animais o milho pela palma (Almeida et al., 2015). A palma apresenta alta taxa de digestão ruminal, sendo degradada extensa e rapidamente a MS, contribuindo numa maior taxa de passagem no consumo dos concentrados, onde é considerada um dos fatores mais importantes da palma forrageira (Santos et al., 2006).

Segundo Alvarez (2012) e Hernandez (2012) a silagem de palma possui 113,6 g/kg de MS, 69,3 de PB e 22,3 g/kg de EE com base na MS. Ainda, estes mesmos autores, trabalhando com adição da silagem de palma na dieta de caprinos, concluíram que a adição de 0,22 kg de MS/dia e 0,35 kg MS/dia de silagem de palma na dieta total dobrou o ganho de peso (0,141 e 0,109 kg/dia, respectivamente) dos animais, em relação a dieta controle (sem adição de silagem de palma), tornando uma alternativa viável dos caprinocultores das zonas áridas e semiáridas.

Estudos avaliando o desempenho de ovinos alimentados com e sem silagem de palma na forma de ração total, mostram que os custos para a confecção da silagem foram menores em relação a ração convencional, os animais alimentados como silagem de palma na forma de ração tiveram um ganho médio diário (GMD) de 270 g/dia enquanto os animais recebendo dieta convencional tiveram um ganho médio diário de 109 g/dia (Adous, 2016).

Gusha et al. (2015), avaliando os parâmetros ruminiais de ovelhas suplementadas com silagem na forma de ração à base de palma e leguminosa (leucena) verificaram que as silagens apresentaram adequados valores de pH que variaram de 4,1 a 4,2, sendo as silagens compostas por 70% de palma e 30% de leguminosa, e essa mistura tinha como objetivo elevar o teor de MS, FDN e PB, enriquecendo essa mistura do ponto de vista nutricional e ao mesmo tempo melhorando as características físicas, proporcionando condições para que ocorresse adequada fermentação do material ensilado. Os autores verificaram que os animais que receberam as silagens à base de palma e leguminosa apresentaram maior síntese microbiana, elevou-se a digestibilidade parcial como também foram maiores as concentrações de ácidos graxos voláteis (AGVs) quando comparado ao tratamento controle.

Gusha et al. (2013), avaliando a composição nutricional e a aceitabilidade de silagem mista de palma forrageira associada a feno de leguminosa oferecida aos animais durante o período de estiagem na Turquia verificaram que as silagens apresentaram bom padrão de fermentação, os valores de pH variaram de 3,97 a 4,11 os teores de MS variaram de 37 a 43%. Todas as silagens apresentaram aceitabilidade satisfatória pelos animais (ovinos e bovinos). Este estudo demonstra que a palma pode ser utilizada como fonte de alimento alternativo na forma de silagem e esta não promove efeitos laxativos quando associada a uma fonte de fibra efetiva, evitando distúrbios metabólicos.

Jesus et al. (2022), avaliando os aspectos qualitativos da silagem de palma forrageira associada a palhada de milho (PM) ou capim elefante (CE) como fonte volumosa em dieta completa e quatro níveis de substituição do farelo de sorgo por palma forrageira (0%, 33%, 66% e 100%) verificaram que a dieta contendo palhada de milho apresentaram maiores teores de NDT, PB, MM, EE e CNF. Maior perda e menor recuperação de MS foram observadas na dieta com PM nos níveis de 33 e 66% de substituição. Este estudo demonstrou que a palma forrageira pode substituir de 35 a 55% do farelo de sorgo em silagem de dieta completa quando associada a PM ou CE.

O uso de silagem na forma de ração à base de palma na alimentação de animais ruminantes torna-se uma alternativa interessante que permite um melhor aproveitamento dos recursos alimentares, otimização do uso do palmal, intensificação do uso da mão-de-obra, como também pode tornar-se uma fonte de renda extra para o produtor que poderá comercializar o excedente de silagem, permite uma mistura homogênea, minimizando a ocorrência da seleção dos ingredientes por parte dos animais e assim ocorrendo uma

fermentação uniforme dessa mistura alimentar, promovendo melhorias no desempenho animal e diminuindo os custos quando comparada a ração convencional.

1.3 Silagem de rações mistas ou totais

Alimentar ruminantes com dietas/rações mistas completas ou totais (TMR) torna possível explorar animais com alto mérito genético. Para reduzir o risco de deterioração aeróbia e maximizar a eficiência produtiva, as TMR devem ser preparadas diariamente ou várias vezes ao dia, pela mistura de forragens, concentrados, coprodutos, minerais, vitaminas e aditivos (Schingoethe, 2017). Tem como intuito balancear os nutrientes requeridos pelo animal, além de substituir as misturas diárias do preparo da ração total, minimizando os entraves nos períodos de escassez em disponibilizar aos ruminantes uma dieta balanceada ao longo do ano (Gusmão, 2017; Yuan et al., 2015).

Rações em processo de deterioração aeróbia frequentemente reduzem o desempenho animal via diminuição de consumo de matéria seca (CMS) e/ou eficiência alimentar (Gerlach et al., 2021; Salvo et al., 2015), e ainda, apresentam risco sanitário aos animais e aos produtos de origem animal, devido ao desenvolvimento de microrganismos patogênicos e toxinas (Driehuis et al., 2018).

Como principais benefícios da ensilagem da TMR destacam-se: a otimização e/ou a viabilização do uso de subprodutos úmidos ou secos, a possibilidade de utilização de um grande número de ingredientes em uma única fórmula e a incorporação de ingredientes com baixa palatabilidade (Nishino et al., 2003; Abdollahzadeh et al., 2010); a homogeneidade da ração ofertada aos animais (Weinberg et al., 2011); a possibilidade de estocagem da ração por períodos longos, sendo utilizada conforme a demanda (Schmidt et al., 2017); a possibilidade de terceirização do serviço de produção ou de compra da TMR ensilada, com redução da necessidade de maquinário específico, bem como de mão de obra diária, a qual pode ser voltada à outras atividades na fazenda, a diminuição de perdas de nutrientes devido à maior estabilidade aeróbia no cocho comparativamente à TMR fresca ou aos alimentos conservados separadamente (em se tratando de alimentos úmidos) o aumento da digestibilidade de amido, a redução da emissão de metano e o aumento da eficiência alimentar em rações contendo grãos de cereais comparativamente à TMR fresca (Meenongyai et al., 2017; Miyaji e Nonaka

2018). Além disso, a ensilagem de TMR também tem sido proposta como estratégia de conservação de forragens com alta umidade (Gusmão et al., 2017). No entanto, como principais desvantagens deve-se considerar o risco de perdas de nutrientes caso ocorram problemas associados à conservação do material, normalmente relacionado a entrada de oxigênio no silo durante o armazenamento (Wang e Nishino, 2013),

De acordo Wang e Nishino (2013), as silagens de ração total apresentam níveis de matéria seca (MS), proteína bruta e nutrientes digestíveis totais em média de 500 a 600 g/kg, 160 a 180 g/kg da MS e 720 a 740 g/kg da MS, respectivamente, os mesmos autores observaram que silagem de ração total possui alta estabilidade aeróbia após abertura do silo, o que auxilia a conservação da massa verde.

Weinberg et al., (2011) encontraram resultados semelhantes quanto à resistência de deterioração em silagens de ração total, Wang e Nishino (2013) e Nishino et al., (2003) atribuíram este fato a presença de ácidos não dissociados e de bactérias do gênero *Lactobacillus buchneri*, produtoras de ácido láctico, as quais conservam e conferem maior estabilidade aeróbia.

Em países tropicais como o Brasil, onde as áreas de pastagens são vastas e com elevada produção durante um período do ano, a silagem de ração total pode se tornar uma alternativa viável. Além disso, pequenos produtores possuem dificuldades em formular e fornecer dietas balanceadas, necessitando práticas mais simples (Gusmão, 2017).

1.4 Silagem

O processo de confecção da silagem, denominado de ensilagem, ocorre de forma anaeróbia, em locais apropriados, chamados de silos (Ramos et al., 2016). Esse procedimento possibilita que seja conservado o valor nutritivo do alimento, com o mínimo de perdas, de forma a permitir o armazenamento e uso na alimentação de animais em momentos mais apropriados, como em períodos de escassez de forragem (Paula et al., 2021).

O princípio básico da silagem é a fermentação de açúcares por bactérias, com produção de ácidos orgânicos e consequente redução do pH da massa ensilada. O principal objetivo de fazer silagem é maximizar a preservação dos nutrientes originais na cultura de forragem para alimentação do animal (Stewart, 2011). A ensilagem é um processo que visa a preservação da forragem recém colhida, mantendo seu valor

nutricional (Santos e Zanine, 2006; Pereira et al., 2007).

Nas condições climáticas reais, a silagem é o melhor método para preservar a forragem fresca com perdas mínimas. A qualidade da silagem e o valor nutricional são influenciados por inúmeros fatores biológicos e tecnológicos. Fatores relacionados na fermentação que incluem grau de murchamento da forragem verde, tamanho do corte, tipo de tecnologia da ensilagem e quantidade do aditivo usado (Haigh, 1988).

De acordo Ramos et al. (2016), a conservação da silagem é dependente de condições favoráveis como quantidade suficiente de carboidratos solúveis, baixa capacidade tampão, para promover rápido abaixamento do pH, inibindo o crescimento de microrganismos deletérios, garantindo o valor nutricional da forragem. Com a redução do pH e o consumo do oxigênio, só as bactérias anaeróbicas facultativas têm condições de manter seu crescimento.

Segundo Ramos et al. (2016), o processo de ensilagem é dividido em quatro fases: Fase aeróbica: ocorre durante o enchimento do silo e estende-se até poucas horas após seu fechamento. É uma fase que está associada a fermentação indesejada e perdas de energia, no entanto, é inevitável.

Fase de fermentação ativa: depois do uso do oxigênio no silo, ocorre a redução do pH por causa da produção de ácidos orgânicos através dos carboidratos solúveis. Com a redução do pH, bactérias lácticas homofermentativas dominam o ambiente anaeróbico. Nessa existe maior formação dos ácidos orgânicos, como acético e láctico, mas também álcool e CO₂. As bactérias ácido-láticas inibem o crescimento de outras bactérias.

Nas seguintes fases, a de estabilidade: é a de menor atividade biológica, desde que não haja penetração de ar na massa ensilada. O pH permanece estável 3,8 e 4,2, já na fase de descarga: ocorre quando o silo é aberto e a massa ensilada é exposta ao oxigênio, favorecendo o crescimento de entorobactérias, bolores, leveduras e outros microrganismos, causando deterioração da silagem, e, conseqüentemente, redução na qualidade. O manejo adequado de retirada do material pode minimizar as perdas que ocorrem após abertura do silo.

1.5 Características que afetam a qualidade da silagem

As características mais desejáveis em uma cultura destinada a produção de silagem são: elevadas produções de matéria seca, proteína bruta e energia; que apresentem

alta digestibilidade, e que possuam baixa concentração de fibra no período da colheita, para favorecer a fermentação da massa ensilada. Segundo Paziani et al. (2009), em casos de culturas com baixos teores de proteína bruta, fontes de nitrogênio podem ser adicionadas a cultura (no momento da confecção da silagem), ou fornecidas separadamente aos animais, no momento do arração, com o intuito de elevar o valor nutricional; já que este é um nutriente fundamental para o desempenho animal.

De acordo Muck (2010) uma boa silagem apresenta variações de pH entre 3,8 a 4,2 (pH ideal), com a queda do pH, ocorre a inativação de bactérias lácticas, inibindo o processo fermentativo, iniciando-se a estabilidade da massa ensilada, que permanece até que a massa tenha contato com o oxigênio (O₂).

Bactérias de ácido lático, que são as bactérias mais importantes durante uma ensilagem, geralmente estão presentes na forragem em números mil vezes menores que suas principais concorrentes, fungos e enterobactérias. Após a ensilagem, os microrganismos capazes de crescimento anaeróbio, ou seja, as bactérias do ácido lático, enterobactérias, Clostridia, alguns *Bacillus* spp. e as leveduras começam a crescer e competir pelos nutrientes disponíveis.

1.5.1 Matéria seca

Como um dos fatores de colheita mais importantes que influenciam a ensilagem e preservação, a concentração de umidade durante a colheita que está sendo colocada no silo, afeta direta ou indiretamente todos os processos físicos, biológicos e químicos que ocorrem no silo. O teor de matéria seca adequado para uma boa fermentação da forragem está entre 28 a 40%. Valores abaixo de 28% de MS aumentam as perdas por efluentes (nutrientes solúveis) além de favorecer a atuação de microrganismos indesejáveis na massa ensilada. Já quando a forragem apresenta teor de MS acima de 40% os problemas são relacionados a compactação inadequada, ocasionando uma série de fenômenos indesejáveis, determinados pela entrada de ar no silo devido à baixa massa específica. Neste contexto, haverá oportunidade para microrganismos aeróbios e anaeróbios facultativos desenvolverem-se, com grandes prejuízos para a qualidade da silagem (Pitt et al., 1991).

É fato amplamente registrado na literatura (McDonald et al., 1991; Amaral; Nussio, 2011) que o excesso de umidade (80% ou mais) no momento da ensilagem

implica em riscos pela ação de microrganismos indesejáveis. A elevada atividade de água neste momento favorece o desenvolvimento de bactérias, especialmente do gênero *Clostridium* e de outras que desdobram açúcares, ácidos lácticos, proteínas e aminoácidos em ácido acético e butírico, amônia e aminas, substâncias que afetam o consumo da silagem (Van Soest, 1994).

Em relação ao fator de MS e perdas na ensilagem, a produção de efluentes merece atenção em razão da natureza dos produtos lixiviados e na redução na qualidade da silagem. Também é altamente relevante considerar os possíveis impactos por estes efluentes. Forragens ensiladas com alto teor de umidade apresentam perdas elevadas por efluente, que contém compostos solúveis como açúcares e ácidos orgânicos, reduzindo a qualidade da silagem.

A quantidade de MS perdida depende de fatores como o teor de MS, tamanho médio de partícula (processamento) e grau de compactação (Jobim et al., 2007)). As perdas por efluente, que quantitativamente não sejam elevadas, tem grande reflexo na qualidade da silagem, dada a natureza dos produtos perdidos. A ruptura de células e o extravasamento de conteúdo celular acarretam lixiviação de compostos de alto valor nutritivo, reduzindo a qualidade da silagem. Vários compostos solúveis como: açúcares, nitrogênio, ácidos orgânicos, vitaminas e minerais podem estar presentes no efluente produzido por silagem (McDonald et al., 1991; Rotz e Muck, 1994).

1.5.2 Carboidratos solúveis

A quantidade de carboidratos solúveis em água, presentes na planta, também descritos como açúcares solúveis ou açúcares fermentescíveis, são de fundamental importância para a boa qualidade de fermentação da forragem ensilada. Os principais CS utilizados como substrato para fermentação no silo são a glicose, frutose, sacarose e frutanas (Henderson, 1993). Esses açúcares são utilizados como substratos para fermentação por bactérias, produzindo ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico, que resultará na acidificação do meio e, conseqüentemente, na conservação da forragem ensilada. Plantas que apresentam baixo teor de açúcares solúveis, como, por exemplo, as leguminosas, certamente terão qualidade de fermentação inadequada e, invariavelmente, podem exigir o uso de aditivos ou emurhecimento.

De acordo com Woolford e Sawczyc (1984) e Rotz e Muck (1994) durante o

processo de ensilagem, as enzimas liberadas pela ruptura das células, em função do corte da forragem, e as enzimas microbianas hidrolisam proteínas, produzindo peptídeos e aminoácidos livres, e carboidratos polimerizados até açúcares simples. A ruptura das células fornece o substrato para microrganismos, como leveduras, fungos e bactérias aeróbias e anaeróbias.

1.5.3 Enzimas proteolíticas, nitrogênio amoniacal e pH

No processo fermentativo existe atividade proteolítica das enzimas das plantas e dos microrganismos que produzem nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), como um dos produtos finais da fermentação de compostos nitrogenados. As enzimas proteolíticas da planta, que são liberadas através da quebra estrutural da forrageira, lisam a proteína em peptídeos, aminoácidos e essa atividade pode aumentar em elevadas temperaturas e em pH entre 6,0 e 7,0, atuando também em pH abaixo de 4,0, porém em menor quantidade (Muck, 2010).

Para que a proteólise e a ação dos microrganismos sejam diminuídas é necessário que se chegue rapidamente a fase estável, aumentando então o crescimento de bactérias lácticas, produção de ácido láctico e diminuição do pH, inibindo o aumento da ação das proteases e fermentação indesejada na silagem (Pereira et al, 2007). Quanto maior for a concentração de N, maior será a proteólise na ensilagem e menor quando a matéria seca for elevada, devido à elevada presença de O_2 no silo (Amaral et al, 2008).

Em silagens bem conservadas, os aminoácidos livres devem constituir a maior parte da fração NNP e a concentração de amônia deve ser baixa, sendo menor que 10% do N total (Van Soest, 1994). Os valores de nitrogênio amoniacal sugeridos para silagens de bom padrão fermentativo estão, no máximo, entre 110 a 112 mg/g da MS (Silveira, 1975). A produção de amônia pode ser diretamente relacionada com a proteólise, porém não são apenas estas enzimas que degradam a proteína e produzem esses compostos. Algumas bactérias, principalmente as do gênero *Clostridium*, são responsáveis pelo aumento de amônia na silagem, além de afetar a qualidade, a aceitabilidade, o consumo e a eficiência na utilização de nitrogênio pelos ruminantes, comprometem diretamente o desempenho animal (Freixial e Alpendre, 2013).

1.5.4 Temperatura

A temperatura afeta todos os processos vegetais, microbianos e químicos antes e durante a ensilagem. Embora o agricultor possa ter pouco controle sobre a temperatura na hora da colheita, a velocidade de enchimento determinará o tamanho do aumento da temperatura devido a respiração antes da ensilagem. Temperaturas mais altas aumentam a velocidade de fermentação de duas maneiras, fazem com que as células das plantas morram e se rompam mais rapidamente, liberando açúcares para fermentação mais cedo (Greenhill, 1964). Em segundo lugar desde que as temperaturas não excedam as ótimas para as bactérias do ácido láctico presente, temperaturas mais altas aumentam a taxa de fermentação e a queda do pH. Segundo Muck et al. (2010) as taxas máximas de respiração das plantas ocorrem em aproximadamente 35°C.

Weinberg et al. (2001) observaram concentrações mais baixas de ácido láctico e pHs mais altos em silagens mais quentes de milho (37 x 28°C) e trigo (41 x 24°C). Um aspecto negativo de temperaturas mais altas é o efeito sobre clostrídios. Geralmente, clostrídios têm temperaturas ótimas mais altas do que bactérias ácido lácticas (LAB) (McDonald et al., 1991). Assim, silagens mais quentes devem ser mais suscetíveis a fermentação clostridial.

1.6 Uso de gramíneas na forma de silagem

A produção de silagem de gramíneas tropicais tanto em área destinada a produção direta usando o excedente produzido em áreas de pastagem ou forragem, durante o período de tempo favorável ao crescimento da forragem, constitui uma estratégia interessante para a suplementação do gado (Faria et al., 2010). No Brasil uma das principais forragens utilizadas para este objetivo é o capim elefante (*Pennisetum purpureum* Shum) caracterizado por sua alta capacidade de produção de biomassa e valor nutricional adequado. No entanto, a silagem de grama tropical requer algumas compreensões sobre forragens específicas, perfil de fermentação, a fim de obter um adequado produto final de qualidade. Neste caso, quando o corte dessas forragens com bom valor nutricional é desejado, o teor de matéria seca é reduzido, o que influencia negativamente tanto no processo de fermentação e também promove aumento na perda de nutrientes por efluentes. Além disso, o carboidrato reduzido numa proporção em média

constitui um importante obstáculo para a silagem exclusiva de gramíneas tropicais (Muck, 2010). Assim, o alto teor de umidade juntamente com a baixa proporção de carboidratos dessas forragens no momento do corte pode resultar em fermentações principalmente as promovidas por bactéria *Clostridium*.

Esses microrganismos agem na quebra de açúcares, ácido lático, proteínas, promovendo produções excessivas de ácido butírico, acético, amônia e dióxido de carbono, o que resulta em perdas efetivas na qualidade da silagem (Cândido et al., 2007). Neste fluxo, o uso de produtos com o objetivo de aumentar a eficiência dessas forragens, seja através da melhoria da fermentação ou pela redução das perdas do processo constituem uma prática fundamental para obtenção de gramíneas de boa qualidade (Ferrari Junior et al., 2009).

O uso de aditivos ricos com fornecimento adequado de nutrientes que pode permitir a absorção de umidade, aumentando o teor de matéria seca do material ensilado e até mesmo promover melhorias na composição bromatológica da silagem produzida.

Afim de obter resultados adequados para a ação de bactérias produtoras de ácido lático, além do conteúdo da proporção de matéria seca e carboidratos, a eficiente remoção de oxigênio da massa ensilada é uma condição necessária para possibilitar o crescimento de lactobacilos anaeróbicos.

1.7 Referências

ABDOLLAHZADEH, F.; PIRMOHAMMADI, R.; FARHOOMAND, P.; FATEHI, F.; PAZHOH, F.F. The effect of ensiled mixed tomato and apple pomace on Holstein dairy cow. **Italian Journal Animal Science**, v.9, p.41, 2010.

ADOUS, F.E. Dissemination of feed based on cactus silage by breeder of Rhamna region. 2016. Disponível em: <<https://www.feedingknowledge.net>>. Acessado em: 10/06/2022.

AGUIAR, M.S.M.; SIVA, F.F.; DONATO, S.L.R.; SCHIO, A.R.; SOUZA, D.D.; MENESES, M.A.; LÉDO, A.A. Síntese de proteína microbiana e concentração de ureia em novilhas leiteiras alimentadas com palma forrageira *Opuntia*. **Ciências Agrárias**, v.36, n.2, p.999-1012, 2015.

AJAYI, F.T.; GUNLEKE, F.O.; ADESINA, M.A.; ODEJIDE, J.O.; DUROTOYE, E.S.; OLADELE, B.M.O. Efeitos da alimentação de capim-elefante ensilado com as plantas de feijão-de-lima, de inhame-da-África e de ervilha-de-pombo no desempenho hematologia de cabras anãs da África Ocidental. (Bitto, II, Kaankuk, FG e Attah, S. (Eds. Procedendo conferência anual da Nig.Soc. Para Anim. Prodl. Universidade de Agricultura, Makurdi, 2012.

ALMEIDA, G.A.P.; CAMPOS, J.M.S.; FERREIRA, M.A.; CORREIA, A.L.V.; ANDRADE, A.P. Palma (*Opuntia ficus indica* mill) cv. gigante em suplementos para fêmeas leiteiras em crescimento a pasto. **Revista Caatinga**, v. 28, n.2, p.161-171, 2015.

ALVAREZ, L.O.P. Suplementacion de ensilado de Nopal (*Opuntia* spp.) com urea y melaza para trez razas de cabras. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, México, p.49, 2012.

AMARAL, R.C.; NUSSIO, L.G. Fungos e micotoxinas em silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: Ed. Sthampa, p.221-250, 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.

ANDRADE, D.K.B.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; WANDERLEY, W.L.; SILVA, L.E.; CARVALHO, F.F.R.; ALVES, K.S.; MELO, W.S. Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2088-2097, 2002.

AUERBACH, H.; NADEUAU, E. Effects of chemical additives on whole crop maize silage traits. Int. Grassl. Congr., Sydney, New South Wales, Australia, Department of Primary Industry, **New South Wales Australia**, v.22, 2013.

BATISTA, Â.M.; RIBEIRO NETO, A.C.; LUCENA, R.B.; SANTOS, D.C.; DUBEUX JR, J.; MUSTAFA, A.F. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v.62, n.3, p.297-301, 2009.

BERNARDES, T.F.; REGO, A.C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.1852-1861, 2014.

BISPO, S.V.; FERREIRA, M.D.A.; VÉRAS, A.S.C.; BATISTA, M. V.; PESSOA, R.A. S.; BLEUEL, M.P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902–1909, 2007.

CÂNDIDO, M.J.D.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1489-1494, 2007.

CARRERA, R.A.B.; VELOSO, C.M.; KNUPP, L.S.; SOUZA JÚNIOR, A.H.; DETMANN, E.; LANA, R.D.P. Protein co-products and by-products of the biodiesel industry for ruminants feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1202-1211, 2012.

COSTA, R.G.; QUEIROGA, R.C.R.E.; PEREIRA, R.A.G. Influência do alimento na

produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.307-321, 2012.

ÇÜREK, M.; ÖZEN, N. Feed value of Cactus and cactus silage. Turkey **Journal Veterinary Animal Science**, v.28, p.633-639, 2004.

DEGU, A.; MELAKU, S.; BERHANE, G. Supplementation of isonitrogenous oil seed cakes in cactus (*Opuntia ficus-indica*)–tef straw (*Eragrostis tef*) based feeding of Tigray Highland sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.148, n.2-4, p.214-226, 2009.

DRIEHUIS, F.; WILKINSON, J.M.; JIANG, Y.; OGUNADE, I.; ADESOGAN, A.T. Silage review: Animal and human health risks from silage. **Journal Dairy Science**, v.101, p.4093–4110, 2018.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; ARAÚJO FILHO, J.T.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; SANTOS, S.C.; PESSOA, R.A.S. Potential of cactus pear in South América. *Cactus Newsletter*, v.13, p.29-40, 2013.

FARIA, D.J.L.; GARCIA, R.; TONUCCI, R.G.; TAVARES, V.B.; PEREIRA, O.G.; FONSECA, D.M. Produção e composição do efluente da silagem de capim-elefante com casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.471-478, 2010.

FERRARI JUNIOR, E.; PAULINO, V.T.; POSSENTI, R.A.; LUCENAS, T.L. Aditivos em silagem de capim Elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso). **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.222, p.185-194, 2009.

FERREIRA, M. de A.; BISPO, S.V.; ROCHA FILHO, R.R.; URBANO, S.A.; COSTA, C.T.F. The use of cactus as forage for dairy cows in semi-arid regions of Brazil. **Organic Farming and Food Production**, p.169-189, 2012.

FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E.; BORGES, I. 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.

FREIXIAL, R.; ALPENDRE, P. **Conservação de Forragens (Ensilagem)**. Texto de apoio para as Unidades Curriculares. Universidade de Évora - Escolas de ciências e tecnologia departamento de fitotecnia, 2013.

GALVÃO JÚNIOR, J.G.B.; SILVA, J.B.A. DA.; MORAIS, J.H.G.; LIMA, R.N. DE. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.2, p.78-85, 2014.

GERLACH, K., DANIEL, J. L. P., JOBIM, C. C., NUSSIO, L. G. A data analysis on the effect of acetic acid on dry matter intake in dairy cattle. **Animal Feed Science. Technology**, v.272, p.114-782, 2021.

GREENHILL. W.L. Plant juices in relation to silage fermentation. II Factors affecting the release of juices. **British Grassland Society**, v.19, n.1, p.231-236, 1964.

GUO, G.; YUAN, X.; LI, L.; WEN, A.; SHAO, T.; Effects of fibrolytic enzymes,

molasses and lactic acid bacteria on fermentation quality of mixed silage of corn and hullless-barely straw in the Tibetan Plateau. **Grassland Science**, v.60, p.240-246, 2014.

GUSHA, J.; HALIMANI, T.E.; NGONGONI, N.T.; NCUBE, S. Effect of feeding cactus-legume silages on nitrogen retention, digestibility and microbial protein synthesis in goats. **Animal Feed Science and Technology**, v.206, p.1-7, 2015.

GUSHA, J.; NGONGONI, N.T.; HALIMANI, T.E. Nutritional composition and effective degradability of four forage trees grown for protein supplementation. Online **Journal of Animal Feed Research**, v.3, n.4, p.170-175, 2013.

GUSMÃO, J.O. **Silagens de dietas completa contendo o capim-elefante como fonte de forragem**. (2017). 48p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

HAIGH, P.M. The Effect of Wilting and Silage Additives on the Fermentation of Autumn Made Grass Silage Ensiled in Bunkers on Commercial Farms in South Wales. **Grass and Forage Science**, v.43, p.337-345, 1988.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v.45, n.1, p.35-56, 1993.

HERNANDEZ, P.L. Suplementación con ensilado de Nopal (*Opuntia spp.*) em caprinos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista – México, p.47, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Semiárido brasileiro. Brasília: IBGE, 2017. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=sobre> >. Acesso em 13 de dezembro de 2022.

JESUS, F.M.; TEIXEIRA, F.A.; JARDIM, R.R.; SANTOS, J.P.; FILHO, J.R.S.; NASCIMENTO, A.A.; VIEIRA, T.M.; SILVA, H.S.; SILVA, S.N.; PORTO, E.M.V. Silagem de palma forrageira em dieta completa. **Research, Society and Development**, v.11, n.9, 2022.

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, p.101-119, 2007.

JONSSON, A. Growth of *Clostridium Tyrobutyricum* during Fermentation and Aerobic Deterioration of Grass Silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.54, p.557-568, 1991.

KHAN, Z.; AHMAD, K.; ASHRAF, M.; NAQVI, S.A.H.; SEIDAVI, A.; AKRAM, N.A.; TUFARELLI, V. Evaluating pasture and soil allowance of manganese for Kajli rams grazing in semi-arid environment. **Tropical Animal Health and Production**, v.47, p.563-566, 2015.

LINDGREN, S.; K. PETTERSSON, A.; JONSSON, P.; LINGVALL, A. KASPERSSON. Silage inoculation: Selected strains, temperature, wilting and practical

application. **Swedish Journal of Agricultural Research**, v.15, p.9-18, 1985.

LIRA JÚNIOR, W.B.; BEZERRA, S.B.L.; PAULA, T.A., BEELEN, R.N.; AMORIM, P.L.; BEELEN, P.M.G. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, v.70, n.3, p.905-912, 2018.

MACÊDO, A.J. da SILVA.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F. Microbiologia de Silagens: Revisão de Literatura. **Revista Electrónica de Veterinária**, v.18, n.9, p.1-11, 2017.

MCDONALD, P., HENDERSON, A.R. HERON, S.J.E. **The Biochemistry of Silage**. 2nd Edition. Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, 1991.

MEENONGYAI, W.; PATTARAJINDA, V.; STELZLENI, A.M.; SETHAKUL, J.; DUANGJINDA, M. Effects of forage ensiling and ration fermentation on total mixed ration pH, ruminal fermentation, and performance of growing Holstein-Zebu cross steers. **Journal Animal Science**, v.88, p.1372-1379, 2017.

MERENSALMI, M.; VIRKKI, M. The Role of Enzymes in the Preservation and Utilization of Forage. **Proceedings of 5th International Symposium on Forage Preservation**, Nitra, January p.43-46, 1991.

MIYAJI, M.; NONAKA, K. Effects of altering total mixed ration conservation method when feeding dry-rolled versus steam-flaked hulled rice on lactation and digestion in dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.101, p.5092-5101, 2018.

MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.183-191, 2010.

MUCK, R.E.; DICKERSON, J.T. Storage temperature effects on proteolysis in alfalfa silage. Trans. **ASAE**, v.31, p.1005-1009, 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of the dairy cattle**. 7.ed. Washigton: D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.

NETO, J.P.; SOARES, P.C.; BATISTA, A.M.V.; ANDRADE, S.F.; ANDRADE, R.P.; LUCENA, R.B.; GUIM, A. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Revista Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.36, n.4, p.322-328, 2016.

NICORY, I.M.C.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, O.L.; SILVA, R.R.; TOSTO, M.S.L.; COSTA-LOPES, L.S.; SOUZA, F.N.C.; NASCIMENTO, C.D. Ingestive behavior of lambs fed diets containing castor seed meal. **Tropical Animal Health and Production**, v.47, n.5, p.939-944, 2015.

NISHINO, N.; HARADA, H.; SAKAGUCHI, E. Evaluation of fermentation and aerobic stability of wetbrewers grains ensiled alone or in combination with various feeds as a total mixed ration. **Journal of Science**, v. 83, p.557-563, 2003.

OLIVEIRA, A.S.C.; FILHO, F.N.C.; RANGEL, A.H.N.; LOPES, K.B.P. A palma

forrageira: Alternativa para o semi-árido. **Revista Verde**, v.6, n.3, p.49-58, 2011.

OLIVEIRA, V.S. Substituição do milho e parcial do feno de capim Tifton por palma forrageira em dietas para vacas da raça holandesa em lactação. 2006. 92p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRP), Recife.

OUDE ELFERINK, S.J.; KROONEMAN, J.J.; GOTTSCHAL, C.; SPOELSTRA, S.F.; FABER, F.; DRIEHUIS, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillusbuchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, p.125-132, 2001.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.F.; DRIEHUIS, S.J.W.H. Oude Elferink, and S. F. Spoelstra. Microbiology of ensiling. in **Silage Science and Technology** ed. American Society of Agronomy, Madison, v.42, p.31-93, 2003.

PAULA, T.A.; VÉRAS, A.S.C.; GOMES, R.N.; FERREIRA, M. Produção de silagem: Aspectos agronômicos e valor nutricional em regiões semiáridas – revisão sistemática. **Arquivos do Mudi**, v.25, n.2, p.127-154, 2021.

PAZIANI, S.D.F.; DUARTE, A.P.; NUSSIO, L.G.; GALLO, P.B.; BITTAR, C.M.M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P.C. Características agronômicas bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.411-417, 2009.

PEREIRA, A.C.; SILVA, R.R.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, A.L.C.C.; BORGES, I.; GOMES, S.P.; RODRIGUES, J.A.S.; SALIBA, E.O.S.S.; FERREIRA, J.J.C.; SILVA, J.J. Avaliação da Silagem do Híbrido de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Br 601 com Aditivos, pH, Nitrogênio Amoniacal, Matéria Seca, Proteína Bruta e Carboidratos Solúveis. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.2, p.211–222, 2007.

PITT, R.E.; MUCK, R.E.; PICKERING, N.B. A model of aerobic fungal growth in silage. Aerobic stability. **Grass and Forage Science**, v.46, n.2, p.301-312, 1991.

PIRES, A. J. V., CARVALHO, G., GARCIA, R., CARVALHO JUNIOR, J., RIBEIRO, L. S. O., CHAGAS, D. M. T. Capim elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.34-39, 2009.

PROMKOT, C.; WANAPAT, M.; ROWLINSON, P. Estimation of ruminal degradation and intestinal digestion of tropical protein resources using the nylon bag technique and the three step in vitro procedure in dairy cattle on rice straw diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.20, n.12, p.1849-1857, 2007.

RAMOS, J.P.F.; PINHO, R.M.A.; OLIVEIRA, J.S.; ARAUJO, G.P. Avaliação de silagens de capim-elefante aditivadas com feno de pornunça. **Revista Electronica de Veterinária**, v.17, n.1, p.10, 2016.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa, MG: UFV, 2007. 301p.

RODRIGUES, A.M.; PITACAS, F.I.; REIS, C.M.G.; BLASCO, M. Nutritional value of *Opuntia ficus-indica* cladodes from Portuguese ecotypes. **Journal of Agricultural**

Science, v.2, n.1, p.40-45, 2016.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: Fahey Jr., G.C. Forage quality, evaluation, and utilization. Madison. **American Society of Agronomy**. p.828-868, 1994.

SÁ, M.K.N. DE.; ANDRADE, A.P. DE.; MAGALHÃES, A.L.R.; VALENÇA, R. DE L.; CAMPOS, F.S., ARAÚJO, F. DOS S. ARAÚJO, G.G.L. DE. Cactus pear silage with *Gliricidia Sepium*: food alternative for the semiarid region. **Research, Society and Development**, v.10, n.2, 2021.

SALVO, P.A.R.; SCHONELL, E.P.; DANIEL, J.L.P.; SANTOS, M.C.; MORAIS, G., WINCKLER, J.P.; SILVA, J.; NUSSIO, L.G. Effects of *Pichia norvegensis* and air exposure on the nutritive value of corn silages for dairy cows. **International Silage Conference.**, v.17, p.70-71, 2015.

SANTOS, I.A.P.; DOMINGUES, F.N.; RÊGO, A.C.; SOUZA, N.S.S.; BERNARDES, T.F.; BARATA, Z.R.P.; MORAES, C.M. Palm kernel meal as additive in the elephant-grass silage. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.3, p.592-603, 2014.

SANTOS, D. C. dos; FARIAS, I.; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos; ARRUDA, G. P. de; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. de. Manejo e utilização da palma forrageira (Manejo e utilização da palma em Pernambuco). Recife: IPA, 2006. 48 p. (IPA. Documentos, 30).

SANTOS, E.M.; ZANINE, A.D.M. Silagem De Gramíneas Tropicais. **Colloquium Agrariae**, v.2, n.1, p.32-45, 2006.

SANTOS, D.C.; SANTOS, M.V.F.; FARIAS, I. et al. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.12-17, 2001.

SCHMIDT, P.; RESTELATTO, R.; ZOPOLLATTO, M. Ensiling total mixed rations – an innovative procedure. In: **Proc. V International Symposium on Forage Quality and Conservation**, p.7-20, 2017.

SCHINGOETHE, D.J.A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.100, p.10143–10150, n.12, 2017.

SEPÚLVEDA, E.; SÁENZ, C.; ALIAGA, E.; ACEITUNO, C. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. **Journal of Arid Environments**, v.68, p.534-545, 2007.

SILVEIRA, A.C. Técnicas para produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, p.156-180, 1975.

SIMÕES, D.A.; SANTOS, D.D.; DIAS, F.M. Introdução da palma forrageira no Brasil. MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. **A palma no Nordeste**

do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p.258, 2005.

SOUZA, K.A.; GOES, R.H.D.T.B.; SILVA, L.H.X.; YOSHIHARA, M.M.; PRADO, I.N. Crambe meal in supplements for culling cows: animal performance and carcass characteristics. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.37, n.1, p.47-53, 2015.

STEWART, W.M. **Plant Nutrition Today.** From Scientific Staff of the International Plant Nutrition Institute (IPNI), Norcross, Georgia, 2011.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminants. Ithaca: Cornell University Press. p.476, 1994.

VAZQUEZ-MENDOZA, P.; ROMERO, L.A.M.; OSORIO, G.A; FERREIRA, J.A.B.; SALEM, A.Z. Evaluation of eleven Mexican cultivars of prickly pear cactus trees for possibly utilization as animal fed: in vitro gas production. **Agroforestry Systems**, v.91, n.4, p.749-756, 2017.

WANDERLEY, W.L.; FERREIRA, M.D.A.; BATISTA, A.M.V.; VERAS, A.S.C.; BISPO, S.V.; SILVA, F.M.D.; SANTOS, V.L.F. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição a silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.

WANDERLEY, W.L.; FERREIRA, M.D.A.; BATISTA, A.M.V.; VERAS, A.S.C.; BISPO, S.V.; SILVA, F.M.D.; SANTOS, V.L.F. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, 2012.

WANG, C.; NISHINO, N. Effects of storage temperature and ensiling period on fermentation products, aerobic stability and microbial communities of total mixed ration silage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 114, n. 6, p. 1687–1695, 2013.

WANG, F.; NISHINO, N. Ensiling of soybean curd residue and wet brewers grains with or without other feeds as a total mixed ration. **Journal Dairy Science**, v.91, p.2380-2387, 2008.

WEINBERG, Z.G.; CHEN, Y.; MIRON, D.; RAVIV, Y.; NAHIM, E.; BLOCH, A.; YOSEF, E.; NIKBAHAT, M.; MIRON, J. Preservation of total mixed rations for dairy cows in bales wrapped with polyethylene stretch film - A commercial scale experiment. **Animal Feed Science and Technology**, v.164, n.1-2, p.125-129, 2011.

WEINBERG, Z.G.; SZAKACS, G.; ASHBELL, Y.H. The effect of temperature on the ensiling process of com and wheat. **Journal of Applied Microbiology**. v.90, n.1, p.561-566, 2001.

WOOLFORD, M.K.; SAWCZYC, M.K. An investigation into the effect of cultures of lactic acid bacteria on fermentation in silage. **Grass and Forage Science**, v.39, n.2, p.149-158, 1984.

YITBAREK, M.B.; TAMIR, B. Silage Additives: Review. **Open Journal of Applied**

Sciences, v.4, p.258-274, 2014.

YUAN, X.; WEN, A.; WANG, J.; LI, J.; DESTA, S.T.; UNDERSANDER, D.J. Fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of total mixed ration silages prepared with whole-plant corn (*Zea mays* L) and hulless barley (*Hordeum vulgare* L) straw. **Animal Production Science**, 2017.

YUAN, X.; GUO, G.; WEN, A. The effect of different additives on the fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.207, p.41-50, 2015.

ZHANG, L., YU, C.Q., SHIMOJO, M., SHAO, T., 2011. Effect of different rates of ethanol additive on fermentation quality of napiergrass (*Pennisetum purpureum*). **Asian-Australian Journal of Animal Sciences**, v.24, p.636-642, 2011

II – OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos de níveis crescentes de palma forrageira em substituição ao milho associada a *Pennisetum purpureum Shum* como fonte volumosa em silagens de dieta total.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a composição bromatológica dos níveis de substituição da palma forrageira pelo milho

Avaliar perdas por efluentes, perdas por gases e recuperação de matéria seca.

Analisar a estabilidade aeróbia da silagem.

Avaliar o perfil fermentativo do pH e nitrogênio amoniacal

Avaliar o potencial de degradação *in situ* da matéria seca e dos nutrientes das dietas.

III – MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local, tempo de duração e alimentos utilizados

O experimento foi conduzido no setor de Forragicultura e Pastagens da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, localizada no município de Itapetinga-BA, durante o período de novembro de 2020 a maio de 2021.

A palma forrageira da variedade miúda (*Nopalea cochenilifera*) e o capim elefante foi coletado no setor de campo de Forragicultura e Pastagens pelo período da manhã, entre 6:00 às 8:00 horas, foi cortado, a 10 cm do solo, com uma altura média de 3 metros, com 90 dias.

3.2 Delineamento experimental e dietas

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. As dietas foram compostas por quatro tratamentos em níveis crescentes de substituição do milho por palma forrageira (0, 33,3, 66,6 e 99,9%) e oito repetições, tendo como fonte de volumoso o capim-elefante, incluído em 40% da dieta.

Foram utilizados 32 silos experimentais em tubos de PVC de 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento, equipados com válvula de Bunsen, contendo no fundo 1,0 kg de areia desidratada em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas, a areia foi separada da forragem por uma no formato do diâmetro dos tubos de PVC, para evitar contaminação.

A palma forrageira e o capim elefante foram coletadas e posteriormente processadas. Um desintegrador estacionário de forrageira regulado para tamanhos de partículas de 30 mm foi utilizado para processar as forrageiras. Em seguida, o material foi homogeneizado, pesados e compactados nos silos com a utilização de soquetes de concreto.

3.3 Parâmetros avaliados

3.3.1 Análise químico-bromatológicas

Foram determinados os teores de matéria seca (MS) (AOAC 2005; método 934,15); cinzas (AOAC 2005; método 930,15); proteína bruta (PB) (AOAC 2005; método 990,03); fibra em detergente neutro (FDN) de acordo Van Soest et al. (1994); extrato

etéreo (EE) (AOAC, 2005; método 920,39). A fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA) de acordo Van Soest et al. (1994); O teor de lignina (Lig) foi determinado de acordo Gomes et al. (2011).

A concentração de carboidratos não fibrosos (CNF) foi determinada por diferença, através da equação: $CNF = 100 - (PB + FDNcp + EE + MM)$, segundo Detmann et al. (2010); os carboidratos totais (CT) foram determinados através da equação $CT = 100 - (PB + EE + Cinzas)$, segundo Sniffen et al. (1992) A composição química dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais, os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados de acordo Capelle et al. (2001) (Tabela 1). A proporção dos ingredientes das dietas está contida na tabela 2.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais

Itens	Ingredientes			
	Capim elefante	Palma forrageira	Milho moído	Farelo de soja
Matéria seca (%)	21,1	8,1	89,3	90,9
Matéria mineral ¹	8,3	16,8	1,1	6,6
Proteína bruta ¹	8,3	8,9	10,0	52,7
Extrato etéreo ¹	2,3	2,7	4,9	2,5
Fibra em detergente neutro cp ¹	73,9	27,2	16,2	18,0
Fibra em detergente ácido cp ¹	63,0	14,9	8,8	12,2
NIDN ²	31,2	18,0	14,7	8,7
NIDA ²	23,0	2,8	4,6	0,5
Celulose ¹	32,4	13,8	8,8	11,0
Hemicelulose ¹	29,2	8,8	5,4	5,8
Lignina ¹	12,3	4,6	2,0	1,2
Carboidratos totais ¹	81,1	71,6	84,0	38,2
Carboidratos não fibrosos cp ¹	6,9	47,9	71,8	20,2
NDT ^{1,3}	49,9	71,3	89,7	80,7

¹Valores em percentagem da MS ²Valores em percentagem do nitrogênio total ³Valores em percentagem da fibra em detergente neutro e ³Estimado segundo NRC (2001). ²NIDN = Nitrogênio insolúvel em detergenteneutro ²NIDA = Nitrogênio insolúvel em detergente ácido ³NDT = Nutrientes digestíveis totais

Tabela 2. Proporção dos ingredientes das dietas de silagem de ração total ensilada com palma forrageira

Itens	Percentagem de substituição do milho pela palma			
	0,0	33,3	66,6	99,9
	Percentual dos ingredientes			
Capim elefante	40,0	40,0	40,0	40,0
Palma forrageira	0,0	11,3	22,7	34,0
Milho moído	34,0	22,7	11,3	0,0
Farelo de soja	24,0	24,0	24,0	24,0
Minerais	2,0	2,0	2,0	2,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0
	Composição das dietas			
Matéria seca (%)	62,6	53,4	44,2	35,0
Matéria mineral ¹	7,3	9,1	10,8	12,6
Proteína bruta ¹	18,2	17,9	17,6	17,4
Extrato etéreo ¹	3,2	2,9	2,7	2,4
FDN ¹	37,8	38,7	39,7	40,6
CNF ¹	31,6	29,5	27,4	25,3
FDNi ¹	26,2	26,9	27,7	28,4
NDT ^{1, 3}	64,2	62,4	60,6	58,8

¹Valores em percentagem da MS ²Valores em percentagem do nitrogênio total ³Valores em percentagem da fibra em detergente neutro e estimado segundo NRC (2001) NIDN = Nitrogênio insolúvel em detergenteneutro NIDA = Nitrogênio insolúvel em detergente ácido NDT = Nutrientes digestíveis totais; FDN = Fibra em detergente neutro CNF = Carboidratos não fibrosos.

3.3.2 Perfil fermentativo

Os pesos das massas ensiladas utilizados foram aproximadamente 1,7; 2,0; 2,3; 2,6 kg/silo experimental, para as respectivas dietas 0%, 33,3%, 66,6% e 99,9% de substituição milho por palma equivalentes as densidades de 425, 500, 575 e 650 kg/m³. Dessa forma, os silos foram abertos, areados por 30 minutos, para permitir a volatilização de gases e pesados com e sem a tampa, para aferição da perda por gases.

As perdas de gases e efluentes e a determinação da recuperação de matéria seca foram mensurados por meio da diferença de peso (Jobim et al., 2007).

Para o cálculo da perda por gases, utilizou-se a seguinte equação:

$$PG = (PCf - PCa)$$

PG = perdas por gases, em porcentagem da MN; PCf = peso do cano cheio no fechamento (kg); PCa= peso do cano cheio na abertura (kg).

No cálculo das perdas por efluentes, a seguinte equação foi utilizada:

$$PE = (PVa - PVf).$$

PE = perda por efluentes em porcentagem da MN; PVa = peso do cano vazio +

peso da areia na abertura (kg); PVf = peso do cano vazio + peso da areia no fechamento (kg) (Jobim et al., 2007).

No cálculo da recuperação de matéria seca, utilizou-se a equação:

$$\text{RMS}(\% \text{MN}) = (\text{MFf} \times \text{MSf}) / (\text{MFi} \times \text{MSi}) \times 100$$

RMS (%MN) = taxa de recuperação de matéria seca, em % da matéria natural; MFi = massa de forragem no fechamento (kg); MSi = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%); MFf = massa de forragem na abertura (kg); MSf = teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

No cálculo das perdas de MS, utilizou-se a equação:

$$\text{PMS} = [(\text{MSi} - \text{MSf}) / \text{MSi}] \times 100.$$

PMS = perda total de matéria seca; MSi = quantidade de matéria seca inicial; MSf = Quantidade de matéria seca final.

Em seguida os minis silos foram armazenados em uma sala climática para avaliação da estabilidade aeróbia.

Para avaliação da estabilidade aeróbia constituíram-se no aumento em 2°C da temperatura da silagem em relação à temperatura ambiente após a abertura dos silos (Moran et al., 1996), número de horas para elevação da temperatura da silagem em 2°C em relação à temperatura ambiente e temperatura máxima, conforme O'Kiely et al. (1999).

Outro parâmetro utilizado para avaliação da estabilidade aeróbia das silagens foi o pH, segundo Cherney e Cherney (2003).

As temperaturas das silagens foram obtidas em intervalos de uma hora durante 120 horas, após a acomodação dos minis silos na sala climática, com o uso de termômetro inserido a 10 cm no centro da massa ensilada, conforme metodologia proposta por Kung et al. (2003) e Bernardes et al. (2007). A temperatura do ambiente foi controlada por meio de termostato, do aparelho refrigerador, e por meio de termômetros amarrados em barbante suspensos no ar. Nos minis silos foram retiradas a cada mensuração da temperatura, aproximadamente 15 g da massa para determinação do pH.

A determinação do pH e N-NH₃ foram realizadas nos seguintes períodos: 0 (D0), 1 (D1), 3 (D3) e 5 (D5) dias de exposição aeróbia, de modo que o tempo zero foi considerado o momento da abertura dos silos. Nos minis silos foram retiradas a cada aproximadamente 15 g da massa para determinação do pH, conforme (Cherney e Cherney, 2003).

A análise de N-NH₃/NT foi executada a partir do suco da silagem, em que foi retirada aproximadamente 25 g de silagem de cada mini-silos. Em seguida, estas foram tratadas com 200 mL de solução de ácido sulfúrico a 0,2N, inseridas em potes com tampas e mantidas em repouso durante 48 horas sob refrigeração para solubilização do N-NH₃. As amostras foram filtradas em papel-filtro e assim submetidas à destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2N pelo método Kjeldahl e titulado com ácido clorídrico (HCL) 0,1N, conforme Bolsen et al. (1992).

3.4 Degradabilidade da MS, PB e FDN

Para o ensaio de degradabilidade *in situ* o experimento foi realizado no Setor de Bovinocultura, UESB, quatro novilhos mestiços fistulados no rúmen, com peso corporal médio de 370 kg, castrados, devidamente identificados foram utilizados no ensaio. Os períodos de incubação corresponderam aos tempos de 0; 3; 6; 12; 24; 36; 48; 72; 96 e 120 horas. Durante o período de incubação ruminal, os animais foram mantidos em pastagens de *Brachiaria decumbes*, recebendo mistura mineral.

As amostras, compostas pelas quatro dietas experimentais (Tabela 2) foram acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT), de tamanho 7,5 x 15 cm com aproximadamente porosidade de 60 µm segundo Casali et al. (2009), com malhas de 52 micras, na quantidade de 2,0g de MS/saco, a fim de manter uma relação próxima de 20 mg de MS/cm² fechados em máquina seladora segundo Casali et al. (2009), com o número de amostras seguindo uma razão de 20 mg MS.cm⁻² de área de superfície do saco (Nocek, 1988). Os sacos foram então colocados em sacos de tule medindo 20 x 30 cm juntamente com 100 g de chumbo pesos. Os sacos foram amarrados com fio de náilon, com um comprimento livre de 1 m para que tivessem movimento nas fases sólida e líquida do rúmen.

Sacos de TNT foram incubados na ordem inversa dos tempos, para serem retirados todos ao mesmo tempo, ao final do período, e desta forma, promover uma lavagem uniforme do material por ocasião da retirada do rúmen.

Após o período de incubação total de 120 horas, os sacos de TNT foram lavados manualmente em água gelada e corrente até que esta se apresentasse limpa, para proceder, então, a secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas, resfriados em

dessecador e pesado. Os resíduos que ficam nos sacos coletadas no rúmen foram analisadas para MS, PB e teores de FDN segundo a metodologia de Detman et al. (2012).

Para avaliar a cinética de degradação da MS e FDN, as amostras correspondentes ao nível de compactação de 700 kg de material *in natura*/m³, foram descongeladas e levadas à estufa com ventilação forçada a 60°C por 72h, moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira de malha de 2 mm.

As degradabilidades da MS e FDN foram determinadas por diferença de peso, antes e após incubação ruminal e expresso em porcentagem. Para interpretar a degradabilidade da proteína bruta utilizou-se o modelo assintótico exponencial de primeira ordem, conforme Orskov e McDonald (1979). Os valores obtidos nas análises da composição bromatológica dos alimentos e dos resíduos pós-digestão ruminal para estimar a degradação foram realizados segundo metodologias descritas por Detmann et al. (2012).

A taxa de degradação da MS e FDN foram obtidas através da equação proposta por Ørskov e McDonald (1979): $P = a + b(1 - e^{-ct})$ em que: “P” corresponde à degradabilidade potencial; “a” a fração solúvel em água, mas potencialmente degradável; “c” à taxa de degradação da fração b; e “t” ao período de incubação em horas.

Os parâmetros não lineares, “a”, “b” e “c”, foram estimados por meio de procedimentos iterativos de quadrados mínimos. A degradabilidade efetiva (DE) da MS e FDN, no rúmen, foram calculadas segundo o modelo: $DE: a + (b \times c / c + k)$ “K” corresponde à taxa estimada de passagem das partículas no rúmen.

Para a estimativa das degradabilidades efetivas da MS e FDN para cada tratamento, considerou-se as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h, as quais podem ser atribuídas aos níveis de ingestão alimentar baixo, médio e alto, respectivamente, segundo as recomendações do Agricultural Research Council – ARC (1984).

3.5 Análise estatística

Os dados foram avaliados por meio de análise estatística seguido de um modelo de regressão, considerando os níveis crescentes de substituição com valores de probabilidade inferior a 5% ($P < 0,05$) como significativo utilizando o programa operacional SAEG 9.1 (Ribeiro Júnior, 2007).

IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A substituição do milho pela palma em até 100% na silagem de dieta total resultou em diferentes respostas para a composição química-bromatológica. Para o teor de MS, verificou-se resposta quadrática, com ponto de mínima de 99,3%, apresentando um teor de 16,6% de MS na dieta total (Figura 1).

Os teores de PB (Figura 2) EE (Figura 4) NDT (Figura 8) CNF (Figura 9) apresentaram resposta linear decrescente ($P < 0,05$), com o aumento dos níveis de palma. As reduções foram 0,03, 0,07, 0,04 e 0,08, respectivamente para cada unidade percentual de substituição do milho pela palma. Já os teores MM, FDN e LIG apresentaram efeito linear crescente ($P > 0,05$) com a substituição do milho pela palma forrageira.

Apesar de apresentar umidade fora dos padrões para silagens, cerca de 28 a 40% de MS (Pitt et al., 1991), a palma possui uma formação de mucilagem que influencia diretamente na retenção dos líquidos presentes na massa ensilada, inibindo as perdas de fermentação, resultando em alta recuperação de MS (Monrroy et al., 2017).

A inclusão de palma forrageira com 99,9% em substituição ao milho, verificou-se diminuição dos valores. Este fator está relacionado com o elevado teor de umidade presente na palma, que de modo geral se apresenta em torno de 90% (Rodrigues et al., 2016; Soares, 2017). No presente estudo, a palma apresentou 8,1% de MS (Tabela 1), proporcionando essa queda na concentração de MS quando adicionada nas dietas, de maneira proporcional ao nível crescente de substituição (Figura 1).

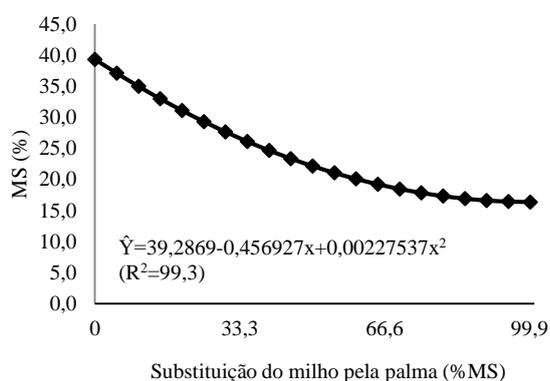


Figura 1. Matéria seca da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

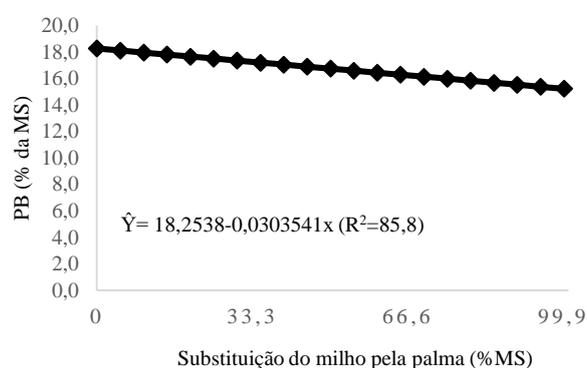


Figura 2. Proteína bruta da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

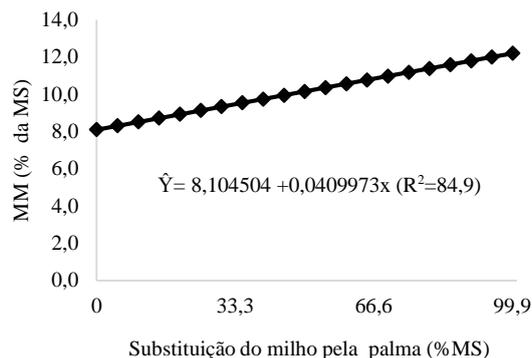


Figura 3. Matéria mineral da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

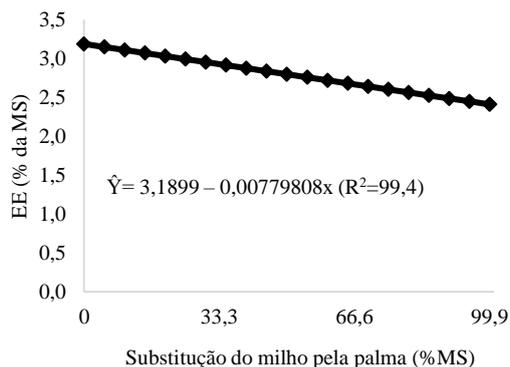


Figura 4. Extrato etéreo da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

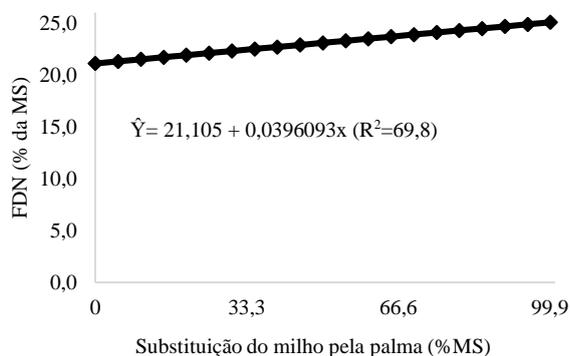


Figura 5. Fibra em detergente neutro indigestível da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

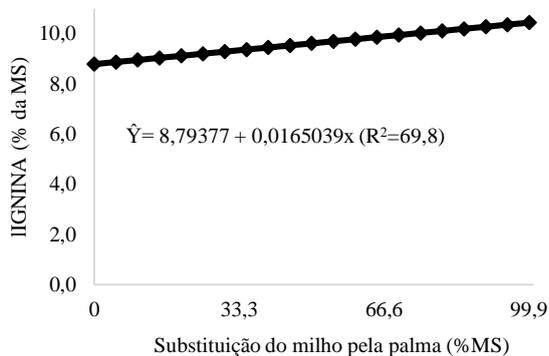


Figura 6. Lignina da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

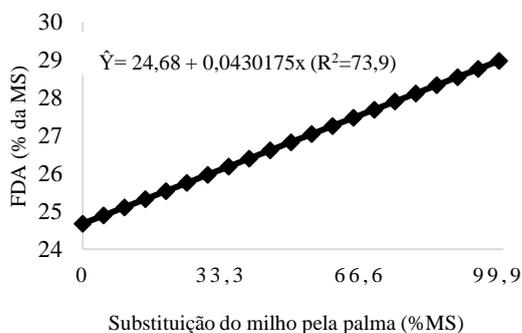


Figura 7. Fibra em detergente ácido da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

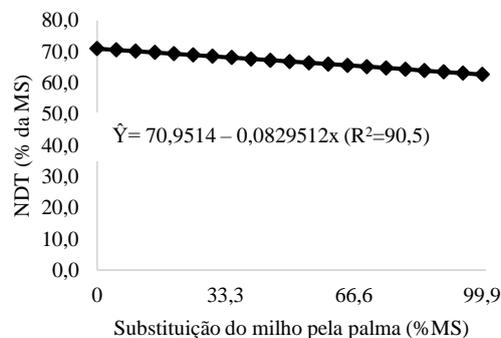


Figura 8. Nutrientes digestíveis totais da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

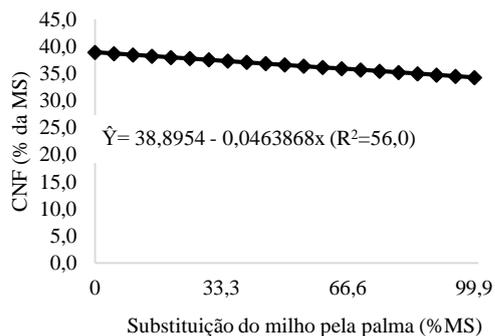


Figura 9. Carboidratos não fibrosos da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

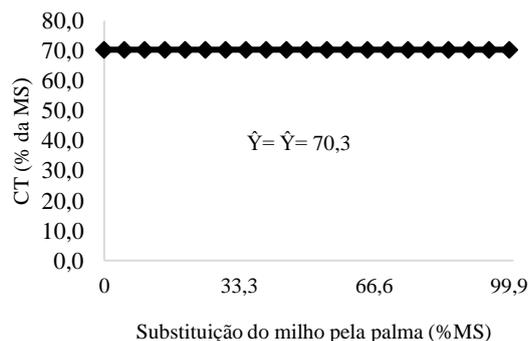


Figura 10. Carboidratos totais da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

Em relação a PB houve uma pequena variação que foi em função da palma apresentar-se teor de PB ligeiramente menor quando comparada ao milho (Tabela 1). Nos tratamentos com a inclusão dos níveis com palma forrageira já era esperada, já que a palma apresenta baixo teor de PB (Tabela 1). Monção et al. (2020) avaliando silagens de capim-capiaçu com níveis de inclusão de palma nas silagens, evidenciaram que quanto mais palma é adicionada na mistura maior é o decréscimo do teor de PB e MS. Os percentuais de PB nos tratamentos encontram-se acima do recomendado por (Van Soest, 1994) que é de 7% na MS, para garantir boa fermentação dos carboidratos estruturais no compartimento ruminal.

Para MM o aumento foi de 0,041 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada em substituição ao milho (Figura 3). Os elevados teores podem ser explicados devido à alta concentração de macroatmentos minerais que a palma possui (Tabela 1). Os valores médios de MM na palma estão entorno de 12,0% com base na MS (Bispo et al, 2007).

Com relação ao FDN houve aumento com a inclusão dos níveis de palma forrageira (Figura 5). Para cada unidade de palma adicionada aumentou 0,040 unidades percentuais de FDN. Normalmente, os componentes fibrosos são associados com a qualidade da forragem, tendo em vista que sua alta quantidade leva a diminuições drásticas na digestibilidade e consumo do alimento (Chapman et al., 2014). Com base nisso, Lana et al. (2004) propôs que o teor de FDN ótimo para ser utilizado em rações de ruminantes é de 33 a 50%, conseguindo assim um desempenho animal satisfatório. Os valores de FDN com adição de palma na dieta foram baixos em razão do seu baixo teor de MS e da alta concentração de carboidratos solúveis presentes na palma forrageira (Figura 5). Para os teores de FDA houve um acréscimo de 0,043 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada em substituição ao milho. O aumento da fração fibrosa da silagem pode ser resultado da fermentação de açúcares em CO₂ (Santos et al., 2016).

Para LIG o aumento foi de 0,017 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada em substituição ao milho (Figura 6). Este aumento pode estar relacionado ao maior teor de lignina da palma (4,6%) em relação ao milho (2,0%) (Tabela 1).

Os teores de EE (Figura 4) NDT (Figura 8) e CNF (Figura 9) reduziram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de palma forrageira na dieta. Houve redução para o teor de CNF de 0,047 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada

(Figura 9). Essa redução está relacionada ao menor teor de CNF (53,2%) da palma em relação ao milho (71,8%) (Tabela 1).

Os valores de NDT na dieta total reduziram 0,08 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada (Figura 8) este fator pode ser explicado devido as perdas de efluentes e gases, que são inevitáveis devido aos processos provenientes da fermentação que consomem carboidratos solúveis e liberam energia na forma de gases (Andrade et al., 2010).

Em relação ao fracionamento dos CT houve efeito linear decrescente ($P < 0,05$) com a inclusão de palma forrageira na dieta (Figura 11). A redução foi de 0,012 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada. Os CT que tem importância de estimar a utilização desses compostos de forma parcelada, pelo ruminante e suas bactérias, as frações A + B1 (referentes aos açúcares solúveis somados ao amido e pectina).

A fibra potencialmente degradável, contida na fração B2 apresentou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$) com a inclusão dos níveis de palma forrageira para cada unidade de substituição do milho pela palma aumentou 0,064 unidades percentuais da fração B2, que promove menor consumo do animal por unidade de tempo, com a inclusão, a palma forrageira apresentou maior participação da fração C. Os resultados da fração C dos carboidratos possuem uma relação direta com o teor de lignina, uma vez que a fração C foi obtida pela multiplicação do valor de lignina pelo fator 2,4. Estratégias de manejo na produção e conservação de forragens, podem minimizar o teor de carboidratos indisponíveis, diminuindo também seus efeitos negativos sobre o desempenho animal.

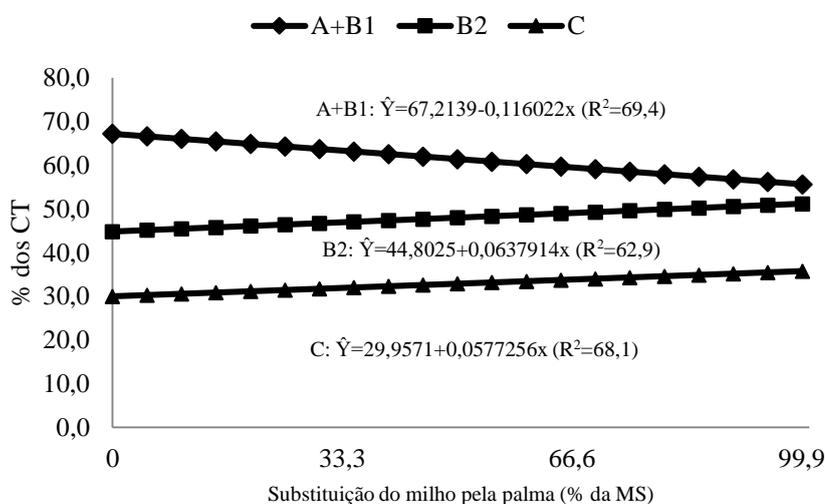


Figura 11. Fracionamento dos CT da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

Verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para o fracionamento dos compostos nitrogenados, com ponto de máxima de 114%, os maiores teores de proteína solúvel e nitrogênio não proteico (NNP) contidos na fração A (Figura 12). Esse maior teor indica a possibilidade de utilização dessa forrageira como fonte de nitrogênio prontamente disponível para utilização pelos microrganismos do rúmen, principalmente quando relacionada aos elevados teores de açúcares solúveis somados ao amido e pectinas dessas silagens (Nocek, 1988).

Os teores de proteínas com degradação rápida e intermediária no rúmen, frações B1+B2 respectivamente, houve efeito linear decrescente ($P < 0,05$) com a inclusão da palma forrageira (Figura 12). Diminuiu 0,108 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada.

Segundo Sniffen et al (1992) teores inferiores de conteúdos de PB nas frações A e B1+B2 resultaram em baixo percentual de proteína degradável no rúmen (PDR), avaliando esses teores, a silagem de palma em substituição ao milho apresentam menor potencial na utilização deste nitrogênio.

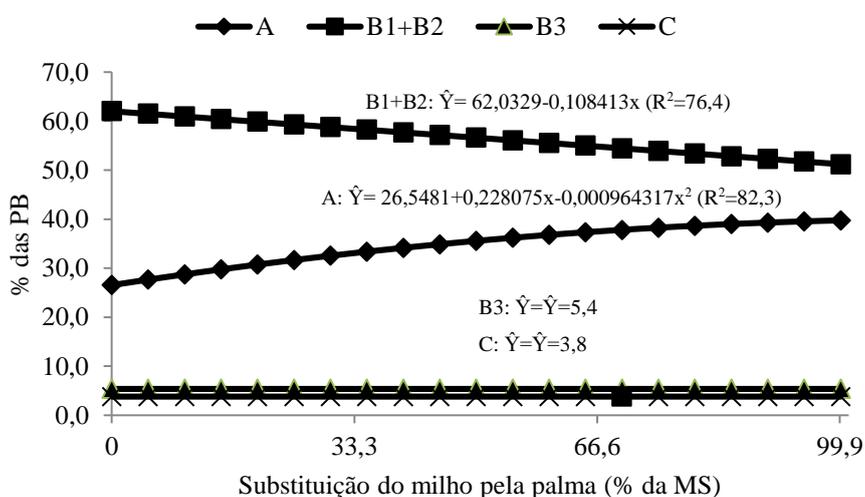


Figura 12. Fracionamento das PB da silagem da dieta total ensilada com palma forrageira em substituição ao milho

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre as silagens com a inclusão da palma forrageira com média 5,4% (Figura 12) para as proteínas lentamente degradadas no rúmen, contidas na fração B3, essa fração é composta de proteínas insolúveis e proteínas aderidas a parede celular, com baixa taxa de degradação (Soltan et al., 2012),

A fração dos compostos nitrogenados indigestíveis (C) também não diferiram das

demais ($P>0,05$) apresentando média de 3,8% (Figura 12). Esse seguimento é constituído por associação com lignina, compostos secundários e produtos de reação de Maillard, que são altamente resistentes a degradação microbiana e enzimática (Sniffen et al., 1992). Nas silagens avaliadas, os maiores teores na FDNi e no nitrogênio presente na FDA, explicam os menores aproveitamentos dos compostos nitrogenados e porque não tiveram diferença.

Perfil fermentativo

As perdas por gases apresentaram efeito linear crescente ($P<0,05$) com a inclusão dos níveis de palma forrageira, para cada unidade de substituição do milho pela palma aumentando 0,027 unidades percentuais de perdas por gases (Figura 13). O aumento das perdas por gases com a palma forrageira pode ser explicado devido ao aumento de microrganismos produtores de gás, como as entorobactérias e bactérias clostridiais.

Com relação as perdas por efluente não houve diferença significativa ($P<0,05$) ficando com média de 7,9 (Figura 14). Ressalta-se que o as perdas por efluente com a inclusão da palma forrageira favorece maiores perdas de nutrientes por percolação com o efluente produzido durante a silagem (Bernardes et al., 2008).

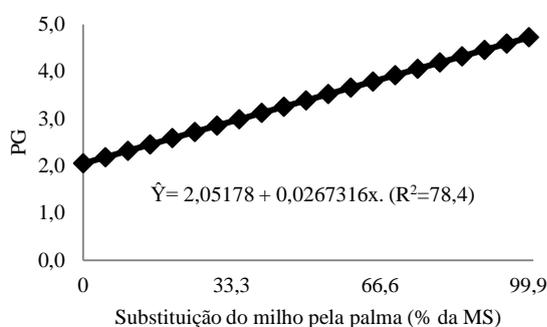


Figura 13. Perdas por gases (PG) da silagem de dieta total ensilada com palma forrageira.

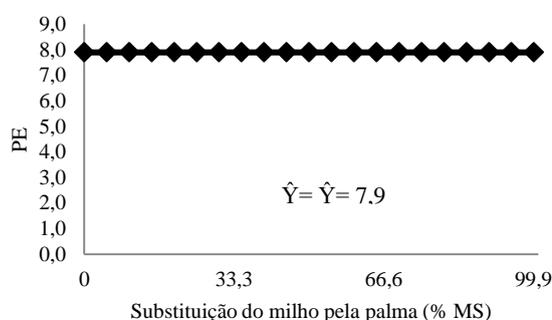


Figura 14. Perdas por efluente (PE) da silagem de dieta total ensilada com palma forrageira.

A inclusão de palma forrageira na dieta reduziu o teor de MS (Tabela 1) razão pela qual houve aumento das perdas por gases. No entanto, a palma forrageira libera um gel hidrofóbico e viscoso chamado mucilagem quando cortado (substância rica em polissacarídeos: arabinose, galactose, xilose, glicose e ácido urônico) (Felkai-Haddache et al., 2016; Kalegowda et al., 2017) o que ajuda a reduzir o escoamento de água, ajudando assim retê-la nos tecidos vegetais que reduz as perdas por efluente.

Para recuperação de matéria seca (RMS) houve efeito linear decrescente

($P < 0,05$) com a inclusão de palma forrageira na dieta (Figura 15). A redução foi de 0,045 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada. A taxa de recuperação da matéria seca é altamente influenciada pelas perdas por gases e efluente, sendo o cálculo determinado em função dessas duas variáveis, ou seja, dietas que tiveram maiores perdas por gases e efluente, a recuperação da matéria seca será menor. A silagem originada com o maior teor de matéria seca resultou em elevação na recuperação da matéria seca.

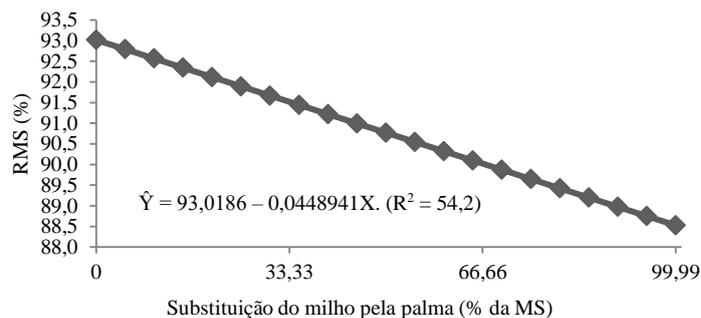


Figura 15. Recuperação de matéria seca (RMS) da dieta total ensilada com palma forrageira milho

Nitrogênio amoniacal e pH

Os parâmetros normalmente empregados como critérios na classificação de silagens abrangem a quantificação dos valores de pH, a concentração dos ácidos orgânicos, e o teor de nitrogênio amoniacal $N-NH_3$ (Vilela et al., 2000).

O $N-NH_3$, expresso em % N -Total, indica a quantidade de proteína degradada durante a fase de fermentação. Houve efeito linear crescente ($P < 0,05$) com a inclusão dos níveis de palma forrageira na dieta, o aumento foi de 0,077 unidades percentuais para cada unidade de palma adicionada em substituição ao milho (Figura 16).

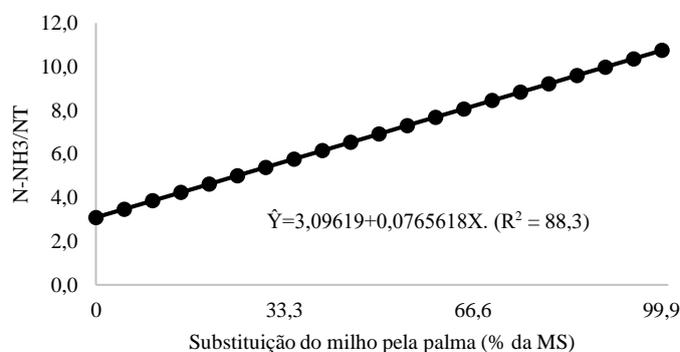


Figura 16. Nitrogênio amoniacal em silagens de palma forrageira em substituição ao milho

De acordo Pacheco et al. (2014), a silagem pode ser classificada quanto ao teor de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total, como: muito boa, valores inferiores a 10%, adequada entre 10 e 15%, aceitável entre 15 e 20% e insatisfatória quando os valores se situam acima de 20%. Apoiando-se a essa informação as silagens contendo níveis de substituição do milho pela palma podem ser consideradas como de bom padrão fermentativo, ou seja, com baixo índice proteolítico.

Gusmão (2017) avaliando silagens de ração total contendo capim elefante como fonte volumosa obteve redução nos níveis de N-NH₃, quando adicionou a polpa cítrica como opção energética, segundo os autores o rápido declínio do pH reduziu a atividade das proteases das plantas.

Dietas compostas por ingredientes ricos em pectina possuem lenta redução do pH, o que aumenta a proteólise e os níveis de N-NH₃ (Jobim et al., 2007), sendo a palma um alimento rico em carboidratos solúveis. Os níveis mais altos de palma resultaram em aumento nos níveis de N-NH₃/NT (Figura 16).

A variável de pH verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) com ponto de mínima de 67,9% de substituição do milho pela palma forrageira, onde a resposta encontrada (pH) foi de 3,67%, este foi o menor valor encontrado para esta variável (Figura 17).

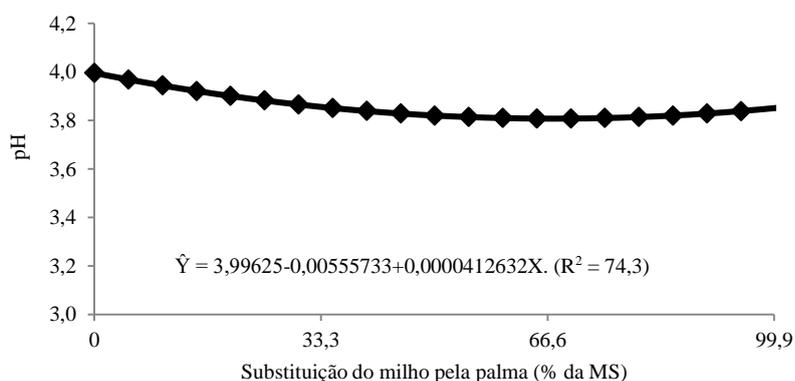


Figura 17. Efeito da substituição do milho pela palma para os valores de pH do material ensilado

Para os tratamentos sem adição de palma forrageira e os com maiores níveis de substituição do milho pela palma apresentaram valores aceitáveis de pH para silagens, que estão em torno de 3,8 a 4,2 (Muck, 2010). Partindo do princípio que a natureza da silagem depende muitas vezes da limitação do substrato presente, se este estiver limitante dentro da silagem, as enterobactérias podem superpopular o material ensilado e ocorrer o

crescimento de clostrídios. Se não houver limitação de substrato, as bactérias de ácido láctico estarão em maior número e a produção de ácido láctico promovendo aumento na estabilidade (Muck, 2010).

Esta variável é de extrema importância para determinar a qualidade da silagem, pois valores acima dos recomendados indicam menor produção de ácido láctico e favorecimento de um ambiente para crescimento de clostrídios e fungos (Bernardes, 2006; Barbosa et al, 2011). Desta forma, todos os tratamentos apresentam valores adequados de pH (Figura 17).

Gusmão (2017), avaliando o comportamento de silagens de ração total contendo capim elefante, milho grão, farelo de soja, polpa cítrica e melaço, encontrou maior população de bactérias ácido lácticas, devido ao maior aporte de carboidratos solúveis no momento da ensilagem. O que contribuiu para que maiores concentrações de ácido láctico fossem produzidas e em consequente redução do pH.

O N-NH₃ e o pH são variáveis que estão indiretamente relacionadas, isto porque valores de pH entre 3,8 e 4,0, indicam maior produção de ácido láctico em detrimento dos demais ácidos orgânicos, ocorrendo assim uma redução na multiplicação de microrganismos indesejáveis como clostrídios e fungos devido a uma maior sensibilidade desses microrganismos a ambiente mais ácidos, refletindo em uma menor utilização dos substratos da silagem e menor proteólise. A presença de bactérias do gênero *Clostridium* na silagem afeta a qualidade, aceitabilidade, o consumo e a eficiência na utilização de nitrogênio pelos ruminantes, comprometendo diretamente o desempenho animal (Freixial e Alpendre, 2013).

Estabilidade aeróbica

Para estabilidade aeróbica (número de horas para elevação da temperatura da silagem em 2°C em relação a temperatura ambiente) verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para os tratamentos com 0, 33,3 e 66,6% de inclusão de palma, no entanto, quando foi adicionado até 99,9% de palma forrageira não houve diferença significativa ($P > 0,05$) (Figura 18).

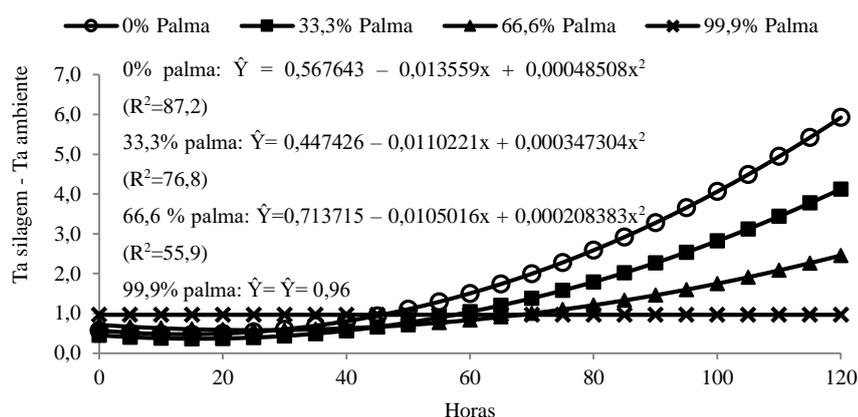


Figura 18. Efeito da inclusão de palma na temperatura máxima do material ensilado com palma forrageira

A dieta total ensilada sem a inclusão de palma forrageira o tempo de quebra da estabilidade foi de 71 horas de exposição ao ar, no entanto, com 33,3% foi de 85 horas, e com 66,6% a quebra da estabilidade foi com 108 horas (Figura 18). Contudo, quando foi adicionado até 99,9% da inclusão de palma não houve quebra da estabilidade aeróbica, ou seja, a palma manteve a estabilidade durante um período de 120 horas. Essa estabilidade com a inclusão de palma forrageira na dieta total, possivelmente ocorreu devido a uma maior produção de ácido acético, que é um ácido graxo de cadeia curta e possui ação fungistática, portanto, na presença deste, as populações de leveduras e fungos são inibidas, em consequência a fermentação no material ensilado pós abertura é diminuída (Wilkinson e Davies, 2012), o que comprova que a palma melhora as características de quebra da estabilidade.

Segundo O'Kiely et al. (1999) há rompimento da estabilidade aeróbia quando há elevação em 2°C na temperatura da silagem exposta ao ar, em relação ao ambiente. Essa produção de calor da silagem é um indicativo que o processo de deterioração aeróbia está se iniciando e irão ocorrer perdas de matéria seca por oxidação do material (Zopollatto et al., 2009). Os resultados da estabilidade aeróbia no presente estudo mostraram prolongada estabilidade nas silagens de dietas totais com a inclusão de palma em comparação com o tratamento controle.

Para as frações “a” e “b” da degradabilidade da MS, não houve efeito significativo ($P>0,05$) onde as médias foram, respectivamente, 25,6 e 49,6% em função dos níveis crescentes de palma forrageira em substituição ao milho nas dietas (Tabela 3). Entretanto, para a fração “c”, verificou-se efeito linear crescente, onde para cada unidade de palma em substituição ao milho aumentou em 0,0029 unidade percentuais (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros de degradação ruminal da MS de dietas totais ensilada com palma forrageira

Parâmetro	Substituição do milho pela palma forrageira nas dietas (%)				Efeito	
	0,0	33,3	66,6	99,9	L	Q
a (%)	25,2	22,8	28,1	26,2	ns	ns
b (%)	49,1	52,3	46,6	50,3	ns	ns
c (% h ⁻¹)	3,44	3,53	3,55	3,76	*	ns
DP (%)	74,3	75,1	74,7	76,5	*	ns
DE (2%)	56,2	56,2	57,9	59,0	*	ns
DE (5%)	45,2	44,4	47,4	47,8	*	ns
DE (8%)	40,0	38,8	42,4	42,3	*	ns
R ² (%)	98,7	97,8	95,7	98,2	-	-

a: fração solúvel em água; b: fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável; c: taxa de degradação da fração b; DP: degradabilidade potencial; DE: degradabilidade efetiva. ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade, $Y_a: \hat{Y} = \hat{Y} = 25,6$; $Y_b: \hat{Y} = \hat{Y} = 49,6$; $*Y_c: 3,423 + 0,0029x$ ($R^2 = 87,3$); $*Y_{DP}: 74,22 + 0,00186x$ ($R^2 = 69,9$); $*Y_{DE 2\%}: 55,81 + 0,0303x$ ($R^2 = 90,0$); $*Y_{DE 5\%}: 44,58 + 0,0324x$ ($R^2 = 70,8$); $*Y_{DE 8\%}: 39,3 + 0,0315x$ ($R^2 = 58,5$)

A degradabilidade da fração “b” pode reduzir a ingestão de MS e a disponibilidade de energia, o que limita o desempenho produtivo dos animais (Macedo et al., 2011).

O conhecimento das frações solúveis e da degradabilidade das frações insolúveis associados a composição química e a resposta animal, é de grande importância para avaliação de alimentos para ruminantes.

A fração “a” corresponde a parte do alimento que é solúvel em água, e que estão prontamente disponíveis para os microrganismos do rúmen, nessa pesquisa, não houve diferença significativa com a inclusão da palma, o que demonstra uma maior capacidade de degradação dessa fração na dieta quando o milho é substituído pela palma.

A palma possui elevada concentração de pectina, mesmo sendo considerado um carboidrato estrutural onde proporciona altas taxas de fermentação e, conseqüentemente, uma rápida liberação de açúcares solúveis, que por sua vez são eficientemente utilizados pelo microrganismos do rúmen, especialmente bactérias lácticas (Tegegne et al., 2007), já o milho tem como principal carboidrato de reserva o amido, que independente do genótipo, apresenta uma reduzida fração rapidamente degradável, que estão associadas a integridade da matriz proteica dos grãos (Philippeau et al., 2000).

Batista et al. (2009) observaram valores de degradação da fração solúvel da palma de 31,8% um valor considerado alto por esses autores. Já o milho apresentou fração solúvel entre 10,2% e 13,09%, observados por Carvalho et al. (2006), foi possível

observar que o milho apresenta maior fração “b”, que representa a parte insolúvel, mas potencialmente degradável. A degradabilidade da fração “b” pode reduzir a ingestão de MS e a disponibilidade de energia, o que limita o desempenho produtivo dos animais (Macedo et al., 2011).

Para a degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE), independente da taxa de passagem, verificou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$). Para a DP, para cada unidade de palma substituindo ao milho, houve aumento de 0,0186 unidades percentuais, enquanto para a DE a 2, 5 e 8%, verificou-se aumentos respectivos de 0,0303, 0,0324 e 0,0315 unidades percentuais (Tabela 3). Pode-se verificar na Figura 19 a degradabilidade da MS em função dos períodos de incubação, com a utilização dos parâmetros da degradabilidade, mostrando comportamento semelhante, mesmo com diferença em alguns parâmetros.

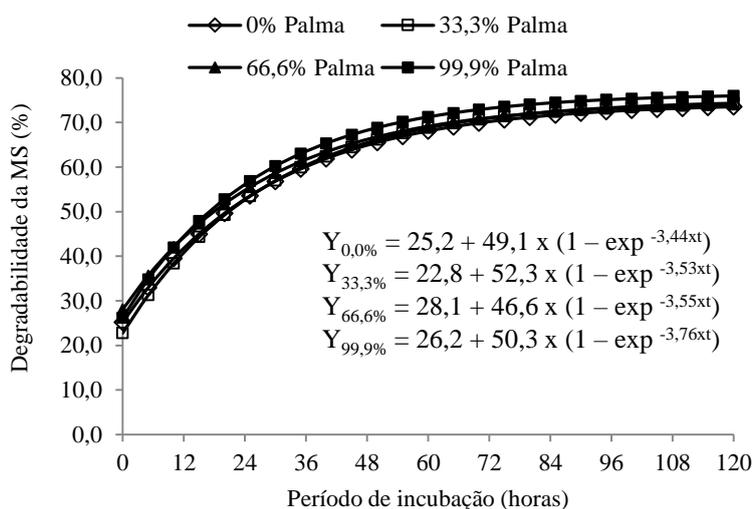


Figura 19. Degradabilidade potencial matéria seca da silagem de dieta total ensilada com palma forrageira em função do tempo de permanência no rúmen (h)

Em relação a degradação ruminal da PB, houve efeito linear crescente ($P < 0,05$) para fração “a”, pois para cada unidade de palma substituindo ao milho, aumentou 0,1054 unidades percentuais, entretanto, não houve efeito significativo quadrático ($P > 0,05$) (Tabela 4). Para as frações “b” “c” e DP não houve efeito significativo ($P < 0,05$) linear e nem quadrático, onde as médias foram, respectivamente, 28,9, 3,7 e 85,9% em função dos níveis crescentes de palma forrageira em substituição ao milho nas dietas (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros de degradação ruminal da PB de dietas totais ensilada com palma forrageira

Parâmetro	Substituição do milho pela palma forrageira nas dietas (%)				Efeito	
	0,0	33,3	66,6	99,9	L	Q
a (%)	52,1	55,3	57,7	63,0	*	ns
b (%)	30,6	32,5	25,2	27,2	ns	ns
c (% h ⁻¹)	3,70	2,58	4,83	3,74	ns	ns
DP (%)	82,7	87,8	82,9	90,2	ns	ns
DE (2%)	72,0	73,6	75,5	80,7	*	ns
DE (5%)	65,1	66,4	70,1	74,6	*	ns
DE (8%)	61,8	63,3	67,2	71,7	*	ns
R ² (%)	89,2	84,9	81,5	87,7	-	-

a: fração solúvel em água; b: fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável; c: taxa de degradação da fração b; DP- Degradabilidade Potencial; DE – Degradabilidade Efetiva. ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade *Y_a: $51,76+0,1054x$ ($R^2 = 97,2$); Y_b: $\hat{Y} = \hat{Y} = 28,9$; Y_c: $\hat{Y} = 3,7$; Y_{DP}: $\hat{Y} = \hat{Y} = 85,9$; *Y_{DE 2%}: $71,25+0,0841x$ ($R^2 = 91,4$); *Y_{DE 5%}: $64,22+0,0967x$ ($R^2 = 95,1$); *Y_{DE 8%}: $60,96+0,1009x$ ($R^2 = 95,9$)

Para a degradabilidade efetiva (DE), independente da taxa de passagem, verificou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$) observou-se aumentos respectivos de 0,0841, 0,0967 e 0,1009 unidades percentuais de palma substituindo ao milho (Tabela 4).

O uso da palma influenciou na degradabilidade da fração “a” solúvel da PB mostrou-se elevada para as dietas contendo palma, a qual refletiu em maior DP da PB, e a fração “b” que representa a parte potencialmente degradável da PB, apresentou semelhança entre as dietas (Tabela 4).

De acordo com Balgees et al. (2013), uma taxa moderada de degradação pode ser desejável, particularmente no que diz respeito a taxa de degradação do N, pois uma degradação ruminal extensa de N do alimento para amônia acima do nível que pode ser utilizado para a síntese de proteínas microbianas ou observada no rúmen é convertida em ureia e excretada na urina, podendo limitar a produção animal. É importante atentar que, para que esse nitrogênio não proteico e proteico degradável seja transformado em proteína microbiana pelos microrganismos são determinadas pelas taxas de degradação e passagem pelo rúmen, e influencia a eficiência e a quantidade de proteína microbiana sintetizada (Pires et al., 2010).

Na Figura 20, é possível observar que a degradabilidade da PB em função dos períodos de incubação das dietas, aumentou gradativamente conforme aproximou-se o tempo final de incubação.

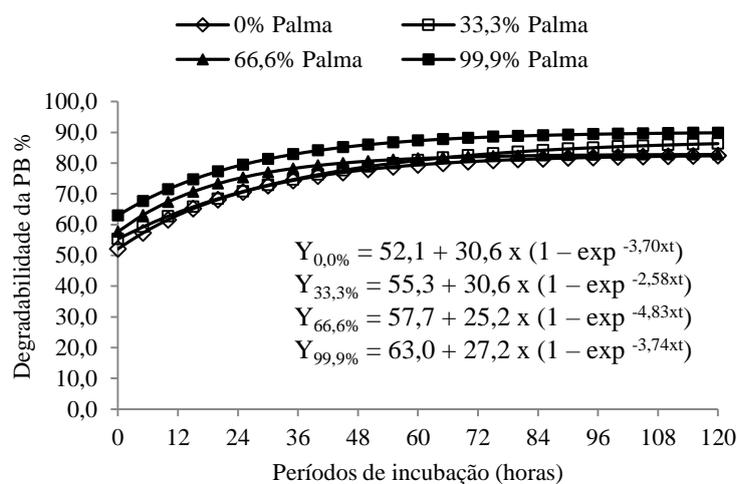


Figura 20. Degradabilidade potencial da proteína bruta (PB) da silagem de dieta total ensilada com palma forrageira em função do tempo de permanência no rúmen (h)

Para a fração “a” da degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) não houve efeito significativo ($P > 0,05$) linear nem quadrático, onde a média foi, 1,3% em função dos níveis crescentes de palma forrageira em substituição ao milho nas dietas (Tabela 5). No entanto, houve efeito linear crescente ($P < 0,05$) para fração “c” o aumento foi de 0,012 unidades percentuais, entretanto, para degradabilidade efetiva independente da taxa de passagem (2, 5 e 8%) respectivamente, aumentou 0,0559, 0,0505 e 0,0405 unidades percentuais de palma forrageira adicionada em substituição ao milho (Tabela 5). Em relação a fração “b” e a DP diminuíram linearmente ($P < 0,05$) respectivamente, 0,164 e 0,1489 unidades percentuais de palma adicionada em substituição ao milho (Tabela 5).

De acordo Zanine e Júnior (2006) o consumo de alimento está correlacionado negativamente com a FDN, ou seja, quanto menos degradável, mais tempo permanecerá a forragem no rúmen, e conseqüentemente, mais o enchimento limitará a ingestão de volumosos. Apesar de que, nessa pesquisa todas as dietas avaliadas apresentaram teor de FDN menor que 55% valor que é preconizado por Van Soest (1994) como limitante para o consumo de nutrientes. O que permite inferir que mesmo influenciando na degradabilidade efetiva, o consumo não será limitado por enchimento ruminal.

Tabela 5. Parâmetros de degradação ruminal da FDN de dietas totais ensilada com palma forrageira

Parâmetro	Substituição do milho pela palma forrageira nas dietas (%)				Efeito	
	0,0	33,3	66,6	99,9	L	Q
a (%)	1,1	1,3	1,5	1,4	ns	ns
b (%)	65,9	55,6	51,4	49,1	*	ns
c (% h ⁻¹)	0,86	1,27	1,89	1,99	*	ns
DP (%)	67,9	58,2	54,8	52,5	*	ns
DE (2%)	20,9	22,9	26,5	25,9	*	ns
DE (5%)	10,8	12,6	15,6	15,4	*	ns
DE (8%)	7,5	8,9	11,3	11,2	*	ns
R ² (%)	99,1	95,0	99,1	98,7	*	ns

a: fração solúvel em água; b: fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável; c: taxa de degradação da fração b; DP- Degradabilidade Potencial; DE – Degradabilidade Efetiva. ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade. $Y_a: -Y = 1,3$; $Y_b: -0,164x + 63,69$ ($R^2 = 89,8$); $Y_c: 0,012x + 0,901$ ($R^2 = 94,1$); $Y_{DP}: -0,1489x + 65,79$ ($R^2 = 89,1$); $Y_{DE\ 2\%}: 0,0559x + 21,26$ ($R^2 = 83,7$); $Y_{DE\ 5\%}: 0,0505x + 11,08$ ($R^2 = 87,8$); $Y_{DE\ 8\%}: 0,0405x + 7,7$ ($R^2 = 88,6$)

A degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro (FDN), em função dos períodos de incubação, a inclusão de palma promoveu uma melhoria no material ensilado, onde os maiores níveis de inclusão de palma sobressaíram (Figura 21). Com os maiores níveis de inclusão de palma forrageira, o que demonstra a qualidade nutricional deste ingrediente, no sentido de melhorar a degradação da fração fibrosa.

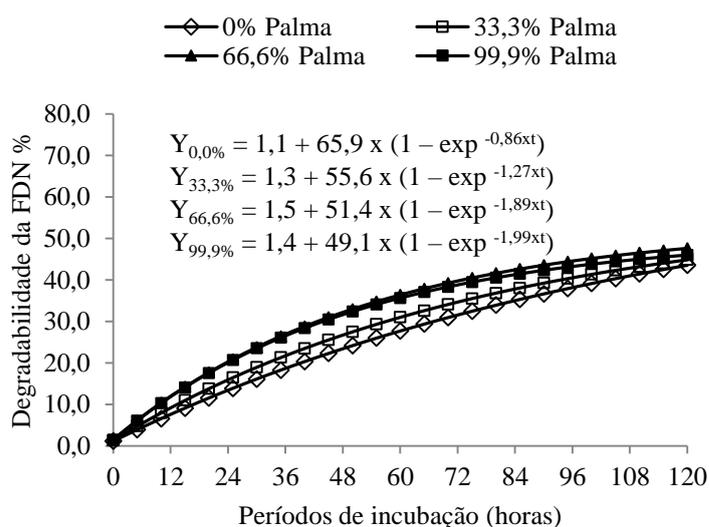


Figura 21. Degradabilidade potencial da fibra em detergente neutro (FDN) da silagem de dieta total ensilada com palma forrageira em função do tempo de permanência no rúmen (h)

A palma forrageira favorece a degradação da MS, PB e FDN das dietas, no entanto, não se recomenda a utilização deste ingrediente de forma exclusiva para ruminantes, por não conter fibra fisicamente efetiva (FDNfe) em sua composição, favorecendo assim, a associação com fontes volumosas de FDNfe. Segundo Mertens (1997), a fibra fisicamente efetiva é definida como a capacidade da fonte de fibra em estimular a ruminação e conseqüentemente, a mastigação

V- CONCLUSÕES

Recomenda-se a palma forrageira em substituição ao milho em até 99,9% em silagens de dieta total por manter a estabilidade aeróbia, o pH, e por não promover perdas por efluentes, embora haja redução no teor de MS.

VI- REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**, Suppl. 1. Farnham Royal: CAB, 1984. 45p.
- ANDRADE, I.V.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. DE.; VELOSO, C.M.; BONOMO, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2578-2588, 2010.
- AOAC. (2005). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International. 17 ed. Washington.
- BALGEES, A.; ELMNAN, A.; ELSEED, A.F.; MAHALA, A.; AMASIAB, E. In-situ degradability and *in vitro* gas production of selected multipurpose tree leaves and alfalfa as ruminant feeds. **World's Veterinary Journal**, v.3, p.46-50, 2013.
- BARBOSA, L.A.; REZENDE, A.V.; RABELO, C.H.S.; RABELO, F.H.S.; NOGUEIRA, D.A. Estabilidade aeróbia de silagens de milho e soja exclusivas ou associadas. **Ars Veterinaria**, v.27, n.4, p.255-262, 2011.
- BATISTA, Â.M.; RIBEIRO NETO, A.C.; LUCENA, R.B.; SANTOS, D.C.; DUBEUX JR, J.; MUSTAFA, A.F. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v.62, n.3, p.297-301, 2009.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; DO AMARAL, R.C.; SIQUEIRA, G.R.; DE TOLEDO PIZA ROTH, A.P.; PIZA ROTH, M. de T.; BERCHIELLI, T.T. Fermentative profile, aerobic stability, and nutritive value of marandu grass silages using additive satensiling. **Revista Brasileira de Zootecnia- Brazilian Journal of Animal Science**, v.37, n.10, p.1728-1736, 2008.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; DO AMARAL, R.C.; PIRES, A.J.V. Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.754-762, 2007.
- BERNARDES, T.F. **Controle da deterioração aeróbia de silagens**. 2006. 103p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Jaboticabal – SP.
- BISPO, S.V.; FERREIRA, M.D.A.; VÉRAS, A.S.C.; BATISTA, A.M.V.; PESSOA, R.A.S.; BLEUEL, M.P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909.2007.
- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da.; CECON, P.R. Estimativas do Valor Energético a partir de Características Químicas e Bromatológicas dos Alimentos. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; SILVA, R.R.; MENDES, F.B.L.; DE SOUZA, D.R.; PINHEIRO, A.A. Degradabilidade ruminal de concentrados e subprodutos agroindustriais. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.212, p.397-400, 2006.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.D.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2009.

CHAPMAN, D.F.; LEE, J.M.; WAGHORN, G.C. Interaction between plant physiology and pasture feeding value: a review. **Crop and Pasture Science**, v.65, n.8, p.721-734, 2014.

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing Silage Quality. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. eds. Silage Science and Technology. **American Society of Agronomy**, USA. p.141-198, 2003.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para análises de alimentos** - INCT – Ciência Animal. Editora UFV, p.214, 2012.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.62, n.4, p.980- 984, 2010.

FELKAI-HADDACHE, L.; REMINI, H.; DULONG, V.; MAMOU-BELHABIB, K.; PICTON, L.; MADANI, K.; RIHOUEY, C. Conventional and microwave-assisted extraction of mucilage from *Opuntia ficus-indica* cladodes: physicochemical and rheological properties. **Food and Bioprocess Technology**, v.9, p.481-492, 2016.

FREIXIAL, R.; ALPENDRE, P.; **Conservação de Forragens (Ensilagem)**. Texto de apoio para as Unidades Curriculares. Universidade de Évora - Escolas de ciências e tecnologia departamento de fitotecnia, 2013.

GUSMÃO, J.O. **Silagens de dietas completa contendo o capim-elefante como fonte de forragem**. 2017. 48p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

GOES, R.H.T.B.; PATUSSI, R.A.; GANDRA, J.R.; BRANCO, A.F.; CARDOSO, T.J.L.; OLIVEIRA, M.V.M.; OLIVEIRA, R.T.; SOUZA, C.J.S. The crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) byproducts, can be used as a source of non-degradable protein in the rumen? **Bioscience Journal**, v.33, p.113-120, 2017.

GOMES, D.I.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. de C.; FUKUSHIMA, R.S.; de SOUZA, M.A.; VALENTE, T.N.P.; PAULONP, M.F.; QUEIROZ, A.C. Evaluation of lignin contents in tropical forages using different analytical methods and their correlations with degradation of insoluble fiber. **Animal Feed Science and Technology**, v.168, n.4, p.206-222, 2011.

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, p.101-119, 2007.

KALEGOWDA, P.; CHAUHAN, A.S.; URS, S.M.N. Opuntia dillenii (Ker-Gawl) Haw cladode mucilage: physico-chemical, rheological and functional behavior. **Carbohydrate Polymers** v.157, p.1057-1064, 2017.

KUNG, L.J.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. **Silage Science and Technology**. 1 ed. Madison: American Society of Agronomy, p.305-360, 2003.

LANA, R.P.; MAGALHÃES, A.L.R.; SOUZA, J.C. Predição e validação do desempenho de vacas leiteiras nas condições brasileiras e uso das equações para estimativa das exigências nutricionais. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41, Campo Grande, **Anais...** Viçosa: SBZ, 2004.

MACEDO, T.M.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; LOPES, W.B.; SOARES, C.O. E CHAGAS, D. M.T. Degradabilidade da matéria seca e da fração fibrosa da cana de açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, vol.12, n.2, p.429-440, 2011.

McDONALD, P.; HERDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. In: **The biochemistry of silage**. 2. ed. Malow: Chalcombe Publications, p.167-249, 1991.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirement of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1463, 1997.

MONÇÃO, F.P.; ROCHA, V.R.; SILVA, J. T.; DE JESUS, N.G.; MARQUES, O.F.C.; RIGUEIRA, J.P.S.; SALES, E.C.J.; SILVA, A.A.G.; ALVES, D.D.; CARVALHO, C.C.C.; GOMES, V.M.; LEAL, D.B. Nutritional value of BRS capiacu grass (*Pennisetum purpureum*) silage associated with cactus pear. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v.10, n.1, p.25-29, 2020.

MONRROY, M.; GARCÍA, E.; RÍOS, K.; GARCÍA, J.R. Extraction and Physicochemical Characterization of Mucilage from *Opuntia cochenillifera* (L.) Miller. **Hindawi Journal of Chemistry**, v.207, p.9, 2017.

MORAN, J.P.; WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, Y.; OWEN, T.R. A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Aberystwyth. Proceedings. Aberystwyth: University of Wales Aberystwyth, v.11, p.162-163, 1996.

MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.183-191, 2010.

NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p. 2051-2069, 1988.

O'KIELY, P.; MOLONEY, A.; KEATING, T.; SHIELS, P. (1999). 64p. Maximising output of beef within cost efficient, environmentally compatible forage conservation systems. Dunsany: Grange Research Centre.

ORSKOV, E.R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate passage. **Journal of Agriculture Science**, v.92, n.2, p.499, 1979.

PACHECO, W.F.; CARNEIRO, M.S.S.; PINTO, A.P.; EDVAN, R.L.; ARRUDA, P.C. L.; CARMO, A.B.R. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.3, p.155-162, 2014.

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.3, p.404-408, 2000.

PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; CARVALHO, G.G.P.D.; SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F.; RUGGIERI, A.C.; ROTH, M.D.T.P. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de silagens de milho, de sorgo e de *Brachiaria brizantha*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.2, p.391-400, 2010.

PITT, R.E.; MUCK, R.E.; PICKERING, N.B. A model of aerobic fungal growth in silage. 705 Aerobic stability. **Grass and Forage Science**, v.46, n.2, p.301-312, 1991.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa, MG: UFV, 2007. 301p.

RODRIGUES, A.M.; PITACAS, F.I.; REIS, C.M.G.; BLASCO, M. Nutritional value of *Opuntia ficus-indica* cladodes from Portuguese ecotypes. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v.22, n.1, p.40-45, 2016.

SANTOS, A.O.; ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; CARVALHO, B.F.; DIAS, D.R.; SCHWAN, R.F. Fermentative profile and bacterial diversity of corn silages inoculated with new tropical lactic acid bacteria. **Journal of applied microbiology**, v. 120, n. 2, p. 266-279, 2016.

SOARES, M.S. Palma forrageira: aspecto do cultivo e desempenho animal. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.14, n.4, p.6041-6055, 2017.

SOLTAN, M.A.; MUJALI, A.M.; MANDOUR, M.A.; EL-SHINWAY ABEER, M. Effect of dietary rumen protected methionine and choline supplementation on rumen fermentation characteristics and productive performance of early lactating cows. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.11. n.3, p.221-230, 2012.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J.B.A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K.J. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. **Small Ruminant Research**, v.72, p.157-64, 2007.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. Ithaca: Cornell University Press.1994. 476p.

VILELA, H.; BARBOSA, F.A.; RODRIGUEZ, N.; CASLE, C. **Efeito do emurchecimento do Capim Elefante sobre a qualidade da silagem**. Matsuda, São Sebastião do Paraíso/MG, 2000. 12p.

WALDO, D.R.; SMITH, L.W. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, n.3, p.125-129, 1972.

WILKINSON, J.M.; DAVIES, D.R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, 2012.

ZANINE, A.M.; JÚNIOR, G.L.M. Importância do consumo da fibra para nutrição de ruminantes. **Revista Electrónica de Veterinária**, v.7, n.4, p.1-11, 2006.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L.G.; Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.170-189, 2009.