

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**PERFIL FERMENTATIVO E NUTRICIONAL DE SILAGEM À BASE DE  
PALMA FORRAGEIRA E FENO DE GLIRICÍDIA**

Autor: Moema Kelly Nogueira de Sá  
Orientador: Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade

**GARANHUNS  
PERNAMBUCO-BRASIL  
2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**PERFIL FERMENTATIVO E NUTRICIONAL DE SILAGEM À BASE DE  
PALMA FORRAGEIRA E FENO DE GLIRICÍDIA**

Autor: Moema Kelly Nogueira de Sá  
Orientador: Prof. D.Sc. Albericio Pereira de Andrade  
Coorientadores: Prof. D.Sc. André Luiz Rodrigues Magalhães  
D.Sc. Fleming Sena Campos

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS, do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Área de Concentração: Produção Animal.

**GARANHUNS  
PERNAMBUCO-BRASIL  
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S111p SÁ, MOEMA  
PERFIL FERMENTATIVO E NUTRICIONAL DE SILAGEM À BASE DE PALMA  
FORRAGEIRA E FENO DE GLIRICÍDIA / MOEMA SÁ. - 2020.  
82 f.

Orientador: Albericio  
Pereira de Andrade.  
Coorientador: Andre Luiz  
Rodrigues Magalhaes.  
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-  
Graduação em Ciência Animal e Pastagens, Garanhuns, 2021.

1. Ensilagem. 2. Conservação de forragem. 3. *Gliricidia sepium*. 4. *Opuntia ficus  
indica* Mill.. 5. Semiárido. I. Andrade, Albericio Pereira de, orient. II. Magalhaes, Andre  
Luiz Rodrigues, coorient. III. Título

CDD 636.089

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**PERFIL FERMENTATIVO E NUTRICIONAL DE SILAGEM À BASE DE  
PALMA FORRAGEIRA E FENO DE GLIRICÍDIA**

Autora: Moema Kelly Nogueira de Sá  
Orientador: Prof. D.Sc. Albericio Pereira de Andrade  
Coorientadores: Prof. D.Sc. André Luiz Rodrigues Magalhães  
D.Sc. Fleming Sena Campos

TITULAÇÃO: Mestre em Ciência Animal e Pastagens  
APROVADO:

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros, D.Sc.  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB  
Centro de Ciências Agrárias  
(Examinador)

---

Profa. Dra. Dulciene Karla de Andrade Silva, D.Sc.  
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco - UFAPE  
(Examinadora)

---

Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade, D.Sc.  
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco - UFAPE  
(Orientador)

*Epígrafe*

“Não importa o que fizeram com você. O que importa é o que você faz com aquilo que fizeram com você.”

Jean Paul Sartre

A Deus pelo dom da vida, pelas oportunidades e pelo amor incondicional por mim.

A meu filho Reinaldo Cardoso, pelo amor e compreensão de tantas ausências.

Aos meus pais, Iraídes Marques e João Plínio, pelo apoio e orações.

A José Reinaldo, pela paciência e generosidade.

Ao Professor Victor Oliveira (UFRPE/UAG), pela oportunidade profissional que me direcionou até aqui.

A meus parentes e amigos, pela consideração, amizade e sorrisos.

A cada mulher, mãe, pesquisadora, que não desiste de seus sonhos, ainda que pareçam inalcançáveis.

**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade, pelos ensinamentos, confiança e compreensão, sempre;

Aos meus coorientadores Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães e Prof. Dr. Fleming Sena Campos, pela cordialidade, orientação e paciência, principalmente;

Aos Professores do PPGCAP, por todo o empenho, dedicação e responsabilidade empreendidos com o intuito de tornar cada aluno um bom profissional;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFRPE/UAG, ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens e a instituição de fomento CAPES, pela oportunidade de realizar mais um sonho;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e à Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), na pessoa do Pesquisador e professor Dr. Ghermam Garcia Leal de Araújo, pela confiança e disponibilidade para a viabilização deste trabalho;

Ao Sr Alcides Amaral (Técnico Laboratorista do Laboratório de Nutrição Animal - LANA – Embrapa Semiárido) e ao Dr. Igor Fábio (Bolsista PNPd do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal – Laboratório de Bromatologia - UNIVASF), pelo convívio fraterno, pelas colaborações e pela disposição com que sempre me atenderam;

Às amigas Juliete, Nayra e Amanda pelo convívio carinhoso e incentivos;

A Cleyton Almeida e Roberta Valença, pelas contribuições valiosas e dúvidas sanadas.

Aos amigos conquistados em Petrolina (PE), que em momentos distintos, contribuíram para tornarem os meus dias mais agradáveis;

Em especial, Clau, Ítala, Patrick, Lucas, Érik, Wesley e Manu;

Aos colaboradores estagiários da EMBRAPA e da UNIVASF, Talita, Andressa, Mariana, Ana Júlia, Beatriz, Crislayne, pelo convívio fraterno e troca de conhecimentos.

Aos amigos que tiveram participação fundamental na realização de diversas atividades inerentes a pesquisa: Patrick, Lucas, Amélia, Danilo, Antônio, Gleyce, Arquinor, Matheus, Telisson, Ana Paula, Ana Laura, Élice, Janiele, Jaíne, Priscila, Thamys, Patrícia, Angelina, Steyce, Juliana, Sr Reginaldo, pela convivência instrutiva;

Aos animais, todo meu respeito por cada vida dedicada à pesquisa. A todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram a acreditar em mim, eu quero deixar um agradecimento eterno, porque sem vocês não teria sido possível. Muito obrigada!



## **BIOGRAFIA**

Moema Kelly Nogueira de Sá, filha de Iraídes Marques Nogueira e João Plínio de Sá, nasceu em 03 de julho de 1983, na cidade de Paulo Afonso, Estado da Bahia. No ano de 2002, concluiu o ensino médio em Magistério na Escola de Jatobá – Ensino Fundamental e Médio, na cidade de Petrolândia, Pernambuco. Em agosto de 2007, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), localizada na cidade Serra Talhada - PE, onde foi bolsista de projetos de extensão de 2008 a 2009 e monitora da disciplina de Ciência do solo de 2010 a 2011. Finalizou a graduação em outubro de 2014, na Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG). De novembro de 2014 a outubro de 2016, participou como bolsista do CNPq, na função de Assessora Territorial para Inclusão Produtiva, do projeto de pesquisa e extensão no Núcleo de Extensão em Desenvolvimento Territorial (NEDET – Agreste Meridional). Em maio de 2018, iniciou o curso de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/UAG, na linha de pesquisa Avaliação da qualidade e valor nutricional dos alimentos, submetendo-se à defesa pública do trabalho de dissertação para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens no dia 31 de agosto de 2020.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	12
RESUMO .....	13
ABSTRACT .....	13
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	17
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1. Palma forrageira: cultivo e uso em regiões semiáridas.....	19
2.2. Silagem de palma forrageira associada à leguminosas .....	21
2.3. Gliricídia: potencial de complementaridade .....	22
2.4. Feno de gliricídia associado à silagem de palma forrageira.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
CAPÍTULO 1 .....	32
Perfil fermentativo e composição química de silagens de palma forrageira associada a diferentes níveis de inclusão de feno de gliricídia.....	32
CHAPTER 1 .....	34
1. INTRODUÇÃO .....	36
2. OBJETIVOS .....	37
2.1. Geral.....	37
2.2. Específicos.....	37
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	37
3.1. Período experimental e local .....	37
3.2. Tratamentos experimentais e delineamento .....	38
3.3. Produção das silagens .....	38
3.4. Variáveis analisadas.....	40
3.5. Estimativa de perdas fermentativas .....	40
3.6. Estabilidade aeróbia das silagens.....	41
3.7. Potencial hidrogeniônico (pH) .....	41
3.8. Determinação da capacidade tampão.....	41
3.9. Nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ) .....	42
3.10. Análises químico-bromatológica .....	42
3.11. Determinação dos minerais.....	43
3.12. Análise estatística.....	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
5. CONCLUSÃO .....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
CAPÍTULO 2 .....	62
Consumo e digestibilidade de matéria seca e de nutrientes por ovinos alimentados com silagens mistas de palma forrageira e feno de gliricídia .....	62

CHAPTER 2.....	63
1. INTRODUÇÃO .....	64
2. OBJETIVOS .....	65
2.1.  Objetivo geral .....	65
2.2.  Objetivos específicos .....	65
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	65
3.1.  Aspectos éticos e local do experimento .....	65
3.2.  Animais, instalações e período experimental.....	65
3.3.  Tratamentos, delineamento, dietas experimentais e manejo alimentar.....	66
3.4.  Análises químicas .....	67
3.5.  Consumo da matéria seca e dos nutrientes.....	69
3.6.  Coeficiente de Digestibilidade .....	69
3.7.  Consumo de água via bebedouro.....	69
3.8.  Balanço Hídrico .....	70
3.9.  Determinação dos minerais .....	70
3.10.  Análise estatística.....	71
5. CONCLUSÃO .....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Composição química da palma forrageira com base no percentual de matéria seca.....	20
<b>Tabela 2</b> - Composição química-bromatológica do feno de <i>Gliricidia sepium</i> .....	23
<b>Tabela 1</b> - Composição química da palma forrageira e do feno de gliricídia.....	38
<b>Tabela 2</b> - Composição química das silagens de palma forrageira com inclusão de feno de gliricídia.....	43
<b>Tabela 3</b> - Perdas fermentativas de silagens de palma forrageira com feno de gliricídia. ....	44
<b>Tabela 4</b> - Perfil fermentativo de silagens de palma forrageira com feno de gliricídia. 45	
<b>Tabela 5</b> - Estabilidade aeróbia de silagens de palma com feno de gliricídia.....	48
<b>Tabela 6</b> - Composição química de silagens de palma com feno de gliricídia.....	51
<b>Tabela 7</b> - Macrominerais e microminerais em silagem a base de palma forrageira com níveis de feno de gliricídia. ....	53
<b>Tabela 1</b> - Composição química da palma forrageira e do feno de gliricídia.....	68
<b>Tabela 2</b> - Composição química das dietas experimentais de palma forrageira com níveis de inclusão de feno de gliricídia. ....	68
<b>Tabela 3</b> - Consumo de nutrientes por ovinos alimentados com silagem de palma com de feno gliricídia. ....	71
<b>Tabela 4</b> - Coeficiente de digestibilidade em ovinos alimentados com silagem de palma forrageira com feno de gliricídia. ....	73
<b>Tabela 5</b> - Consumo, excreção de água e balanço hídrico em ovinos alimentados com silagem de palma forrageira com feno de gliricídia.....	75
<b>Tabela 6</b> - Macrominerais e microminerais em silagem a base de palma forrageira com níveis de feno de gliricídia. ....	76

Sá, M.K.N. **Perfil fermentativo e nutricional de silagem à base de palma forrageira e feno de gliricídia.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens. UFRPE. Garanhuns-PE. Orientador: Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade.

**Resumo:** O objetivo desta pesquisa foi avaliar o perfil fermentativo e nutricional das silagens compostas com palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.) associada a níveis de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*), por meio da estabilidade aeróbia, perfil fermentativo, composição químico-bromatológica, bem como pelo consumo de matéria seca e nutrientes, coeficientes de digestibilidade da matéria seca e nutrientes, e balanço hídrico de ovinos alimentados com as silagens. Para tanto, dois ensaios experimentais foram realizados. No primeiro ensaio, os tratamentos foram compostos por silagem de palma associado a níveis de feno de gliricídia nas proporções de 0, 10, 20, 30 e 40%; em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições. No segundo ensaio, foram utilizados vinte ovinos sem padrão racial definido, não castrados, com peso corporal médio inicial de 18,0 kg +- 1Kg, confinados em baias individuais providas de comedouro, bebedouro e saleiro por 15 dias, com 11 para adaptação dos animais as baias, as dietas e as ofertas hídricas e 4 dias para coletas de amostras e dados. Quatro dietas contendo palma forrageira (associada a diferentes níveis de feno de gliricídia: 10; 20; 30 e 40% foram utilizadas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. No primeiro ensaio, observou-se que os níveis de feno de gliricídia na silagem a base de palma forrageira influenciaram parâmetros do perfil fermentativo e da composição química das silagens, promovendo efeito: a) crescente para: tendência e elevação do pH (P=0,002), matéria seca (MS) (P<0,001), matéria mineral (P<0,001), carboidratos fibrosos (CF) (P<0,001), fibra em detergente ácido (FDA) (P=0,001), boro (P<0,001); b) linear decrescente para: perdas por gás (P<0,001), pH máximo (P=0,018), carboidratos não fibrosos (CNF) (P<0,001), cálcio (P<0,001), potássio (P<0,001), magnésio (P<0,001), ferro (P<0,001), manganês (P<0,001); e c) quadrático para: densidade (P=0,001), perdas por efluentes (P<0,001), recuperação de matéria seca (P=0,014), temperatura (P<0,001); pH (P<0,01); N-NH<sub>3</sub> (P=0,010); capacidade tamponante (P<0,001); tempo para atingir a temperatura máxima (P<0,001); diferença máxima de temperatura da silagem em relação ao ambiente (P=0,009), somatório da diferença da temperatura da silagem em relação a do ambiente (P=0,001) e estabilidade aeróbia das silagens (P=0,002), hemicelulose (P=0,001), proteína bruta (PB) (P<0,001), fibra em detergente neutro (FDN) (P<0,001), fósforo (P=0,012), sódio (P=0,001), e zinco (P=0,001). No segundo ensaio, observou-se que as silagens influenciaram parâmetros inerentes ao consumo e a digestibilidade de matéria seca e de nutrientes por ovinos alimentados com as silagens mistas, promovendo efeito: a) linear crescente para digestibilidade da FDN (P=0,044); b) linear decrescente para: consumo de água via alimento (P<0,001), consumo de água total (P<0,001), excreção de água via fezes (P=0,041), excreção de água via urina (P=0,003) e excreção de água total (P<0,001); e c) quadrático para: consumo de MS em g.kg<sup>-1</sup> (P=0,015), consumo de MS em %PC (P=0,031), consumo de MS em g/Kg<sup>0,75</sup> (P=0,024), consumo de matéria orgânica (P=0,012), consumo de FDN (P=0,006), consumo de carboidratos totais (P=0,012), consumo de CNF (P=0,006), digestibilidade de PB (P=0,044). A inclusão de feno de gliricídia entre os níveis 20 a 30% na silagem a base de palma forrageira propiciou melhoria na composição química e nos parâmetros fermentativos das silagens mistas; bem como, estes níveis de adição do feno também proporcionaram melhor aproveitamento da MS e dos nutrientes por ovinos alimentados.

**Palavras-chave:** ensilagem, conservação de forragem, *Gliricidia sepium*, *Opuntia ficus indica* Mill., Semiárido.

**Sa, M.K.N. Fermentation and nutritional profile of silage based on forage palm and gliricidia hay.** Dissertation (Master in Animal Science and Pastures). Postgraduate Program in Animal Science and Pastures. UFRPE. Garanhuns-PE. Advisor: Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade.

**Abstract:** The objective of this research was to evaluate the fermentative and nutritional profile of silages composed with forage cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill.) associated with levels of gliricidium hay (*Gliricidia sepium*), through aerobic stability, fermentative profile, chemical-bromatological composition, as well as for the consumption of dry matter and nutrients, digestibility coefficients of dry matter and nutrients, and water balance of sheep fed with silages. For this, two experimental trials were carried out. In the first trial, treatments were composed of palm silage associated with levels of gliricidium hay in the proportions of 0, 10, 20, 30 and 40%; in a completely randomized design (DIC) with five replications. In the second trial, twenty non-castrated undefined breed sheep with average initial live weight of 18.0 kg were used, confined in individual pens provided with a feeder, drinker and salt shaker for 15 days, with 11 to adapt the animals to the pens, diets and water offerings and 4 days for sample and data collection. Four diets containing forage cactus pear (associated with different levels of gliricidium hay: 10; 20; 30 and 40%) were used. The experimental design was completely randomized, with four treatments and five replications. In the first trial, it was observed that the levels of gliricidium hay in silage based on forage cactus pear influenced parameters of the fermentative profile and chemical composition of the silages, promoting an effect: a) linear increase for: pH upward trend ( $P = 0.002$ ), dry matter (DM) ( $P < 0.001$ ), mineral matter ( $P < 0.001$ ), fibrous carbohydrates (CF) ( $P < 0.001$ ), acid detergent fiber (FDA) ( $P = 0.001$ ), boron ( $P < 0.001$ ); b) linear decreasing for: gas losses ( $P < 0.001$ ), maximum pH ( $P = 0.018$ ), non-fibrous carbohydrates (CNF) ( $P < 0.001$ ), calcium ( $P < 0.001$ ), potassium ( $P < 0.001$ ), magnesium ( $P < 0.001$ ), iron ( $P < 0.001$ ), manganese ( $P < 0.001$ ); and c) quadratic for: density ( $P = 0.001$ ), effluent losses ( $P < 0.001$ ), dry matter recovery ( $P = 0.014$ ), temperature ( $P < 0.001$ ); pH ( $P < 0.01$ ); N-NH<sub>3</sub> ( $P = 0.010$ ); buffering capacity ( $P < 0.001$ ); time to reach the maximum temperature ( $P < 0.001$ ); maximum difference in temperature of the silage in relation to the environment ( $P = 0.009$ ), sum of the difference in the temperature of the silage in relation to the environment ( $P = 0.001$ ) and aerobic stability of the silages ( $P = 0.002$ ), total digestible nutrients ( $P < 0.001$ ), hemicellulose ( $P = 0.001$ ), crude protein (PB) ( $P < 0.001$ ), neutral detergent fiber (NDF) ( $P < 0.001$ ), phosphorus ( $P = 0.012$ ), sodium ( $P = 0.001$ ), and zinc ( $P = 0.001$ ). In the second test, it was observed that the silages influenced parameters inherent to the consumption and digestibility of dry matter and nutrients by sheep fed with mixed silages, promoting effect: a) increasing linear for NDF digestibility ( $P = 0.044$ ); b) decreasing linear for: water consumption via food ( $P < 0.001$ ), total water consumption ( $P < 0.001$ ), water excretion via faeces ( $P = 0.041$ ), urine water excretion ( $P = 0.003$ ) and total water excretion ( $P < 0.001$ ); and c) quadratic for: consumption of DM in  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $P = 0.015$ ), consumption of DM in% PC ( $P = 0.031$ ), consumption of DM in  $\text{g}/\text{Kg}^{0.75}$  ( $P = 0.024$ ), consumption of matter organic ( $P = 0.012$ ), NDF consumption ( $P = 0.006$ ), total carbohydrate consumption ( $P = 0.012$ ), CNF consumption ( $P = 0.006$ ), PB digestibility ( $P = 0.044$ ). The inclusion of gliricidium hay between levels 20 to 30% in silage based on forage cactus pear provided an improvement in the chemical composition and fermentation parameters of mixed silages; as well as, these levels of addition of hay also provided better utilization of DM and nutrients, in sheep fed.

**Keywords:** silage, forage conservation, *Gliricidia sepium*, *Opuntia ficus indica* Mill., Semiarid.



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A busca por alternativas eficientes de baixo custo e que atendam às necessidades dos animais no Semiárido do Brasil, tem sido um dos grandes entraves da produção animal, visto que nessa região onde a precipitação é dispersa e de ocorrência em poucos meses do ano. O uso de forragens conservadas surge como estratégia para assegurar a alimentação e a estabilidade nos diferentes sistemas de produção de ruminantes nos momentos de déficit forrageiro (FLUCK *et al.*, 2018).

A conservação de forragens, sob a técnica de ensilagem, vem sendo difundida nesta região através das instituições de pesquisas e seus parceiros, principalmente pela intensificação dos processos produtivos na pecuária de animais ruminantes domésticos (MACÊDO *et al.*, 2019), possibilitando que expressiva diversidade de plantas forrageiras sejam utilizadas no processo, e que, o excedente forrageiro produzido durante o período das chuvas seja armazenando e utilizado posteriormente. Contudo, deve-se atentar quanto a escolha da espécie forrageira para ensilagem, sendo recomendada a utilização de variedades adaptadas às condições edafoclimáticas da região e que apresentem níveis elevados de produtividade por unidade de área, aliado a um bom valor nutricional (PERAZZO *et al.*, 2019).

Em função da adaptação da palma forrageira às condições edafoclimáticas do Semiárido, a palma forrageira vem sendo utilizada em alguns sistemas de produção, principalmente nos períodos secos do ano, como um dos principais alimentos volumosos dos rebanhos por apresentar pontos positivos como, alto rendimento de biomassa, baixo custo, alta palatabilidade e eficiência no uso da água (SANTOS *et al.*, 2011; MACEDO *et al.* 2017), além de fornecer um alimento verde que supre grande parte das necessidades de água dos animais na época de escassez.

No entanto, o seu uso tem sido intensificado, proporcionando custos elevados de mão de obra para corte e fornecimento diretamente no cocho. A forma de colheita também pode comprometer o potencial de rebrota do palmar, uma vez que a sua utilização é desuniforme e distribuída ao longo de todo período de estiagem. Em relação a digestibilidade da matéria seca (MS), a palma apresenta valor superior às silagens de sorgo e de milho (LOPES *et al.*, 2012), todavia, por apresentar limitações quanto ao valor proteico e o teor de fibra, necessita ser associada com uma fonte fibrosa fisicamente efetiva, para a manutenção da atividade normal de funcionamento do

rúmen, que é de grande importância para a digestibilidade e absorção dos nutrientes oriundos da dieta (VIEIRA *et al.*, 2008).

Considerando as várias possibilidades de associações forrageiras para serem utilizadas na produção de silagens mistas, a gliricídia surge como alternativa por se tratar de uma leguminosa adaptada às condições Semiáridas e apresentar múltiplos usos nos sistemas agro silviculturais, como fonte proteica na suplementação de dietas, a baixo custo, para ruminantes, suínos, aves e coelhos, sobretudo para vacas leiteiras (QUEIROZ *et al.*, 1999), apresenta características desejáveis e que se complementa com a palma forrageira, principalmente quando se observam as características nutricionais de ambas. Em relação aos teores de MS e proteína bruta (PB), a gliricídia apresenta cerca de 30% de MS e de 20 a 30% de PB (CARVALHO FILHO *et al.*, 1997; COSTA *et al.*, 2009; GAMA *et al.*, 2009).

Nesse sentido, a gliricídia pode complementar as características que a palma forrageira apresenta, como baixo teor de matéria seca (10 a 13 %) e baixo teor proteico (4,20 a 6,20), e que limita a sua utilização exclusiva na alimentação animal, além disso, o elevado teor de carboidratos não fibrosos (CNF) (40 a 50%) da palma que são extremamente importantes no processo de fermentação e a sua alta aceitabilidade pelos animais, possibilitando a associação com a gliricídia, para serem ofertadas na forma de silagens mistas (BRITO *et al.*, 2020).

Vale ressaltar que a valor nutritivo da silagem (composição química, digestibilidade e produtos da digestão) está associado ao padrão de fermentação do material ensilado, bem como aos processos de deterioração observados durante a fase aeróbia no silo, desse modo, a qualidade da forragem conservada está diretamente relacionada a aceitabilidade e ao consumo pelos animais (REIS *et al.*, 2008).

No entanto, as pesquisas sobre a associação da palma forrageira com feno de gliricídia ainda são limitadas. Dessa maneira, o objetivo da presente pesquisa foi compreender os aspectos relacionados à composição químico-bromatológica e à qualidade fermentativa da silagem de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.) associada a níveis de feno de gliricídia (*Gliricídia sepium* (Jacq.) Walp), bem como avaliar o consumo destas por ovinos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Palma Forrageira: cultivo e uso em regiões semiáridas

A palma forrageira tem sido considerada como um recurso forrageiro importante cultivado e utilizado na base alimentar dos rebanhos, especialmente em regiões áridas e semiáridas, chegando a compor até 80% das dietas (MARQUES *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2018). De origem mexicana, a palma pertence à família *Cactaceae*, sendo as espécies do gênero *Opuntia* e *Nopalea* as mais utilizadas na alimentação dos ruminantes devido apresentarem elevado potencial de produção de matéria seca por unidade de área e excelente nível de energia (MARQUES *et al.*, 2017).

A capacidade adaptativa da palma forrageira às condições edafoclimáticas nessas regiões, se deve principalmente aos seus aspectos fisiológicos, tais como: metabolismo fotossintético CAM (Crassulacean Acid Metabolism, o mesmo que Metabolismo Ácido das Crassuláceas), tolerância e resistência à seca e eficiência no uso da água (SILVA *et al.*, 2014). No entanto, assim como as demais plantas CAM, a palma-forrageira mesmo requerendo menos água que outras plantas, necessita de solos bem adubados e manejo correto para obter alta produção por área e boa qualidade (SILVA *et al.*, 2015a).

Em condições de sequeiro, Dubeux Júnior *et al.* (2015) observaram que a palma forrageira teve produtividade de até 30 toneladas por hectare ao ano ( $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ ), enquanto o milho produziu  $1,8t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  nas mesmas condições. Na região semiárida de Pernambuco, verificou-se produtividades anuais da palma forrageira de, aproximadamente,  $55t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  de matéria seca (SANTOS *et al.*, 2011). Sales *et al.* (2013), no entanto, obtiveram nas mesmas condições na Paraíba, uma produtividade de  $35t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  colhidos com 710 dias após o plantio.

Primo (2013), analisando três clones de palma forrageira, verificou que a variedade Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw. (Haw)) apresenta maior tolerância ao estresse hídrico, quando comparada às espécies do gênero *Nopalea* spp. Vale ressaltar, que as alterações sazonais e interanuais das condições do ambiente podem provocar alterações no seu crescimento e desenvolvimento (SILVA *et al.*, 2015a).

Nesse sentido, em cultivo irrigado da palma, mesmo que utilizando uma quantidade mínima de água, torna-se expressivo, chegando a patamares de 250 a  $350t/ha^{-1}/ano^{-1}$ , com densidades de 50 mil plantas por hectare (LIMA *et al.*, 2015). Donato (2014) observou que, utilizando 5 litros de água por metro linear a cada quinze

dias, a palma respondeu positivamente em termos de produtividade. Já Chaves *et al.* (2014) obtiveram resultados positivos com o fornecimento de apenas um litro de água por planta, semanalmente, dividido em duas aplicações, na palma Orelha de Elefante Mexicana, evidenciando que a palma apresenta alta capacidade de aproveitamento da água.

Além das características adaptativas e de tolerância à restrição hídrica, a palma forrageira se destaca em seus atributos nutricionais, por ser um alimento rico em: conteúdo energético (BATISTA *et al.*, 2003; COSTA *et al.*, 2012), carboidratos não-fibrosos (CNF) e matéria mineral (ferro, zinco, potássio e, principalmente, o cálcio) (LIMA *et al.*, 2010; DESSIMONI *et al.*, 2014), sendo, por sua vez, uma forragem de grande representatividade durante o período de seca, devido a sua suculência, por possuir estrutura vegetativa rica em água (GROBLER *et al.*, 2010).

Os valores médios da composição químico-bromatológica da palma forrageira são reportados por vários autores podem ser observadas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Composição química da palma forrageira com base no percentual de matéria seca.

<b>Autores</b>	<b>MS</b>	<b>MO</b>	<b>MM</b>	<b>PB</b>	<b>EE</b>	<b>FDN</b>	<b>CNF</b>	<b>CT</b>
Wanderley (2012)	9,39	87,43	12,57	4,92	2,17	31,87*	50,05**	84,13
Rocha Filho (2012)	11,7	-	12,4	4,8	-	26,87	61,79	-
Pessoa (2013)	9,39	88,08	-	3,82	2,48	20,07*	-	-
Cavalcante <i>et al.</i> (2014)	6,37	84,07	15,94	5,42	2,98	22,05*	-	-
Ramos <i>et al.</i> (2015)	9,15	85,81	14,19	4,50	1,74	27,53	52,04	79,57
Nogueira <i>et al.</i> (2016)	12,92	-	-	5,82	-	31,6	47,1	-
Lima <i>et al.</i> (2017)	10,4	88,6	-	3,5	2,3	37,1	45,7	-
Pessoa <i>et al.</i> (2020)	9,31	89,77	10,23	5,14	1,50	33,14	49,61	82,75
Média	9,83	87,94	13,07	4,74	2,17	29,74	51,05	82,15

MS - Matéria seca; MO - matéria orgânica; MM - matéria mineral; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; FDN - fibra em detergente neutro; CNF - carboidratos não fibrosos; CT - carboidratos totais; \*FDNcp; \*\*CNFcp.

Apesar de apresentar características nutricionais interessantes para a alimentação dos rebanhos, a palma forrageira possui baixos teores de MS, PB e FDN, além disso, apresenta níveis nutrientes digestíveis totais variando entre 61,79% e 62% (ROCHA FILHO, 2012; SALLA *et al.*, 2013; AGUIAR *et al.*, 2015; PEIXOTO *et al.*, 2018).

Os baixos níveis de FDN são verificados para diferentes gêneros de palma forrageira e, por isso, devem ser considerados, uma vez que os ruminantes necessitam em sua dieta de uma quantidade mínima de FDN de 25% e de 19% de FDN efetiva (ALVES *et al.*, 2016). Neste sentido, Rodrigues *et al.* (2016) recomendam a associação com fontes de proteína e volumosos secos, já que a baixa quantidade de fibra que é encontrada na cactácea não é favorável para o funcionamento ruminal adequado. Segundo Almeida (2012), é necessário que a palma forrageira seja fornecida em conjunto com um volumoso fibroso (feno, silagem, palhada, por exemplo), além de suplementação proteica, conseguindo assim, evitar distúrbios digestivos.

Por outro lado, contém altos teores de pectina e de carboidratos totais (CT), principalmente os não fibrosos (CNF), o que lhe caracteriza como um alimento rico em energia, tornando-a apta para ser utilizada em conjunto com outras plantas forrageiras, desde que as demais plantas forneçam os nutrientes limitantes na cactácea, para que tal mistura atue como reserva estratégica de alimentos (GRÜN WALDT *et al.*, 2015). Assim, também importante atentar à forma como a palma forrageira é utilizada nas rações e a combinação com os demais ingredientes, pois caso contrário, pode ocasionar redução do consumo de matéria seca pelo animal, acarretando baixo desempenho e perda de peso devido a distúrbios metabólicos (WANDERELEY *et al.*, 2002).

Nesse sentido, vale ressaltar que além de poder ser fornecida *in natura* ou farelada (ALMEIDA, 2012), outra estratégia pertinente pode ser utilizada devido a sua composição química: a produção de silagem de palma, com alto potencial a ser utilizada na alimentação animal, especialmente em regiões com escassez hídrica e alimentar (MACÊDO *et al.*, 2017).

## **2.2. Silagem de palma forrageira associada à leguminosas**

A combinação da silagem de palma forrageira com leguminosas tem, principalmente, o intuito de melhorar sua composição nutricional e aspectos fermentativos, por meio da complementação da palma forrageira (elevadas concentrações de carboidratos solúveis) com as leguminosas (altos teores proteicos e de matéria seca) (BRITO, 2018).

Ao analisar a composição nutricional da silagem mista de palma forrageira com feno de leguminosa, Gusha, Halimanib e Ngongonib *et al.* (2013) observaram resultados satisfatórios, em relação às características das silagens fornecidas: variação

do pH de 4,0 a 4,23 (devido a concentração de açúcares solúveis da palma forrageira) e consequente aumento da concentração de íons de hidrogênio (inibindo as bactérias deletérias). Os autores verificaram, ainda, oscilação dos teores de MS de 37 a 43%, sendo indicativo que a palma pode ser ofertada na silagem aos ruminantes, promovendo um consumo satisfatório sem efeitos laxativos.

Gusha *et al.* (2015), ao avaliar desempenho de ovinos alimentados com silagem na forma de ração completa à base de palma (70%) e leguminosas (30%), encontraram consumo de MS variando de 0,722 a 0,805 kg de MS/animal/dia. Enquanto Matias (2019), utilizando silagem à base de palma forrageira associada a níveis de maniçoba (25; 50; 75 e 100%) na alimentação de caprinos da raça Canindé observou consumos de matéria seca entre 0,957 a 1,220 kg/dia.

### **2.3. Glicírdia: potencial de complementaridade**

A *Glicírdia sepium* (Jacq.) Steud., pertence à família Fabaceae, conhecida como gliricírdia, é uma leguminosa arbórea e resistente à seca, que vem sendo considerada uma forrageira de interesse comercial e econômico no Semiárido nordestino, devido suas características de uso múltiplo (MARIN; MENEZES; SALCEDO, 2007; EDVAN *et al.*, 2016).

Segundo Matos *et al.* (2005), trata-se de uma forrageira pouco exigente à fertilidade do solo, possuindo melhor desenvolvimento em regiões com clima quente, onde os meses mais frios apresentam temperatura mínima de 14 °C a 20 °C e nos meses mais quentes de 34 °C a 41 °C. A leguminosa tem capacidade de rebrota, suportando cortes periódicos (até três cortes ao ano) e produzindo volumoso de qualidade em condições de baixa disponibilidade hídrica (MARIN *et al.*, 2007; PAULINO *et al.*, 2011; EDVAN *et al.*, 2016).

Ao avaliarem a composição das folhas da gliricírdia, Costa *et al.* (2009) constataram os seguintes teores médios: 23,1% de MS, 24,1% de PB, 38,8% de FDN e 24,3% de FDA. Em relação ao teor de PB, especialmente, é válido ressaltar que estudos indicam que os teores de PB podem variar de 13 a 30%, em função do tipo de solo e manejo adotado (COSTA *et al.*, 2009; MENDES *et al.*, 2010; PACHECO *et al.*, 2013). De modo geral, o teor de PB destaca-se por se apresentar acima dos 7%, que o mínimo é necessário para garantir uma fermentação ruminal adequada em ruminantes, conforme

Sampaio *et al.* (2009). Além do elevado teor proteico, a referida leguminosa apresenta altos valores de fibra (45% de FDN) e de cálcio (1,7%) (GAMA *et al.*, 2009).

Contudo, a gliricídia possui reduzida aceitabilidade pelos animais quando utilizada na forma *in natura*, devido ao odor característico das folhas verdes em função da liberação de compostos voláteis (COSTA *et al.*, 2009). Desse modo, para evitar problemas com relutância em relação ao consumo, o fornecimento da gliricídia requer alternativas como: um tempo para adaptação dos animais ou algum tipo de conservação, como a fenação ou a ensilagem, assim, a leguminosa passa a ser bem consumida pelos ruminantes (SANTANA NETO *et al.*, 2015).

Desse modo, Conceição (2017) acrescenta a informação de que a gliricídia também pode ser adicionada a silagens de outras espécies forrageiras, apresentado efeitos positivos sobre a qualidade final do material ensilado.

#### 2.4. Feno de gliricídia associado à silagem de palma forrageira

A conservação da forragem pelo método de fenação, requer que as alterações durante a secagem, recolhimento e armazenamento sejam observadas de forma rigorosa, uma vez que influenciam de forma significativa na composição química, ingestão e digestibilidade da forragem pelos animais (JOBIM *et al.*, 2007).

Sobre o ponto ideal de umidade da forrageira para a confecção de feno, Evangelista e Lima (2013) observaram que o momento ideal é quando a planta apresenta o teor entre 10 e 18%. Conforme Zanine e Diniz (2006), quanto mais rápido a leguminosa se desidrata, menores serão as chances de deterioração, favorecendo assim a qualidade nutritiva do feno.

Em relação à fenação da gliricídia, assim como os outros fenos de leguminosas são, consideravelmente, superiores aos de gramíneas em relação ao teor proteico (EVANGELISTA; LIMA, 2013), podendo reduzir a suplementação concentrada da ração (BAYÃO *et al.*, 2016). Na Tabela 2, são apresentados teores de MS e dos nutrientes encontrados no feno de gliricídia.

**Tabela 2** - Composição química-bromatológica do feno de *Gliricídia sepium*.

<b>Autores</b>	<b>MS</b>	<b>MO</b>	<b>MM</b>	<b>PB</b>	<b>EE</b>	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>CNF</b>
Pacheco <i>et al.</i> (2014)	82,53	-	9,36	13,9	12,33	38,56	25,42	64,41
Bayão <i>et al.</i> (2016)	91,24	93,52	-	18,64	5,55	49,86*	-	19,47

MS – Matéria seca; MO - matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; CNF – carboidratos não fibrosos; CT – carboidratos totais; \*FDNcp – fibra em detergente neutro, corrigida para cinzas e proteína.

Desse modo, Muniz *et al.* (2009) não constataram diferença no peso final em cordeiros confinados e alimentados com feno de gliricídia mais concentrado e cordeiros alimentados com concentrado, obtendo peso final de 52,2 e 52,8 kg, respectivamente. Cirne *et al.* (2012), estudaram as características produtivas de cordeiros em confinamento, observaram que a suplementação com o feno da gliricídia não influenciou o consumo, o peso vivo inicial e final, porém apresentaram melhor eficiência alimentar.

Em vista, conforme a composição o feno de gliricídia, é possível inferir que este pode ser adicionado a silagens, no intuito de reduzir as perdas, melhorando o valor nutritivo e as características fermentativas e sensoriais das silagens (PACHECO *et al.*, 2013). Ainda, feno pode atuar como um material absorvente, uma vez que sua adição aumenta o teor de matéria seca da forragem a ser ensilada (GONÇALVES *et al.*, 2007; SÁ *et al.*, 2007; TAVARES *et al.*, 2009), e diferentemente do feno de capim, o feno de gliricídia facilita a compactação do material ensilado (PACHECO, 2010).



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALMEIDA, R.F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 08- 14, 2012.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricídia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.10, p.1287-1293, 2001.

BATISTA, A. M.; MUSTAFA, A. F.; MCALLISTER, T.; WANG, Y.; SOITA, H.; MCKINNON, J. J. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.83, n.5, p.440-445, 2003.

BAYÃO, G. F. V.; EDVAN, R. L.; CARNEIRO, M. S. S.; FREITAS, N. E.; PEREIRA, E. S.; PACHECO, W. F.; BEZERRA, L. R.; ARAÚJO, M. J. Desidratação e composição química do feno de *Leucena leucocephala* e *Gliricídia (Gliricídia sepium)*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n.3, p. 365-373, 2016.

BHARAT, M. R.; BHURAT, M.R.; KAWATIKWAR, P.S.; SANGHAVI, R.S.; UMARKAR, A.R.; SALUNKHE, P.A. Isolation and characterization of remusatia vivipara tubers mucilage. **International Journal of Pharmacy and Biological Sciences**, v.1, p.457-461, 2011.

BRITO, G. S. M. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L.; OLIVEIRA, J. S., MOURA ZANINE, A., PERAZZO, A. F.; CAMPOS, F. S.; LIMA, A. G. V. O.; CAVALCANTI, H. S. Mixed silages of cactus pear and gliricídia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**. v.10, p.1-13, 2020.

CARVALHO FILHO, O. M.; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P.H. *Gliricídia sepium* – leguminosa promissora para regiões semiáridas. Petrolina: EMBRAPA CPATSA, 16 p., (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnico, 35), 1997.

CHAVES; V. R., NUNES; L. R. L., VASCONCELOS, E. C. Efeito da frequência de irrigação no desenvolvimento fisiológico da palma Orelha de Elefante Mexicana, do gênero *Opuntia*. In: **IX Congresso de Pesquisa e Extensão da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica**. Anais, São Luís, MA, 2014.

CIRNE, L.G.A.; BARONI, M.R.; OLIVEIRA, G.J.C.; JAEGER, S.M.P.L.; BAGALDO, A.R.; LEITE, M.C.P.; MARQUES, J.A.; CARVALHO, G.G.P. Características de carcaça e de não componentes da carcaça de cordeiros suplementados com sal forrageiro de *Gliricídia*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.1, p.289-293, 2013.

CONCEIÇÃO, J. M. da. *Gliricídia Sepium*: produtividade, composição químico bromatológica e características de fermentação da silagem. 52 f. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)** – Universidade Federal de Sergipe, 2017.

ÇÜREK, M.; ÖZEN, N. Feed Value of Cactus and Cactus Silage. **Turkish Journal of Veterinary and Animal**, v.28, p.633-639, 2004.

DESSIMONI, G. V.; BATISTA, A.G.; BARBOSA, C.D.; PINTO, N.A.V.D. Composição bromatológica, mineral e fatores antinutricionais da palma forrageira. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.8, n.3, p.51-55, 2014.

DONATO, P. E. R., PIRES, A. J. V., DONATO, S. L. R., BONOMO, P., SILVA, J.; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.151-158, 2014.

DRIEHUIS, F.; WIKSELAAR, P.G.V. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high-dry-matter grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.718, p.5-7, 2000.

DUBEUX JÚNIOR., J.C.B., DOS SANTOS, M.V.F, DE MELO, A.C.L., VIEIRA DA CUNHA, M., DE A. FERREIRA, DOS SANTOS, D.C., DE. LIRA, M. AND DA C. SILVA, M Forage potential of cacti on drylands. **Acta Horticulturae (ISHS)**, Leuven, v. 1 n. 1067-24, p. 181-186, 2015.

EDVAN, R. L.; CARNEIRO, M. S. de; SILVA, S. E. B. da; ALBUQUERQUE, D. R.; PEREIRA, E. S.; BEZERRA, L. R.; SILVA, A. L. da; ARAÚJO, M. J. de. Análise de crescimento da gliricídia submetida a diferentes manejos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, n. 250, p. 166, 2016.

EDVAN, R. L.; CARNEIRO, M. S. de; SILVA, S. E. B. da; ALBUQUERQUE, D. R.; PEREIRA, E. S.; BEZERRA, L. R.; SILVA, A. L. da; ARAÚJO, M. J. de. Análise de crescimento da gliricídia submetida a diferentes manejos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, n. 250, p. 166, 2016.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. Produção de feno. **Informe Agropecuário**, v. 34, n.277, p.43-52, 2013.

FLUCK, A.C.; SCHAFHÄUSER JÚNIOR, J.; ALFAYA JÚNIOR, H.; COSTA, O.A.D.; FARIAS, G.D.; SCHEIBLER, R.B.; RIZZO, F.A.; MANFRON, J.A.S.; FIOREZE, V.I.; RÖSLER, D.C. Composição química da forragem e do ensilado de azevém anual em função de diferentes tempos de secagem e estádios fenológicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.70, n.6, p.1979-1987, 2018.

GROBLER, S. M.; DEARLOVE, K.; SCHOLTZ, M. M. Palatability of Opuntia varieties available in South Africa for dryland sheep. **South African Journal of Animal Science**, v.40, n.5, p.495-498, 2010.

GUSHA, J.; HALIMANIB, T.E.; NGONGONIB, N.T.; NCUBEC, S. Effect of feeding cactus-legume silages on nitrogen retention, digestibility and microbial protein synthesis in goats. **Animal Feed Science and Technology**, p.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.

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

KIM, J. H.; LEE, H.J.; PARK, Y.; RA, K.S. Mucilage removal from cactus cladodes (*Opuntia humifusa* Raf.) by enzymatic treatment to improve extraction efficiency and radical scavenging activity. **Food Science and Technology**, v.51, p.337-342, 2013.

LIMA, G.F.C.; SILVA, J.G.M.; AGUIAR, E.M.; TELES, M.M. Reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido: palma, fenos e silagem. **EMPARN**, Natal. 53p. 2010.

LIMA, G.F.C.; WANDERLEY, A.M.; GUEDES, F.X.; REGO, M.M.T.; DANTAS, F.D.G.; SILVA, J.G.M.; NOVAES, L.P.; AGUIAR, E.M. Palma Forrageira irrigada e adensada: uma reserva Forrageira estratégica para o Semiárido Potiguar. **EMPARN**. Parnamirim, Rio Grande do Norte. 62p 2015.

LIMA, J. A. Qualidade e valor nutritivo da silagem mista de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e soja (*Glycine max* (L.) Merrill), com e sem adição de farelo de trigo. 69f. Dissertação (**Mestrado em Zootecnia**) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

LOPES, E. B. Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no Semiárido nordestino. João Pessoa: **EMEPa-PB**. 2012.

MACEDO, A.J.S.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F. Produção de silagem na forma de ração à base de palma: Revisão de Literatura, **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 18, n. 9, p. 1-11. 2017.

MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F., ANTONIOLLI, Z. I. Trichoderma no Brasil: o fungo e o bioagente: **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p. 274-288. 2012.

MARIN, A.M.P.; MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de Gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.5, p.669-677, 2007.

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S. P.; MOURTHÉ, M. H. F.; BRAZ, T. G. S.; PIRES NETO, O. S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Cadernos de Ciência Agrária**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MATIAS, A.G.S. perfil fermentativo e nutricional de silagens compostas de palma forrageira e maniçoba para caprinos. 59p. Dissertação (**Mestrado em Ciência Animal**). Programa de Pós-Graduação da Universidade Vale do São Francisco –UNIVASF, Petrolina-PE, 2019.

McDONALD, P. The biochemistry of silage. New York: John Wiley, 207p, 1981.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. Biochemistry of silage. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.

MCITEKA, H. Fermentation characteristics and nutritional value of *Opuntia ficus indica* var *fuscaulis* cladode silage. 113 f. TESE. (Unpublished Msc). University of the Free State, South Africa. 2008.

MOKOBOKI, K.; SEBOLA, N.; MATLABE, G. Effects of molasses levels and growing conditions on nutritive value and fermentation quality of *Opuntia cladodes* silage. **Journal of animal and Plant Sciences**, v. 28, n. 3, p. 4488–4495, 2016.

MUNIZ, E.M.; RANGEL, J. H. A.; SÁ, C.O. de; SÁ, J.L. de; SANTOS, D. O.; SILVA, A. V. C. Utilização de feno de gliricídia (*Gliricídia sepium* (Jacq. Walp) na alimentação de cordeiros Santa Inês. In: ALPA, San Juan - Puerto Rico. **Anais**. San Juan - Puerto Rico. p.213-216, 2009.

NEGRÃO, F.M.; ZANINE, A.M.; SOUZA, A.L.; CABRAL, L.S.; FERREIRA, D.J.; DANTAS, C.C.O. Perdas, perfil fermentativo e composição química das silagens de capim *Brachiaria decumbens* com inclusão de farelo de arroz. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n.1, p.13-25, 2016.

NOGUEIRA, M.S.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.L.; PINHO, R.M.A.; NUNES, C.S.S.M.; PARENTE, H.N. 'Ensilagem de Palma Forrageira'. In: SANTOS, E.M.; PARENTE, H.N.; OLIVEIRA, I.S.; PARENTE, M.O.M. (Org.), Ensilagem de Plantas Forrageiras para o Semiárido, **EDUFMA**, São Luiz, MA, 2016.

NUSSIO, L. G.; RIBEIRO, J. L. Alternativas Alimentares para ruminantes II. In: Silagem de capim: Potencial e limitações. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, p. 53-80, 2008.

NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. In.: Reunião Anual da sociedade Brasileira de Zootecnia, 39., 2002. Recife. **Anais**, Recife: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, p.60-99, 2002.

OLIVEIRA, J. P. F. DE; FERREIRA, M. A.; ALVES, A. M. S. V.; MELO, A. C. C. DE; ANDRADE, I. B. DE; URBANO, S. A.; SUASSUNA, J. M. A.; BARROS, L. J. A. DE; MELO, T. T. B. Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement for sugarcane. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, v. 31, p. 529-536, 2018.

PACHECO, C. C. Dieta total ensilada contendo palma forrageira em substituição ao farelo de sorgo. 55f. Dissertação (**Mestrado em Zootecnia**) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2018.

PACHECO, W.F. Parâmetros físicos, perfil fermentativo e composição química de silagem de *Pennisetum purpureum* com feno de *Gliricídia sepium*. 56f. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Depto. de Zootecnia, Fortaleza, 2010.

PACHECO, W.F.; CARNEIRO, M.S.S.; EDVAN, R.L.; ARRUDA; P.C.L.; CARMO, A.B.R. Valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Shum)

com feno de gliricídia (*Gliricídia sepium* (Jacq.) Walp). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, n.2, p.240–246, 2013.

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 (*Gliricídia sepium*). **Acta Veterinária Brasília**, v. 8, n. 3, p. 155-162, 2014.

PAULINO, G. M.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; COSTA, G. S.; ARAÚJO CARNEIRO, J.G. Desempenho da gliricídia no cultivo em aleias em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.4, p.781-789, 2011.

PEIXOTO, M. J. A.; CARNEIRO, M. do S. de S.; AMORIM, D. S.; EDVAN, R. L.; PEREIRA, E.S.; COSTA, M.R.G.F. Características agronômicas e composição química da palma forrageira em função de diferentes sistemas de plantio. **Archivos de Zootecnia**, v. 67, n. 257, p. 35-39, 2018.

PERAZZO, A., F.; SANTOS, F., N., S.; SANTOS, E., M.; OLIVEIRA, J., S.; PINHO, R., M., A.; SILVA, M., A. Produção de forrageiras no Semiárido brasileiro. Ensilagem no Nordeste do Brasil. São Luiz: **EDUFMA**, v.1, p. 29-86. 2019.

PRIMO J. T. A. Dinâmica de água no solo e eficiência no uso de água em clones de palma forrageira no Semiárido Pernambucano. 106f. (**Dissertação mestrado**). Universidade Federal do Pernambuco. Serra Talhada – PE. 2013.

QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro. Petrolina-PE: **Embrapa Semiárido**, Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. Fatores que afetam o consumo de forragens conservadas. In: JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M.W. (Eds.). Produção e utilização de forragens conservadas. Masson, Maringá, PR. p. 9-40, 2008.

RIBEIRO, E. M. O.; SILVA, N. H. da; LIMA FILHO, J.L. de; BRITO, J.Z. de; SILVA, M. da P. C. da. Study of carbohydrates present in the cladodes of *Opuntia ficus-indica* (fodder palm), according to age and season. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 933–939, 2010.

RIBEIRO, J. L., NUSSIO, L. G., MOURÃO, G. B., QUEIROZ, O. C. M., SANTOS, M. C., SCHMIDT, P., Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, 230- 239. 2009.

ROCHA FILHO, R. R. Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes. 2012. 74f. Tese (**Doutorado em Zootecnia**) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

RODRIGUES, A. M.; PITACAS, FI; REIS, CMG; BLASCO, M. Nutritional value of *Opuntia ficus-indica* cladodes from 70 portuguese ecotypes. **BuLIGarian. Journal of Agricultural Science**, v. 22, p. 40- 45, 2016.

SÁ, C.R.L.; NEIVA, J.N.M.; GONÇALVES, J. de S.; CAVALCANTE, M.A.B. Composição bromatológica e características fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) com níveis crescentes de adição do subproduto da Manga (*Mangifera indica* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.199-203, 2007.

SALES, A. T.; LEITE, M. L. M. V.; ALVES, A. Q.; RAMOS, J. P. F.; NASCIMENTO, J. P. Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no Curimatú Paraibana. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, p. 19-24, 2013.

SALLA, L. E.; FERREIRA, M. DE A.; VÉRAS, A. S. C.; COSTA, S. B. DE M., CONCEIÇÃO, M. G. DA, SILVA, E. C. DA, SALLA, L. E.; SOUZA, A. R. D. L. Diferentes fontes de fibra em dietas a base de palma forrageira na alimentação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 4, 2013.

SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; LAZZARINI, I.; SOUZA, M.A.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.560-569, 2009.

SANTANA NETO, J. A.; OLIVEIRA, V.S.; VALENÇA, R. L. Leguminosas adaptadas como alternativa alimentar para ovinos no semiárido – revisão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.14, n.2, p.191-200, 2015.

SANTOS, P.M.; VOLTOLINI, T.V.; CAVALCANTE, A.C.R.; PEZZOPANE, J.R.M.; MOURA, M.S.B.; SILVA, T.G.F.; BETTIOL, G.M.; CRUZ, P.G. Global climatic changes and animal production: future scenarios for the Brazilian tropical semiarid. **Revista Caatinga**. v.4, p.1176–1196, 2011.

SEPÚLVEDA, E.; SÁENZ, C.; ACEITUNO, C. Extraction and characterization of mucilage in *Ziziphus mauritiana* Lam. **Journal of Arid Environments**, p. 534–545, 2007.

SILVA, A. E. M.; LIRA, A. T.; FERREIRA, M. A.; BARROS, L. J. A.; MELO, T. T. B.; SIQUEIRA, T.D. Q.; SOARES, L. F. P.; COSTA, C. T. F. Bagaço de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo em dietas para ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.16, n.1, p.118-129 jan/mar., 2015.

SILVA, M. G. T. Uso da palma forrageira e fenos de leguminosas na alimentação de ovinos em confinamento. **Dissertação (Mestrado)**-Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, Campus Macaíba. Depto. de Zootecnia, Rio Grande do Norte, 2014.

SILVA, N. C. D; MARTINS, T. L. M.; BORGES, I. Macrominerais: deficiências e interações com a produção e nutrição de ruminantes. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 3, jul./set., p. 263-271, 2018.

SILVA, V.L.; COSTA, L.S.; BASTOS, M.P.V.; FACURI, L.M.A.M.; RÊGO JÚNIOR, N.O.; SILVA, M.V. Caracterização físico-química e bioquímica do farelo de palma forrageira redonda (*Opuntia fícus*) utilizado na alimentação de ruminantes. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia –PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 2, Ed. 149, Art.1002, 2011.

STINTZING, F. C. E CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.49, p.175 – 194, 2005.

TAVARES, V. B., PINTO, J. C., EVANGELISTA, A. R., FIGUEIREDO, H. C. P., ÁVILA, C. L. da S., DE LIMA, R. F. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-Tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.40-49, 2009.

TAVARES, V.B.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; FIGUEIREDO, H.C.P.; ÁVILA, C.L.S.; LIMA, R.F. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.40-49, 2009.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminants. 2.ed. **Ithaca**: Cornell University, 476p, 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. 74. 3583-3597. 1991.

VIEIRA, E.L.; BATISTA, A.M.V.; GUIM, A.; CARVALHO, F.F.; NASCIMENTO, A.C.; ARAÚJO, R.F.S.; MUSTAFA, A.F. Effects of hay inclusion on intake, in vivo nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.141, n.4, p.199–208, 2008.

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. de A.; ANDRADE, D. K. B. de; VÉRAS, A. S. C.; LIMA, L. E. de; DIAS, A. M. de A. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à 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. de A.; ANDRADE, D. K. B. Palma forrageira (*Opuntia ficu-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 273-281, 2002.

WIKSELAAR, P.G.V. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high-dry-matter grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.718, p.5-7, 2000.

ZANINE, A.M.; DINIZ, D. Qualidade, conservação, método de cura, relação folha: caule e consumo de feno de gramíneas tropicais. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.7, n.9, p.1-7, 2006.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; DOREA, J.R.R.; DANTAS, P.A.S.; SILVA, T.C.; PEREIRA, O. Evaluation of elephant grass with addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2611-2616, 2010.

## CAPÍTULO 1

### **Perfil fermentativo e composição química de silagens de palma forrageira associada a diferentes níveis de inclusão de feno de gliricídia**

**Resumo:** O objetivo desta pesquisa foi avaliar o perfil fermentativo e nutricional das silagens compostas com palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.) associada a níveis de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*), por meio da estabilidade aeróbia, perfil fermentativo, composição químico-bromatológica, bem como pelo consumo de matéria seca e nutrientes, coeficientes de digestibilidade da matéria seca e nutrientes, e balanço hídrico de ovinos alimentados com as silagens. Para tanto, dois ensaios experimentais foram realizados. No primeiro ensaio, os tratamentos foram compostos por silagem de palma associado a níveis de feno de gliricídia nas proporções de 0, 10, 20, 30 e 40%; em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições. No segundo ensaio, foram utilizados vinte ovinos sem padrão racial definido, não castrados, com peso corporal médio inicial de 18,0 kg  $\pm$  1Kg, confinados em baias individuais providas de comedouro, bebedouro e saleiro por 15 dias, com 11 para adaptação dos animais as baias, as dietas e as ofertas hídricas e 4 dias para coletas de amostras e dados. Quatro dietas contendo palma forrageira (associada a diferentes níveis de feno de gliricídia: 10; 20; 30 e 40% foram utilizadas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. No primeiro ensaio, observou-se que os níveis de feno de gliricídia na silagem a base de palma forrageira influenciaram parâmetros do perfil fermentativo e da composição química das silagens, promovendo efeito: a) crescente para: tendência e elevação do pH (P=0,002), matéria seca (MS) (P<0,001), matéria mineral (P<0,001), carboidratos fibrosos (CF) (P<0,001), fibra em detergente ácido (FDA) (P=0,001), boro (P<0,001); b) linear decrescente para: perdas por gás (P<0,001), pH máximo (P=0,018), carboidratos não fibrosos (CNF) (P<0,001), cálcio (P<0,001), potássio (P<0,001), magnésio (P<0,001), ferro (P<0,001), manganês (P<0,001); e c) quadrático para: densidade (P=0,001), perdas por efluentes (P<0,001), recuperação de matéria seca (P=0,014), temperatura (P<0,001); pH (P<0,01); N-NH<sub>3</sub> (P=0,010); capacidade tamponante (P<0,001); tempo para atingir a temperatura máxima (P<0,001); diferença máxima de temperatura da silagem em relação ao ambiente (P=0,009), somatório da diferença da temperatura da silagem em relação a do ambiente (P=0,001) e estabilidade aeróbia das silagens (P=0,002), hemicelulose (P=0,001), proteína bruta (PB) (P<0,001), fibra em detergente neutro (FDN) (P<0,001), fósforo (P=0,012), sódio (P=0,001), e zinco (P=0,001). No segundo ensaio, observou-se que as silagens influenciaram parâmetros inerentes ao consumo e a digestibilidade de matéria seca e de nutrientes por ovinos alimentados com as silagens mistas, promovendo efeito: a) linear crescente para digestibilidade da FDN (P=0,044); b) linear decrescente para: consumo de água via alimento (P<0,001), consumo de água total (P<0,001), excreção de água via fezes (P=0,041), excreção de água via urina (P=0,003) e excreção de água total (P<0,001); e c) quadrático para: consumo de MS em g.kg<sup>-1</sup> (P=0,015), consumo de MS em %PC (P=0,031), consumo de MS em g/Kg<sup>0,75</sup> (P=0,024), consumo de matéria orgânica (P=0,012), consumo de FDN (P=0,006), consumo de carboidratos totais (P=0,012), consumo de CNF (P=0,006), digestibilidade de PB (P=0,044). A inclusão de feno de gliricídia entre os níveis 20 a 30% na silagem a



base de palma forrageira propiciou melhoria na composição química e nos parâmetros fermentativos das silagens mistas avaliadas.

**Palavras-chave:** ensilagem, conservação de forragem, *Gliricidia sepium*, *Opuntia ficus indica* Mill., Semiárido.

## CHAPTER 1

### **Fermentative profile and chemical composition of forage palm silages associated with different levels of inclusion of gliricidia**

**Abstract:** The objective of this research was to evaluate the fermentative and nutritional profile of silages composed with forage cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill.) associated with levels of gliricidium hay (*Gliricidia sepium*), through aerobic stability, fermentative profile, chemical-bromatological composition, as well as for the consumption of dry matter and nutrients, digestibility coefficients of dry matter and nutrients, and water balance of sheep fed with silages. For this, two experimental trials were carried out. In the first trial, treatments were composed of palm silage associated with levels of gliricidium hay in the proportions of 0, 10, 20, 30 and 40%; in a completely randomized design (DIC) with five replications. In the second trial, twenty non-castrated undefined breed sheep with average initial live weight of 18.0 kg were used, confined in individual pens provided with a feeder, drinker and salt shaker for 15 days, with 11 to adapt the animals to the pens, diets and water offerings and 4 days for sample and data collection. Four diets containing forage cactus pear (associated with different levels of gliricidium hay: 10; 20; 30 and 40%) were used. The experimental design was completely randomized, with four treatments and five replications. In the first trial, it was observed that the levels of gliricidium hay in silage based on forage cactus pear influenced parameters of the fermentative profile and chemical composition of the silages, promoting an effect: a) linear increase for: pH upward trend ( $P = 0.002$ ), dry matter (DM) ( $P < 0.001$ ), mineral matter ( $P < 0.001$ ), fibrous carbohydrates (CF) ( $P < 0.001$ ), acid detergent fiber (FDA) ( $P = 0.001$ ), boron ( $P < 0.001$ ); b) linear decreasing for: gas losses ( $P < 0.001$ ), maximum pH ( $P = 0.018$ ), non-fibrous carbohydrates (CNF) ( $P < 0.001$ ), calcium ( $P < 0.001$ ), potassium ( $P < 0.001$ ), magnesium ( $P < 0.001$ ), iron ( $P < 0.001$ ), manganese ( $P < 0.001$ ); and c) quadratic for: density ( $P = 0.001$ ), effluent losses ( $P < 0.001$ ), dry matter recovery ( $P = 0.014$ ), temperature ( $P < 0.001$ ); pH ( $P < 0.01$ ); N-NH<sub>3</sub> ( $P = 0.010$ ); buffering capacity ( $P < 0.001$ ); time to reach the maximum temperature ( $P < 0.001$ ); maximum difference in temperature of the silage in relation to the environment ( $P = 0.009$ ), sum of the difference in the temperature of the silage in relation to the environment ( $P = 0.001$ ) and aerobic stability of the silages ( $P = 0.002$ ), total digestible nutrients ( $P < 0.001$ ), hemicellulose ( $P = 0.001$ ), crude protein (PB) ( $P < 0.001$ ), neutral detergent fiber (NDF) ( $P < 0.001$ ), phosphorus ( $P = 0.012$ ), sodium ( $P = 0.001$ ), and zinc ( $P = 0.001$ ). In the second test, it was observed that the silages influenced parameters inherent to the consumption and digestibility of dry matter and nutrients by sheep fed with mixed silages, promoting effect: a) increasing linear for NDF digestibility ( $P = 0.044$ ); b) decreasing linear for: water consumption via food ( $P < 0.001$ ), total water consumption ( $P < 0.001$ ), water excretion via faeces ( $P = 0.041$ ), urine water excretion ( $P = 0.003$ ) and total water excretion ( $P < 0.001$ ); and c) quadratic for: consumption of DM in  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $P = 0.015$ ), consumption of DM in% PC ( $P = 0.031$ ), consumption of DM in  $\text{g}/\text{Kg}^{0.75}$  ( $P = 0.024$ ), consumption of matter organic ( $P = 0.012$ ), NDF consumption ( $P = 0.006$ ), total carbohydrate consumption ( $P = 0.012$ ), CNF consumption ( $P = 0.006$ ), PB digestibility ( $P = 0.044$ ). The inclusion of gliricidium hay between levels 20 to 30% in silage based on forage cactus pear provided an improvement in the chemical composition and fermentation parameters of mixed silages evaluated.

**Keywords:** silage, forage conservation, *Gliricidia sepium*, *Opuntia ficus indica* Mill., Semiarid.

## 1. INTRODUÇÃO

Visando garantir uma produção animal sustentável, estratégias alimentares para os rebanhos em períodos de escassez de forragem têm sido analisadas e adotadas a fim de atender as necessidades produtivas dos animais ao longo do ano, de forma econômica e viável à realidade de cada propriedade. Onde, tem-se na silagem de palma forrageira uma nova alternativa de alimentação animal para a região Nordeste brasileira (MACÊDO *et al.*, 2017).

Algumas plantas forrageiras são muito promissoras para a região semiárida, como é o caso da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.) que apresenta características morfofisiológicas que lhe conferem adaptação às condições edafoclimáticas, elevado potencial de produção por unidade de área, alto valor nutritivo e conteúdo de água (COSTA *et al.*, 2016; MORAES *et al.*, 2017), atendendo inclusive, grande parte das necessidades hídricas dos rebanhos nessa região.

Considerada por muitos um alimento volumoso, a palma apresenta alto teor de carboidratos não fibrosos (CNF) em sua composição, aproximadamente 48,55% (DONATO *et al.* 2014), sendo uma importante fonte de energia para os ruminantes, entretanto, o seu uso exclusivo não é recomendado devido à apresentar baixa concentração de fibra e proteína. Na perspectiva de complementariedade nutricional da palma forrageira, recomenda-se associá-la com uma fonte de alimento que apresente teores mais elevados de fibra fisicamente efetiva e de proteína, pois são indispensáveis ao adequado funcionamento do rúmen do animal, melhorando a digestibilidade dos nutrientes (WANDERLEY *et al.*, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2016).

Visando complementar a silagem de palma, o feno de gliricídia (*Gliricídia sepium*) foi utilizado como alternativa de fonte fibrosa e proteica, promovendo o aumento para níveis adequados da matéria seca (30-35%), do teor de fibra (FDN e FDA) e da proteína bruta (acima de 20%) (CABRAL JUNIOR *et al.*, 2007) da mistura, consequentemente, elevando a eficiência do processo de ensilagem.

Para que haja uma boa fermentação das forragens, o elevado teor de CNF presente na palma é essencial, pois são utilizados como substrato pelas bactérias presentes no meio, que convertem esses carboidratos em ácidos orgânicos (principalmente em ácido lático) conservando o material ensilado pela acidificação do meio (MACÊDO, 2017).

Entretanto, o feno de gliricídia, por ser uma leguminosa, apresenta características apontadas como limitantes do processo fermentativo, podendo ocasionar fermentações indesejáveis da silagem, reduzindo o valor nutricional.

Assim, neste capítulo estão apresentados os métodos e resultados referentes a composição química, perfil e perdas fermentativas das silagens de palma forrageira com inclusão de diferentes porcentagens de feno de gliricídia.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Avaliar a estabilidade aeróbica e a qualidade da silagem a base de palma forrageira com diferentes níveis de adição de feno de gliricídia.

### **2.2. Específicos**

Avaliar o efeito de diferentes níveis de adição de feno de gliricídia no perfil fermentativo, na estabilidade aeróbia e na composição químico-bromatológica da silagem a base de palma forrageira após 45 dias da ensilagem.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Período experimental e local**

O experimento foi conduzido no período de maio a julho de 2019, em duas localidades, sendo uma na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (latitude 9° 8' 8,9" S, longitude 40° 18' 33,6" O, altitude 373 m) no setor de Metabolismo Animal, onde foram colhidas as forrageiras em estudo e confeccionados os silos experimentais. Já a abertura destes foi realizada no Laboratório de Forragicultura da Universidade do Vale do São Francisco (UNIVASF) (latitude 9° 19' 08" S, longitude 40° 33' 47" O, altitude 398 m), Petrolina – PE.

Conforme a classificação de Köppen, o clima de ambos os locais é Semiárido do tipo BSw<sup>h</sup>, caracterizados pela escassez e irregularidade das precipitações, com chuvas no verão e forte evapotranspiração em consequência das altas temperaturas.

Durante o período experimental, as médias de temperatura e umidade relativa do ar foram de 25,51°C e 63,87, respectivamente, com média de evapotranspiração de 3,51 mm (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2019).

### 3.2. Tratamentos experimentais e delineamento

Foram produzidas cinco silagens diferentes, contendo 0%, 10%, 20%, 30% e 40% de feno de gliricídia (*Gliricídia sepium*) na matéria natural da palma (*Opuntia ficus indica* Mill), em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com cinco repetições para cada tratamento.

### 3.3. Produção das silagens

A palma forrageira e a gliricídia para a produção do feno foram colhidas para a ensilagem em maio de 2019. A palma utilizada no estudo foi da variedade Orelha de Elefante Mexicana, proveniente de um palmal estabelecido desde 2015 na área experimental Biossalina, no campo experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, que vinha sendo manejada com cortes semestrais. A colheita foi realizada de forma manual, picada inicialmente no facão em pedaços menores, que em seguida foram picados em máquina forrageira estacionária regulada para cortes de 3 a 5 cm.

O feno de gliricídia foi produzido a partir da colheita manual do terço superior da planta (folhas e caules mais tenros), de um plantio já estabelecido em área experimental, que vinha sendo manejados com cortes a cada quatro meses, ocasião em que as plantas apresentavam aproximadamente 1,5 m de altura. A forragem foi cortada pela manhã e espalhada em área apropriada para a secagem natural, por aproximadamente por 48 horas, sendo revirado duas vezes durante o processo. O feno foi picado em máquina forrageira estacionária, regulada para cortar a forragem em partículas de aproximadamente 2-2,5 cm.

Depois de picados, a palma e o feno foram homogeneizados manualmente, amostrados como material não ensilado (material original) e armazenadas para posteriores análises. A composição química do feno de gliricídia e da palma forrageira pode ser observada na Tabela 1.

**Tabela 1** - Composição química da palma forrageira e do feno de gliricídia.

Variável	Volumoso	
	Palma forrageira	Feno de gliricídia
Matéria seca <sup>1</sup>	82,13	905,73
Matéria mineral <sup>2</sup>	251,19	103,96
Proteína bruta <sup>2</sup>	52,13	187,96
Extrato etéreo <sup>2</sup>	30,80	11,95

Fibra em detergente neutro <sup>2</sup>	206,74	327,15
Fibra em detergente ácido <sup>2</sup>	117,97	217,33
Hemicelulose <sup>2</sup>	88,77	109,82
Lignina <sup>2</sup>	40,62	87,14
Carboidratos não fibrosos <sup>2</sup>	432,53	348,15
Carboidratos totais <sup>2</sup>	665,89	696,22

<sup>1</sup> Expressa em g/kg de matéria natural; <sup>2</sup> Expressa em g/kg de matéria seca.

Foram confeccionados 25 silos experimentais de Policloreto de vinila (PVC) com dimensões de 10x50 cm, dotados de válvula de Bunsen, para escape dos gases. No interior de cada silo foi posto 1,5 kg de (areia grossa) envolvida em uma bolsa de fibra sintética do tipo tecido não tecido (TNT), evitando que a forragem tivesse em contato com a areia, permitindo assim, a drenagem do efluente.

Feito isto, aproximadamente 4 kg de forragem foi compactada com o auxílio de um soquete de madeira no interior de cada silo experimental, conforme a proporção calculada para cada tratamento. Os silos foram pesados antes (vazios) e depois da deposição da forragem, anotando-se os pesos dos silos cheios e pesagem do conjunto silo + tampa + areia + tecido. Após a compactação, os silos experimentais foram vedados com fita adesiva transparente de 48 mm. Depois de vedados, os silos foram mantidos em galpão coberto e livre de animais oportunistas, sendo abertos aos 45 dias após a ensilagem.

No dia abertura, foram colhidas amostras para a determinação da composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem. O volume dos silos foi determinado por meio da área e altura dos tubos de PVC, obtendo-se valores expressos em centímetro cúbico e gramas que foram convertidos para metro cúbico e quilograma, respectivamente, para poder expressar a densidade em Kg/m<sup>3</sup>. Para determinar a densidade da massa ensilada que foi obtida por meio da equação:  $D = m/V$ , em que: D= densidade; m= peso do material ensilado expresso em kg; V= volume do material ensilado expresso em m<sup>3</sup>.

### 3.4. Variáveis analisadas

Aos 45 dias após a ensilagem, foi realizada a abertura dos silos experimentais e as variáveis referentes ao perfil fermentativo e as análises químicas das silagens foram realizadas.

### 3.5. Estimativa de perdas fermentativas

A estimativa de perdas por efluentes, por gases e a recuperação de matéria seca conforme a metodologia de Jobim *et al.* (2007), onde no fechamento dos silos foram aferidos o peso do conjunto vazio (conjunto do silo experimental + areia) e posteriormente o conjunto cheio (conjunto do silo + areia + forragem). No momento da abertura, foi realizada a pesagem do conjunto cheio e pesagem da silagem. O peso do conjunto vazio na abertura do silo experimental foi obtido por diferença.

Para estimativa de perdas por gases, efluentes e recuperação da matéria seca, utilizaram-se as equações descritas por Zanine *et al.* (2006). Para a determinação de perdas por gases:

$$G = (PCf - PCa) / (MFf \times MSf) \times 10000$$

Onde: G = perdas por gases (%MS);

PCf = Peso do silo cheio vedado no fechamento (kg);

PCa = Peso do silo aberto (kg);

MFf = Massa de forragem (kg);

MSf = Concentração de MS da forragem (%).

Para a determinação de perdas por efluentes:

$$E = [(PVf - Tb) - (PVi - Tb)] / MFi \times 1000$$

Onde: E = perdas por efluentes (kg/t MF);

PVi = Peso do silo vazio + peso da areia na vedação (kg);

PVf = Peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg);

Tb = Peso do silo vazio (kg);

MFi = Massa de forragem na vedação (kg).

Determinação da recuperação de matéria seca:

$$RMS = (MFa \times MSa) / (MFf \times MSf) \times 100$$

Onde: RMS = Taxa de recuperação de matéria seca (%);

MFa = Massa de forragem na abertura do silo (kg);

MSa = Concentração de matéria seca da forragem na abertura do silo (%);

MFf = Massa de forragem na vedação do silo (kg);



MSf = Concentração de matéria seca da forragem na vedação do silo (%).

### **3.6. Estabilidade aeróbia das silagens**

A temperatura da massa da silagem foi aferida na abertura dos silos experimentais e a cada duas horas, durante um período de 96 horas.

Para a determinação da estabilidade aeróbia empregou-se a metodologia adaptada de Kung Jr. *et al.* (2000), onde, cada unidade experimental foi composta por um recipiente plástico com capacidade para 4 L, contendo aproximadamente 2 kg de forragem, mantido em sala fechada, sob temperatura controlada.

### **3.7. Potencial hidrogeniônico (pH)**

No momento da abertura dos silos foi retirado aproximadamente 25 g do material ensilado de cada tratamento, em duplicata, onde foi adicionado 100 ml de água destilada e após 1 hora de repouso, realizou-se a leitura com pHmetro (BOLSEN *et al.*, 1992). A determinação do pH foi realizada durante a estabilidade aeróbia, a cada 6 horas, sendo aferidas às 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 78, 84, 90 e 96 horas de exposição das massas ensiladas ao ar.

### **3.8. Determinação da capacidade tampão**

Para determinação da capacidade tampão utilizou-se a metodologia proposta por Playne e McDonald (1966). Foram utilizadas aproximadamente 20 g de amostra fresca, maceradas com 250 mL de água destilada. O material macerado foi titulado primeiro com HCL à uma concentração de 0,1 N até pH 3,0, para a liberação de bicarbonatos como dióxido de carbono. Em seguida, foi titulado com NaOH 0,1 N até pH 6,0, sendo registrado o volume gasto de NaOH para mudar o pH de 4,0 até 6,0. De posse dos dados coletados utilizou-se tal equação para determinação da capacidade tampão:

$$\text{CATP} = \frac{0,1 * (V_a - V_b) * 100}{PA}$$

Em que: CATP = capacidade tampão em e.mg NaOH/100 g MS;

0,1 = Normalidade do NaOH;  $V_a$  = volume de NaOH gasto para mudar o pH da amostra de 4,0 para 6,0;

$V_b$  = volume de NaOH gasto para mudar o pH do branco de 4,0 para 6,0;

PA = peso da amostra seca = [(peso da amostra\*MS) /100].

### 3.9. Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>)

Para a análise de nitrogênio amoniacal das silagens utilizou-se 25 g de amostra *in natura*, adicionadas em recipientes juntamente com 200 mL de solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,2 N (BOLSEN *et al.*, 1992; DETMANN *et al.*, 2012). Durante 48 horas as amostras ficaram em repouso sob refrigeração para posterior filtragem em papel filtro e estimativa com base na matéria seca.

### 3.10. Análises químico-bromatológica

Foram retirados aproximadamente 300g de silagem de cada unidade experimental e levados a estufa de ventilação forçada à temperatura entre 50-55 °C por 72 horas, em seguida, processados em um moinho de facas tipo Willey equipado com peneiras de 1 e 2 mm.

Todos os tratamentos foram submetidos a análise para determinação das porcentagens de matéria seca (MS, método 967.03), matéria mineral (MM, método 942.05), proteína bruta (PB, método 981.10) e extrato etéreo (EE, método 920.29) (AOAC, 1990). O conteúdo de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDN<sub>cp</sub>) (MERTENS 2002; LICITRA *et al.*, 1996) e fibra em detergente ácido (FDA) foram estimados como descrito por Van Soest *et al.* (1991). A hemicelulose (HEM) foi calculada por meio da equação: HEM = FDN - FDA. A lignina foi quantificada a partir da imersão do resíduo de fibra em detergente ácido em solução de ácido sulfúrico a 72% (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Para a estimativa dos carboidratos totais (CHOT), utilizou-se equação proposta por Sniffen *et al.* (1992):  $CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ . Os carboidratos não-fibrosos (CNF<sub>cp</sub>) foram estimados utilizando as equações preconizada por Hall *et al.* (1999) sendo a FDN corrigida para cinza (c) e proteína (p) (FDN<sub>cp</sub>):  $CNF_{cp} = \%CHOT - \%FDN_{cp}$ .

As análises químico-bromatológicas das silagens (Tabela 2) foram realizadas no laboratório de nutrição animal (LANA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.

**Tabela 2** - Composição química das silagens de palma forrageira com inclusão de feno de gliricídia.

Variável	Nível de feno de gliricídia (%)				
	0	10	20	30	40
Matéria seca <sup>1</sup>	97,6	176,8	258,1	329,4	408,8
Matéria mineral <sup>2</sup>	273,1	184,1	162,3	153,8	133,3
Proteína bruta <sup>2</sup>	64,5	154,5	174,6	192,0	191,8
Extrato etéreo <sup>2</sup>	12,5	19,8	23,4	21,0	19,3
Fibra em detergente neutro <sup>2</sup>	433,1	304,6	322,5	440,7	373,1
Fibra em detergente neutro, corrigida para cinzas e proteína <sup>2</sup>	183,2	262,0	278,5	297,5	325,2
Fibra em detergente ácido <sup>2</sup>	171,3	193,0	208,2	246,9	244,4
Hemicelulose <sup>2</sup>	261,8	111,6	114,3	193,8	128,7
Lignina <sup>2</sup>	26,8	244,0	258,5	87,9	283,9
Carboidratos não-fibrosos <sup>2</sup>	466,6	379,6	361,4	335,6	330,5
Carboidratos totais <sup>2</sup>	649,9	641,6	639,8	633,1	655,7

=Expressa em g/kg de matéria natural; <sup>2</sup> Expressa em g/kg de matéria seca.

### 3.11. Determinação dos minerais

As amostras das silagens para determinação dos minerais, foram homogeneizadas de forma a obter uma composta de tratamento, depois o material foi pré-seco em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas e moído em moinho de facas do tipo Willey, usando peneira de crivo 1 mm. Em seguida foram pesadas, identificadas e enviadas ao Laboratório de Análise de solo, água e planta da Embrapa Semiárido, para a determinação dos teores dos macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e micronutrientes (ferro, manganês, cobre, zinco e boro), segundo Silva *et al.* (2009).

### 3.12. Análise estatística

Os dados foram analisados usando-se o Software SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC) e submetidos à análise de variância e regressão. Adotou-se como critério para escolha dos modelos de regressão, a significância dos parâmetros estimados pelos modelos e os valores dos coeficientes de determinação.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adição do feno de gliricídia na silagem de palma forrageira promoveu efeito quadrático ( $P=0,001$ ) para a densidade da silagem (Tabela 3) onde, todos os valores observados neste estudo, situaram-se acima do mínimo estabelecido para uma boa fermentação da massa ensilada, que é de  $225 \text{ kg/m}^3$  (Holmes e Muck, 1999).

**Tabela 3** - Perdas fermentativas de silagens de palma forrageira com feno de gliricídia.

Variável	Nível de feno de gliricídia (%)					EPM	P-Valor <sup>5</sup>	
	0	10	20	30	40		L	Q
DEN ( $\text{kg/m}^3$ ) <sup>1</sup>	441,05	392,00	528,90	461,67	437,48	9,99	0,062	0,001
PG (%MS) <sup>2</sup>	57,89	35,05	18,41	16,24	13,14	1,51	<0,001	<0,001
PE (kg/t MN) <sup>3</sup>	167,84	31,26	4,55	3,14	5,14	4,26	<0,001	<0,001
RMS (%) <sup>4</sup>	89,79	94,36	94,30	89,11	85,93	2,05	0,060	0,014

DEN= densidade ( $\text{kg/m}^3$ ); PG = perdas por gases (% MS); PE = perdas por efluentes (kg/t de MN); RMS = recuperação de matéria seca (%); EPM = erro padrão da média; 5P-valor = valor de probabilidade; L = linear; Q = quadrático. <sup>1</sup> $\hat{y} = 417,655771 + 5,037286x - 0,110297x^2$ ,  $r = 0,21$ ; <sup>2</sup> $\hat{y} = 44,482000 - 1,027020x$ ,  $r = 0,69$ ; <sup>3</sup> $\hat{y} = 156,302629 - 12,177446x + 0,216057x^2$ ,  $r = 0,94$ ; <sup>4</sup> $\hat{y} = 90,352800 + 0,459080x - 0,014720x^2$ ,  $r = 0,89$ .

A densidade da silagem está relacionada a fatores como teor de MS da forrageira, tamanho de partícula e o processo de compactação durante a produção da silagem, de modo que, quanto maior for a pressão de compactação, maior será a influência na fermentação da silagem (RIBEIRO *et al.*, 2009; TORUK *et al.*, 2010). Nesse sentido, em relação a compactação da silagem, todos os tratamentos verificados apresentaram valores inferiores aos considerados adequados para uma silagem bem compactada, de  $600 \text{ kg/m}^3$  a  $800 \text{ kg/m}^3$  (TOMICICH *et al.*, 2003), indicando que houve a presença de maior quantidade de ar residual na massa, acarretando em maior período de respiração (liberação de  $\text{CO}_2$  e perda de matéria seca), maior consumo de carboidratos solúveis, diminuição na velocidade de produção de ácidos orgânicos e aumento valor final de pH (MCDONALD *et al.*, 1991).

As perdas por gases (PG) reduziram ( $P<0,001$ ) com a inclusão do feno de gliricídia (Tabela 5). Este resultado pode ser justificado pelo aumento no teor de matéria seca à medida que a quantidade de feno de gliricídia na silagem aumentou. Quando os níveis foram de 0 e 10% de inclusão de feno as perdas por gases foram de 57,89 e 35,05% MS, respectivamente. Esse efeito pode estar relacionado com a densidade dessas silagens associados com a maior atividade de água dentro do silo.

Já as perdas por efluentes (PE) foram influenciadas de forma quadrática ( $P < 0,001$ ) com produção mínima observada na inclusão de 30% de feno de gliricídia, com 3,14 kg t<sup>-1</sup> de matéria natural (Tabela 5). De modo geral, silagens contendo palma forrageira que apresentam PE inferiores a 10% demonstram a eficácia na retenção de fluidos da massa ensilada pela mucilagem presente na palma (DRIEHUIS; WIKSELAAR, 2000).

Os teores de MS presentes nas forrageiras influenciam diretamente nas PG e PE da silagem, onde, teores entre 28 e 40% de MS são considerados ideais para ensilagem do material. Teores de MS superiores a 40% podem ocasionar problemas na compactação da massa, possibilitando o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (aeróbios e anaeróbios facultativos) por ocasião da entrada de ar na massa, acarretando prejuízos qualitativos e quantitativos no material ensilado (JOBIM *et al.*, 2007).

A recuperação de matéria seca foi influenciada de forma quadrática ( $P = 0,014$ ) com maiores taxas de recuperação para 10 e 20 % de inclusão de feno de gliricídia com 94,36 e 94,30 %, respectivamente.

O perfil fermentativo da silagem reflete as interações entre a atividade microbiana e a massa forrageira durante as fases fermentativas. Neste sentido, a inclusão do feno de gliricídia proporcionou efeito quadrático ( $P < 0,001$ ) para a temperatura da silagem (Tabela 6). Os valores encontrados em todos os tratamentos, estão abaixo da faixa proposta por McDonald *et al.* (1991), os quais sugerem que, temperaturas entre 25 e 40°C favorecem o crescimento de microrganismos aeróbicos na silagem, deteriorando-a.

Em silagens, o aumento da temperatura também é influenciado pelo conteúdo de MS do material, sendo esse aumento o reflexo das reações exotérmicas que ocorrem na massa ensilada quando na presença de oxigênio, devido a respiração e multiplicação de microrganismos danosos à qualidade das silagens. Dessa forma, à medida que a concentração de MS aumenta, maior tende a ser a elevação da temperatura, devido a necessidade de produzir mais calor para alterar a temperatura de silagens com menores teores de matéria seca (McDONALD *et al.*, 1991; WILKINSON e DAVIES, 2012).

**Tabela 4** - Perfil fermentativo de silagens de palma forrageira com feno de gliricídia.

Variável	Nível de feno de gliricídia (%)					EPM	P-valor <sup>5</sup>	
	0	10	20	30	40		L	Q

T (°C) <sup>1</sup>	23,20	24,40	23,80	23,80	22,40	0,21	0,005	<0,001
pH <sup>2</sup>	4,65	4,35	4,42	4,49	4,62	0,03	0,489	<0,001
N-NH <sub>3</sub> (%NT) <sup>3</sup>	5,73	4,32	4,31	4,88	5,28	0,39	0,778	0,010
CT <sub>(E.mgNaOH/100g MS)</sub> <sup>4</sup>	82,09	89,84	71,15	57,33	50,44	2,37	<0,001	0,012

T = temperatura (°C); pH<sup>2</sup> = potencial hidrogeniônico; N-NH<sub>3</sub> = nitrogênio amoniacal (% do N Total); CT = capacidade tamponante; EPM = erro padrão da média; <sup>5</sup>P-valor = valor de probabilidade; L = linear; Q = quadrático. <sup>1</sup> $\hat{y} = 23,302857 + 0,109429 - 0,003286x^2$ ,  $r = 0,87$ ; <sup>2</sup> $\hat{y} = 4,618171 - 0,023774x + 0,000613x^2$ ,  $r = 0,80$ ; <sup>3</sup> $\hat{y} = 5,579543 - 0,123369x + 0,002996x^2$ ,  $r^2 = 0,83$ ; <sup>4</sup> $\hat{y} = 85,847486 - 0,260557x - 0,017439x^2$ ,  $r = 0,88$ .

Verificou-se efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) nos níveis de inclusão do feno de gliricídia sobre o pH da silagem, apresentando uma variação de 4,65 a 4,35 (Tabela 4). Em geral, microrganismos indesejáveis são sensíveis aos valores de pH abaixo de 5, mas são particularmente sensíveis à disponibilidade de água no meio, sendo geralmente inativos em silagens com mais 28% de MS, de maneira que, em silagens com MS inferior a 15%, os valores de pH abaixo de 4 podem não inibir totalmente seu crescimento (EDWARDS; McDONALD, 1978; McDONALD *et al.*, 1991), particularmente clostrídios e enterobactérias.

O comportamento observado nesta pesquisa para a variável pH, nos níveis 10, 20 e 30% de inclusão de feno, foi semelhante ao encontrado por Çüreğ e Özen (2004) que, ao avaliarem as características fermentativas de silagem de palma acrescidas de feno de alfafa, observaram variação de 3,54 a 4,5. Porém, Gusha *et al.* (2015) encontraram valores divergentes, ao conduzirem estudo avaliando os efeitos do uso de silagem de palma associada com diferentes leguminosas nos parâmetros ruminais de caprinos, observando valores de pH 4,1 a 4,2.

O N-NH<sub>3</sub> das silagens apresentou efeito quadrático ( $P = 0,010$ ). Os valores obtidos foram de 4,31 a 5,73% do NT, sendo o menor valor de N-NH<sub>3</sub> de 4,31% quando a inclusão de feno foi de 20% (Tabela 4). O teor de nitrogênio amoniacal, em relação ao nitrogênio total, é um parâmetro qualitativo da silagem, caracterizado pelo perfil fermentativo ocorrido no processo. O elevado teor de N-NH<sub>3</sub> é indesejável na silagem, devido ao seu conteúdo ser antagônico ao declínio do pH, e evidencia o efeito negativo sobre a destinação e utilização do nitrogênio da massa, resultante do metabolismo proteolítico dos clostrídios (KUNG JUNIOR *et al.*, 2018). Não se recomenda valores maiores de 10% para silagens (ZHANG *et al.*, 2016). Desta forma os valores encontrados, permitem classificar essas silagens como de boa qualidade fermentativa, uma vez que, de acordo com Woolford (1984) e McDonald *et al.* (1991), na

classificação das silagens quanto ao teor de N-NH<sub>3</sub>/NT, considera-se como: muito boa quando os valores são inferiores a 10%.

Vale ressaltar que a proteólise se inicia assim que a forragem é cortada e continua durante a ensilagem, e sua extensão depende largamente da rapidez com que as condições ácidas sejam estabelecidas (ÁVILA *et al.*, 2003). Silva *et al.* (2015b), ao avaliarem a composição química inerentes as silagens de forrageiras lenhosas do Semiárido brasileiro, obtiveram 10,93% de N-NH<sub>3</sub> em silagens de gliricídia, valor este muito superior aos encontrados neste estudo.

Observou-se efeito quadrático ( $P < 0,001$ ) na capacidade tampão das silagens de palma forrageira com níveis de inclusão de feno de gliricídia, com valores variando entre 50,44 a 82,09 E. mgNaOH/100g MS, sendo o menor valor observado com o nível de 40% de inclusão (Tabela 4). A capacidade tamponante da forragem é fortemente influenciada pela presença de ânions (sais de ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos) (McDONALD *et al.* 1991).

Em geral, silagens que contém leguminosas tem como característica a alta capacidade de tamponamento, por possuir compostos proteicos, como a presença de cátions, principalmente, que, ao entrarem em contato com os ácidos orgânicos, formados pela fermentação, neutraliza-os, impedindo que ocorra a queda de pH (LIMA, 1992). Neste cenário, esperava-se que a capacidade tamponante das silagens avaliadas fosse linear crescente, à medida que a inclusão do feno de gliricídia na silagem de palma aumentasse, porém isto não aconteceu, de modo que, a menor CT foi observada na silagem com maior proporção de feno, possivelmente devido a composição química da palma forrageira, que possui elevado conteúdo de minerais, principalmente de cálcio (CHAHDOURA *et al.*, 2015 SILVA *et al.*, 2012).

A qualidade da silagem se estende desde o período fermentativo (ensilagem) até a sua exposição ao oxigênio (abertura do silo), e são consideradas de qualidade quando são estáveis durante um período determinado de tempo de exposição ao ar. Neste contexto, durante a exposição da silagem ao ambiente aeróbico observou-se que o pH máximo registrado na silagem apresentou efeito decrescente ( $P = 0,018$ ), além da inclusão do feno aumentar o tempo para que as silagens apresentassem pH máximo. Este efeito é benéfico para manter a qualidade nutricional da silagem durante a exposição ao ar, visto que os microrganismos aeróbios utilizam os substratos residuais da fermentação e os ácidos orgânicos oriundos do processo fermentativo para a colonização e aumento populacional em meio aeróbio.

**Tabela 5** - Estabilidade aeróbia de silagens de palma com feno de gliricídia.

Variável	Nível de feno de gliricídia (%)					EPM	P-valor <sup>8</sup>	
	0	10	20	30	40		L	Q
pH máximo <sup>1</sup>	5,48	5,25	5,01	4,6	5,01	0,19	0,018	0,151
TpH máximo <sup>2</sup>	36,0	78,0	78,0	72,0	96,0	12,75	0,010	0,389
TE pH <sup>3</sup>	18,0	32,0	26,0	32,0	34,0	2,40	0,002	0,205
TM	23,60	24,40	24,20	23,80	24,00	0,20	0,755	0,076
TTM <sup>4</sup>	2,80	4,80	10,4	9,20	6,40	1,04	0,049	<0,001
DTAS <sup>5</sup>	1,20	1,60	1,80	1,00	1,00	0,16	0,073	0,009
STSA <sup>6</sup>	-26,2	-5,2	2,4	-17,4	-9,8	3,81	0,103	0,001
EA <sup>7</sup>	>96,0	85,6	72,0	>96,0	>96,0	4,69	0,177	0,002

T pH máximo= Tempo para atingir pH máximo (h); TE pH= Tendência de elevação do pH (h); TM= temperatura máxima (°C); TTM= Tempo para atingir temperatura máxima da silagem (h); DTAS= Diferença máxima da temperatura da silagem em relação ao ambiente (°C); STSA = Somatório da diferença da temperatura da silagem em relação a do ambiente (°C); EA= Estabilidade aeróbia (h); EPM= Erro padrão da média; <sup>8</sup>P-valor = valor de probabilidade; L= Linear; Q = Quadrático. Equações: <sup>1</sup> $\hat{y} = 5,392000 - 0,015860x$ , R<sup>2</sup>= 0,59; <sup>2</sup> $\hat{y} = 49,200000 + 1,140000x$ , R<sup>2</sup>= 0,66; <sup>3</sup> $\hat{y} = 22,000000 + 0,320000x$ , R<sup>2</sup>= 0,59; <sup>4</sup> $\hat{y} = 2,057143 + 0,584571x - 0,011714x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,84; <sup>5</sup> $\hat{y} = 1,262857 + 0,041429x - 0,001286x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,62; <sup>6</sup> $\hat{y} = -23,102857 + 1,754571x - 0,038714x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,51; <sup>7</sup> $\hat{y} = 95,862857 - 1,620571x + 0,045714x^2$ , R<sup>2</sup>=0,57.

Nesse sentido, o processo de deterioração aeróbica está associado a presença de Leveduras que utilizam ácido lático como substrato e deterioram a silagem (MOON, 1983), indicando que as silagens com menores níveis de feno podem ter apresentado menores teores de ácido lático, visto que, o ácido lático é o principal ácido responsável pela redução do pH (NI *et al.*, 2017). Desse modo, silagens que apresentem menos de 10 g de carbono kg.MS-1 e menores valores de pH durante longos período de exposição ao oxigênio, são consideradas como silagens estáveis (WEINBERG *et al.*, 2011).

A TE pH apresentou efeito crescente (P=0,002) à medida que a de adição do feno de gliricídia na silagem de palma aumentou (Tabela 5). Esse comportamento do pH reflete a redução da atividade de organismos deletérios à qualidade da silagem, pois durante a exposição isto pode resultar no aquecimento da massa pela ação dos microrganismos. Araújo *et al.* (2019), trabalhando com a inclusão da parte aérea da mandioca nas silagens de palma forrageira, observaram efeito linear decrescente para a tendência de elevação do pH da silagem, em que a cada 1% de inclusão de palma forrageira a tendência de elevação do pH da silagem antecipava em 0,34 horas. Observou-se o inverso neste estudo, onde, a cada 1% de adição de feno de gliricídia na silagem de palma, houve um aumento de 0,32h para a elevação do pH da silagem.



Embora a adição do feno de gliricídia na silagem de palma não tenha influenciado na TM (em média 24°C), o tempo para atingir a temperatura máxima (TTM) apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,001$ ). À medida que a adição de feno de gliricídia aumentou em até 20%, observou-se que, para a silagem atingir o TTM, foram necessárias 7,6 horas a mais, em relação a silagem exclusiva de palma. Neste sentido, uma vez que, o aumento da temperatura está associado ao conteúdo de MS da silagem, o atraso para que a silagem apresente a temperatura máxima é essencial para a conservação dos nutrientes. Nussio *et al.* (2002), afirmam que, silagens com aproximadamente 30% de MS têm alta possibilidade de ocorrência de deterioração aeróbia por serem mais instáveis após a abertura do silo.

A diferença máxima da temperatura da silagem em relação ao ambiente (DTAS), somatório da diferença da temperatura da silagem em relação a do ambiente (STSA) e estabilidade aeróbia das silagens apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) com a inclusão do feno de gliricídia (Tabela 5). O nível de inclusão de 20% de feno de gliricídia apresentou maior DTAS conferindo em uma maior capacidade de aquecimento da silagem, com 2,4 °C. Este efeito demonstra que o aumento da MS em silagens promove aumento da pressão osmótica o que confere redução da atividade de microrganismos deletérios e a qualidade da silagem (McDONALD *et al.*, 1991). Entretanto, teores mais baixos de matéria seca possibilita maior atividade da água, o que exige que a silagem apresente uma maior taxa de aquecimento para que ultrapasse a temperatura do ambiente, entretanto pré-dispõe um ambiente favorável para o desenvolvimento de fungos.

Neste sentido a estabilidade aeróbia é determina como o tempo para elevação da temperatura da silagem (pós-fermentação) em 1°C acima da temperatura ambiente (DRIEHUIS *et al.*, 2001), caracterizada pela resistência da silagem a deterioração após a abertura do silo, ou seja, a velocidade com que a massa deteriora após exposta ao ar (JOBIM *et al.*, 2007). Esse aumento da temperatura que ocorre após abertura do silo reflete as reações exotérmicas que ocorrem na massa ensilada quando na presença de oxigênio, como a respiração e multiplicação de microrganismos deletérios à qualidade da silagem (ARAÚJO *et al.*, 2020). Os resultados obtidos neste estudo para a EA mostraram que a silagem exclusiva de palma e os tratamentos com 30 e 40% de inclusão de feno se mantiveram estáveis durante todo o período de exposição ao ar. Já as silagens com 10 e 20% de inclusão de feno de gliricídia tiveram a quebra da EA a

partir de 72h de exposição, entretanto, pode-se considerar que as silagens refletiram um bom padrão fermentativo.

A inclusão do feno de gliricídia promoveu efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) para os teores de MS e MO, enquanto o teor de MM decresceu (Tabela 6). A palma apresenta naturalmente baixo teor de matéria seca (cerca de 10%) em sua composição química, possui altas concentrações de água, minerais e ácidos orgânicos como uma adaptação fisiológica para persistir a condições de déficit hídrico (BRITO, 2018), permitindo a regulação do potencial osmótico e possibilitando a absorção de água. Por esse motivo, ao adicionar o feno de gliricídia na silagem, a contribuição de minerais e umidade advindos da palma reduziram, ocasionando a diminuição dos teores de matéria mineral e o aumento da matéria seca nas silagens com maiores níveis de inclusão do feno.

**Tabela 6** - Composição química de silagens de palma com feno de gliricídia.

Variável (g/kg MS)	Nível de feno de gliricídia (%)					EPM	P-valor	
	0	10	20	30	40		L	Q
Matéria seca <sup>1*</sup>	97,57	176,81	258,14	329,41	408,87	3,57	<0,001	0,480
Matéria mineral <sup>2</sup>	273,14	184,14	162,27	153,78	133,28	6,26	<0,001	<0,001
Proteína bruta <sup>3</sup>	64,46	154,49	174,55	192,01	191,79	5,94	<0,001	<0,001
Matéria Orgânica <sup>4</sup>	750,75	828,79	849,19	856,45	874,84	5,59	<0,001	<0,001
Extrato etéreo <sup>5</sup>	12,52	19,76	23,36	21,04	19,26	1,00	<0,001	<0,001
Fibra em detergente neutro cp <sup>7</sup>	183,07	261,04	279,21	297,50	326,52	9,25	<0,001	0,010
Fibra em detergente ácido <sup>8</sup>	171,25	192,97	208,17	246,89	244,38	4,47	<0,001	0,152
Hemicelulose <sup>9</sup>	261,81	111,59	114,33	193,77	128,70	7,15	<0,001	<0,001
Carboidratos totais <sup>10</sup>	649,86	641,63	639,81	633,15	655,65	8,48	0,909	0,090
Carboidratos não-fibrosos <sup>11</sup>	446,79	380,58	360,60	335,64	329,13	9,74	<0,001	<0,001
Carboidratos fibrosos <sup>12</sup>	183,07	261,04	279,21	297,50	326,52	9,25	<0,001	0,010
Nutrientes digestíveis totais <sup>13</sup>	751,51	844,9	832,69	752,35	798,30	5,97	0,568	<0,001

\* = g/kg de matéria natural; EPM = erro padrão da média; L = linear; Q = quadrático; cp = corrigida para cinzas e proteína. Equações: <sup>1</sup> $\hat{y} = 97,747257 + 8,027389x - 0,006886x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,99; <sup>2</sup> $\hat{y} = 264,824171 - 7,397594x + 0,107423x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,94; <sup>3</sup> $\hat{y} = 757,920400 + 6,542740x - 0,094610x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,94; <sup>4</sup> $\hat{y} = 12,820857 + 0,831749x - 0,017106x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,95; <sup>5</sup> $\hat{y} = 460,659714 - 7,614103x + 0,110289x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,97; <sup>6</sup> $\hat{y} = 190,830457 + 6,027429x - 0,069846x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,95; <sup>7</sup> $\hat{y} = 234,133086 - 8,897237x + 0,176421x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,45; <sup>8</sup> $\hat{y} = 70,873371 + 8,152886x - 0,130777x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,96; <sup>9</sup> $\hat{y} = 777,774400 + 4,204720x - 0,107860x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,23; <sup>10</sup> $\hat{y} = 403,271429 - 6,183246x + 0,158617x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,23; <sup>11</sup> $\hat{y} = 172,701600 + 2,001700x$ , R<sup>2</sup>= 0,93; <sup>12</sup> $\hat{y} = 190,830457 + 6,027429x - 0,069846x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,95.

A elevação na MS verificada neste estudo está relacionada às características bromatológicas do feno de gliricídia, que apresenta cerca de 10 vezes mais MS que a palma forrageira (Tabela 1). Um dos critérios para a escolha do feno de gliricídia para utilizá-la como aditivo nutricional na silagem de palma foi devido este apresentar elevados teores de matéria seca e proteína bruta em sua composição, principalmente.

Em relação aos carboidratos não fibrosos (CNF), pode-se verificar efeito linear decrescente ( $P < 0,001$ ), já para os teores de carboidratos fibrosos (CF) o efeito foi crescente ( $P < 0,001$ ) à medida que os níveis de palma na silagem reduziram. O decréscimo nos teores de CNF se deu pela característica inerente à palma, que tem maior quantidade desses carboidratos do que o feno de gliricídia.

Para a hemicelulose (HEM) verifica-se efeito quadrático ( $P = 0,001$ ). A importância da HEM se deve por ela, nutricionalmente apresentar taxas de degradação ruminal mais lentas (NRC, 2016). Como o feno de gliricídia possui maior quantidade de fibra, no geral, teve-se como consequência um incremento desta fração em todos os tratamentos, sendo observado menores teores nos níveis 10 e 20% de inclusão do feno.

Houve efeito quadrático para a proteína bruta das silagens estudadas ( $P < 0,001$ ). Os valores de PB obtidos nesse estudo foram satisfatórios, pois apresentaram valores acima do mínimo necessário para o funcionamento adequado do rúmen, que é 70g/kg MS (ou 7%) de PB na dieta (VAN SOEST, 1994). Esse incremento já era esperado, devido a gliricídia ser uma leguminosa e naturalmente apresentar elevados teores de PB.

A FDN apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,001$ ), com o menor teor observado na silagem com 10% da adição de feno. Já a FDA apresentou comportamento linear crescente ( $P = 0,001$ ) à medida que aumentou a inclusão de feno nas silagens. 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; LEE; WAGHORN, 2014). Para que haja um desempenho animal satisfatório, o teor de FDN adequado para ser utilizado em rações de ruminantes é de 33 a 50% (LANA *et al.*, 2005). Nesse contexto, os valores de FDN obtidos no presente trabalho encontram-se superiores a esta faixa, em todos os tratamentos (Tabela 6), inclusive na silagem exclusiva de palma.

Neste estudo, verificou-se que a composição mineral da silagem de palma apresenta variabilidade nos diferentes níveis de inclusão de feno, apresentados na Tabela 7. A baixa disponibilidade de alguns nutrientes minerais, bem como as funções de inter-relação entre eles, pode reduzir a atividade microbiana, interferindo na digestão

da fibra e síntese proteica, diminuindo assim, o suprimento dos nutrientes para o animal (BERCHIELLI, 2006), além de interferir nos requerimentos minerais dos microrganismos do rúmen para crescimento e metabolismo, reduzindo ou indisponibilizando-os.

**Tabela 7** - Macrominerais e microminerais em silagem a base de palma forrageira com níveis de feno de gliricídia.

Variáveis	Níveis de adição de feno de gliricídia					EPM	Valor -P	
	0	10	20	30	40		L	Q
<b>Macrominerais (g kg<sup>-1</sup>)</b>								
P <sup>1</sup>	0,99	1,30	1,46	1,26	1,24	0,102	0,160	0,012
K <sup>2</sup>	20,84	15,40	12,80	12,35	13,75	1,48	0,001	0,007
Ca <sup>3</sup>	55,61	33,56	25,91	23,50	21,07	1,14	<0,001	<0,001
Mg <sup>4</sup>	5,18	5,14	4,74	3,97	3,74	0,25	<0,001	0,833
S	2,18	2,38	2,40	2,56	2,57	0,24	0,997	0,215
<b>Microminerais (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
B <sup>6</sup>	33,30	65,88	66,95	74,88	77,17	3,28	<0,001	<0,001
Cu	18,27	20,92	21,30	18,16	20,49	1,48	0,723	0,458
Fe <sup>7</sup>	1762,07	1091,14	832,19	602,78	577,35	135,94	<0,001	0,013
Mn <sup>8</sup>	75,43	50,20	39,92	39,15	31,88	3,15	<0,001	<0,001
Zn <sup>9</sup>	44,97	54,96	53,30	53,50	50,5	1,78	0,095	0,001
Na <sup>5</sup>	927,70	495,70	260,20	263,70	324,20	89,48	<0,001	0,001

EPM= Erro padrão da média; L= Linear; Q = Quadrático; N= Nitrogênio; P= Fósforo; K= Potássio; Ca= Cálcio; Mg= Magnésio; Na= Sódio, S= Enxofre; B= Boro; Cu= Cobre; Fe= Ferro; Mn= Manganês; Zn= Zinco. <sup>1</sup> $\hat{y} = 1,017371 + 0,033306x - 0,000717x^2$ ; R<sup>2</sup> = 0,82; <sup>2</sup> $\hat{y} = 20,735429 - 0,624586x + 0,011307x^2$ ; R<sup>2</sup> = 0,99; <sup>3</sup> $\hat{y} = 54,111943 - 2,061949x + 0,031766x^2$ ; R<sup>2</sup> = 0,97; <sup>4</sup> $\hat{y} = 5,316400 - 0,040540x$ ; R<sup>2</sup> = 0,94; <sup>5</sup> $\hat{y} = 916,957143 - 49,361429x + 0,874286x^2$ ; R = 0,99; <sup>6</sup> $\hat{y} = 36,617286 + 2,502293x - 0,038374 x^2$ ; R = 0,91; <sup>7</sup> $\hat{y} = 1544,670400 - 28577940x$ ; R = 0,85; <sup>8</sup> $\hat{y} = 66,796200 - 0,973750x$ ; R = 0,81; <sup>9</sup> $\hat{y} = 46,086543 + 0,784421x - 0,017199x^2$ ; R = 0,80.

O efeito observado para o Fósforo (P) foi quadrático (P=0,012), onde, o maior teor verificado foi na dieta com o nível de adição de feno de 20%, reduzindo a presença deste macromineral à medida que o nível de inclusão aumentou. Já o Cálcio (Ca), apresentou efeito linear decrescente (P <0,001), onde, o teor de Ca das silagens de palma, reduziu com o aumento dos níveis de adição de feno de gliricídia. Em geral, estes dois macrominerais são considerados conjuntamente, pois além de constituírem a maior parte dos minerais dos ossos dos animais, estão intimamente relacionados de modo que, uma deficiência ou excesso de um irá interferir na utilização do outro pelo metabolismo do animal, afetando funções importantes, como a transmissão de impulsos nervosos, contração muscular, constrição e relaxamento dos vasos sanguíneos (SILVA *et al.*, 2018).

Avaliando o balanço de macrominerais em caprinos alimentados com palma forrageira e casca de soja, Santos *et al.* (2009) verificaram que a concentração de Ca variou de 10,0 a 86,6 g/kg de matéria seca (MS) e os níveis de P, entre 0,4 a 2,0 g/kg MS, o que resulta em relação Ca:P extremamente alta, onde, o desbalanço na relação desses minerais está relacionado com a redução no consumo de matéria seca e no aparecimento de cálculos renais em caprinos, reduzindo a absorção desses minerais, limitando o crescimento microbiano e a digestibilidade de diferentes ingredientes (BEN SALEM *et al.*, 1996).

O Potássio (K) apresentou efeito linear decrescente ( $P < 0,001$ ). Possivelmente, devido a palma forrageira ser uma rica fonte deste macromineral. Para o Sódio (Na), o efeito observado foi quadrático ( $P = 0,001$ ), onde o maior teor deste macronutriente foi observado com o nível de adição de feno de 10%, porém quando a adição de feno foi maior (40%), o teor deste macronutriente reduziu. Estes dois macronutrientes também são considerados conjuntamente, pois atuam como componentes dos fluídos e tecidos corporais, intervindo na manutenção da pressão osmótica, do equilíbrio ácido-base e na permeabilidade da membrana celular.

Em geral, na palma forrageira a relação K:Na é alta, embora possa variar amplamente de teor, de K 25,8 a 33,1 g/kg de MS (TELES *et al.*, 2004; WANDERLEY *et al.*, 2002; SANTOS *et al.*, 1990), conforme os genótipos e estádios fisiológicos da palma, variando. No entanto, em termos de importância pela atuação no metabolismo dos ruminantes, o sódio é considerado mais importante que o potássio, uma vez que é limitante da ingestão voluntária.

Para o Magnésio (Mg), o efeito foi linear decrescente, sendo que o teor de Mg reduziu com o aumento dos níveis de adição do feno. Por ser um cátion amplamente distribuído entre os tecidos vegetais e animais, e por apresentar cerca de 70% de todo o Magnésio corporal localizado no esqueleto (GRACE, 1986), a deficiência desse nutriente pode ocasionar atraso de crescimento, falta de apetite, incoordenações e convulsões musculares em ruminantes.

Em relação aos microminerais (Tabela 7), vale considerar que a deficiência destes na dieta dos animais pode resultar em grandes perdas econômicas (SILVA; MARTINS; BORGES, 2017).

Para o Boro (B), observou-se efeito linear crescente ( $P < 0,001$ ), em que à medida que aumentou o nível de adição do feno, o teor deste micronutriente aumentou. Em relação à palma forrageira, Silva *et al.* (2012) afirmaram que são raros os trabalhos que

fazem referência a teores de B em tecido de palma. Entretanto, Donato (2011) relata que o teor médio de B encontrado foi de 30,3 mg.kg<sup>-1</sup> na cultura. Assim, provavelmente, os teores de B encontrados neste estudo possam estar associados ao teor do elemento no feno da gliricídia.

Silva, Ribeiro e Teixeira (2011), ao avaliarem os micronutrientes em compostos orgânicos com a adição de ramos de gliricídia, verificaram na composição química da referida leguminosa um teor equivalente a 53 mg.kg<sup>-1</sup> de B, dessa forma, notaram um incremento gradual do teor deste micronutriente, com o aumento das proporções de gliricídia no composto.

Para o Zinco (Zn), o efeito observado foi quadrático (P=0,01), onde o maior verificado teor foi na dieta com 10% de adição de feno. Entretanto, quando a adição de feno foi maior (40%), o teor deste microelemento reduziu. A importância do Zn no organismo animal se deve pelo envolvimento deste microelemento com a síntese de vitamina A, no transporte de CO<sub>2</sub>, na degradação do colágeno, no metabolismo dos carboidratos, na destruição de radicais livres e na estabilidade da membrana dos eritrócitos (UNDERWOOD; SUTTLE, 1999).

Os microminerais são utilizados pelos animais em menores quantidades. Entretanto, são considerados essenciais, pois a sua falta pode acarretar grandes perdas na produtividade. Em relação aos microminerais vale considerar que a deficiência destes na dieta dos animais pode resultar em grandes perdas econômicas (SILVA; MARTINS; BORGES, 2017).

## **5. CONCLUSÃO**

Os níveis de 20 e 30% de adição de feno gliricídia na silagem de palma forrageira propiciou melhor perfil fermentativo da silagem, com incremento nos teores de matéria seca, proteína bruta e nutrientes, apresentando potencial para ser utilizada como uma nova alternativa na alimentação animal na região Nordeste brasileira, proporcionando inclusive, melhor eficiência no uso do palmar podendo resultar na diminuição da mão-de-obra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C. de A.; SANTOS, A. P. M. dos; MONTEIRO, C. C. de F.; LIMA, D. O.; TORRES, A. M.; SANTOS, C. V. S. dos; MONTEIRO, S. E. dos S.; SILVA, J. J. da. Efeito do tempo de ensilagem sobre a composição química, perfil fermentativo e estabilidade aeróbia de silagens de milho (*Zea Mays*). **Diversitas Journal**, v.5, n.1, p.547-561. 2020. ISSN 2525-5215. doi: 10.17648/diversitas-journal-v5i1-1035.

ARAÚJO, G.G.L de. Os impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos e a produção animal em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 598-609, 2015.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, D.C.: 1995. 1094p.

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; MORAIS, A.R.; MORAIS, A.R.; FIGUEIREDO, H.C.P.; TAVARES, V.B. Perfil de fermentação das silagens de capim-tanzânia com aditivos: teores de nitrogênio amoniacal e pH. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.5, p.1144-1151, 2003.

BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; ABDOULI, H.; ØRSKOV, E.R. Effect of increasing level of spinelles cactus (*Opuntia ficus indica* var. inermes) on intake and digestion by sheep given straw-based diets. **British Society Animal Science**, v.62, n.1, p.293-299, 1996.

BERCHIELLI, T. T. **Nutrição de ruminantes**. FUNEP, p. 1, 2006.

BOLSEN, K. K.; LIN, C.; BRENT, B. E.; GADEKEN, D. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, Madison, v. 75, n. 11, p. 3066-3083, 1992.

BRITO, G. S. M. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L.; OLIVEIRA, J. S., MOURA ZANINE, A., PERAZZO, A. F.; CAMPOS, F. S.; LIMA, A. G. V. O.; CAVALCANTI, H. S. Mixed silages of cactus pear and gliricídia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**. v.10, p.1-13. 2020.

CABRAL JR., E.C.; MIRANDA, C.R.; PINHEIRO, D.M.; GUIMARÃES, I.G.; ANDRADE, M.V.M.; PINTO, M.S.C. Dinâmica fermentativa de silagens de *gliricídia sepium*. **Archivos de Zootecnia**, v.56, n.214, p.249-252, 2007.

CARVALHO FILHO, O. M.; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P.H. *Gliricídia sepium* – leguminosa promissora para regiões semiáridas. Petrolina: EMBRAPA CPATSA, 16 p., (EMBRAPA-CPATSA. **Circular Técnico**, 35), 1997.

CHAHDOURA, H.; MORALES, P.; BARREIRA, J. C. M.; BARROS, L.; RUIZ, V.F.; FERREIRA, I.C.FR.; ACHOUR, L. Dietary fiber, mineral elements profile and macronutrients composition in different edible parts of *Opuntia microdasys* (Lehm.)



Pfeiff and *Opuntia macrorhiza* (Engelm.) **Food Science and Technology**, v. 64, p. 446-451, 2015.

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.

CHURCH, D. C. **Digestive physiology and nutrition of ruminants: digestive physiology**. 2nd ed. Corvallis: O & B Books Publishing, 349 p. 1976.

COSTA, B.M. da; SANTOS, I.C.V.; OLIVEIRA, G.J.C.; PEREIRA, I.G. Avaliação de folhas de *Gliricídia sepium* (JACQ.) Walp por ovinos. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.33 p.41, 2009.

COSTA, C. T. F.; FERREIRA, M.A.; CAMPOS, J. M. S.; GUIM, A.; SILVA, J.L.; SIQUEIRA, M.CB.; BARROS, L.J.A.; SIQUEIRA, T.D.Q. Intake, total and partial digestibility of nutrients, and ruminal kinetics in crossbreed steers fed with multiple supplements containing spineless cactus enriched with urea. **Livestock Production Science**, 188: 55-60, 2016.

ÇÜREK, M.; ÖZEN, N. Feed Value of Cactus and Cactus Silage. **Turkish Journal of Veterinary and Animal**, v.28, p.633-639, 2004.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. Métodos para análise de alimentos. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214p, 2012.

DRIEHUIS, F.; WIKSELAAR, P.G.V. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high-dry-matter grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.718, p.5-7, 2000.

EDWARDS, R.A., McDONALD, P. Fermentation of Silage - **A Review**. West DesMoines: Iowa, 115p, 1978.

GAMA, T.C.M.; ZAGO, V.C.P.; NICODEMO, M.L.F.; LAURA, V.A.; VOLPE, E.; MORAIS, M.G. Composição bromatológica, digestibilidade “*in vitro*” e produção de biomassa de leguminosas forrageiras lenhosas cultivadas em solo arenoso. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.10, p.560-572, 2009.

GODOI, P.F.A. Potencial de silagens a base de palma forrageira em dietas para ovinos no Semiárido nordestino. 2018. 87f. Dissertação (**Mestrado em Ciência Animal e Pastagens**). Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Garanhuns, 2018.

GRACE, N. D. An estimation of the dietary allowances of Cu, Zn, Fe, Mn and Se for single and twin-bearing ewes. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**46: 37–39, 1986.

GUSHA, J.; HALIMANIB, T.E.; NGONGONIB, N.T.; NCUBEC, S. Effect of feeding cactus-legume silages on nitrogen retention, digestibility and microbial protein synthesis in goats. **Animal Feed Science and Technology**, v.7, p7, 2015.

HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, n.12, p.3226-3232, 2003.

HOLMES, B.J. Software applications for sizing silos to maximize silage quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 1., 2009, São Pedro. Proceeding, Piracicaba: USP, p.189-208, 2009.

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

KUNG JUNIOR, L. Microbial and chemical additives for silage: effect on fermentation and animal response. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p.1-53.

LANA, R.P. **Sistema Viçosa de formulação de rações**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 91p, 2005.

LIMA, G.F.C.; WANDERLEY, A.M.; GUEDES, F.X.; REGO, M.M.T.; DANTAS, F.D.G.; SILVA, J.G.M.; NOVAES, L.P.; AGUIAR, E.M. **Palma Forrageira irrigada e adensada**: uma reserva Forrageira estratégica para o Semiárido Potiguar. EMPARN. Parnamirim, Rio Grande do Norte. 62p 2015.

LIMA, J. A. Qualidade e valor nutritivo da silagem mista de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e soja (*Glycine max* (L.) Merrill), com e sem adição de farelo de trigo. 69f. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)** - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

LOPES, E. B. Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no Semiárido nordestino. João Pessoa: **EMEPA-PB**. 2012.

MACEDO, A.J.S.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F. Produção de silagem na forma de ração à base de palma: Revisão de Literatura, **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 18, n. 9, p. 1-11. 2017.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: Ed. John Wiley & Sons Ltda. 1981. 207p.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.

MENDES, R. da S.; SANTOS, A. C. dos.; PAIVA, J. A. de.; OLIVEIRA, L. B. T. de.; ARAÚJO, A. dos S. Bromatologia de espécies forrageiras no norte Tocantinense. **Enciclopédia biosfera**, v.6, n.10, 2010.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.

MIZUBUTI, I. Y.; PINTO, A. P.; PEREIRA, E. S.; RAMOS, B. M. O. **Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais**. Londrina: EdueL, 1. 2009.

MORAES, E. H. B. K.; PAULINO, M. F.; MORAES, K. A. K.; FILHO, S. C. V.; DETMANN, E., COUTO, V. R. M. Supplementation strategies for grazing beef cattle during the rainy-dry transition period. **Semina Ciências Agrárias** 2017; 38:895-908.

MOTA, A. D. S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; SOUZA, A.S.; REIS, S.T.R.; TOMICH, R.T.; CALDEIRA, L.A.; MENEZES, G.C.C.M.; COSTA, M.D. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1466- 1473, 2011.

MUCK, R.E.; MOSER, L.E.; PITT, R.E. Postharvest factors affecting ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). *Silage science and technology*. Madison: **American Society of Agronomy**. p.251-304, 2003.

NI, K., WANG, F., ZHU, B., YANG, J., ZHOU, G., PAN, Y., TAO, Y., ZHONG, J. Effects of lactic acid bacteria and molasses additives on the microbial community and fermentation quality of soybean silage. **Bioresour. Technol.** 238, 706–715, 2017.

NUSSIO, L. G.; RIBEIRO, J. L. **Alternativas Alimentares para ruminantes II**. In: *Silagem de capim: Potencial e limitações*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 53-80, 2008.

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

PACHECO, W.F. Parâmetros físicos, perfil fermentativo e composição química de silagem de *Pennisetum purpureum* com feno de *Glicirídia sepium*. 56f. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Depto. de Zootecnia, Fortaleza, 2010.

PACHECO, W.F.; CARNEIRO, M.S.S.; EDVAN, R.L.; ARRUDA; P.C.L.; CARMO, A.B.R. Valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Shum) com feno de gliricídia (*Glicirídia sepium* (Jacq.) Walp). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, n.2, p.240–246, 2013.

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 (*Glicirídia sepium*). **Acta Veterinária Brasílica**, v. 8, n. 3, p. 155-162, 2014.

PERAZZO, A., F.; SANTOS, F., N., S.; SANTOS, E., M.; OLIVEIRA, J., S.; PINHO, R., M., A.; SILVA, M., A. **Produção de forrageiras no Semiárido brasileiro. Ensilagem no Nordeste do Brasil**. São Luiz: EDUFMA, v.1, p.29-86, 2019.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of Food Science and Agriculture*, v.17, n.6, p.264-268, 1966.

QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido, Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. Fatores que afetam o consumo de forragens conservadas. In: C.C. Jobim, U. Cecato e M.W. do Canto (Eds.). **Produção e utilização de forragens conservadas**. Masson, Maringá, PR. 2008pp. 9-40.

RIBEIRO, E. M. O.; SILVA, N. H. da; LIMA FILHO, J.L. de; BRITO, J.Z. de; SILVA, M. da P. C. da. Study of carbohydrates present in the cladodes of *Opuntia ficus-indica* (fodder palm), according to age and season. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 933–939, 2010.

RIBEIRO, J. L., NUSSIO, L. G., MOURÃO, G. B., QUEIROZ, O. C. M., SANTOS, M. C., SCHMIDT, P., Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.230- 239. 2009.

RODRIGUES, A. M.; PITACAS, FI; REIS, CMG; BLASCO, M. Nutritional value of *Opuntia ficus-indica* cladodes from portuguese ecotypes. **BuLIGarian. Journal of Agricultural Science**, v. 22, n. 1, p. 40- 45, 2016.

ROTZ, C.A.; MUCK, R. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY, D.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society, Soil Science Society, 1994, p.828-868.

SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; LAZZARINI, I.; SOUZA, M.A.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.560-569, 2009.

SANTOS, A. P. M. Silagens de sorgo BRS Ponta Negra aditivadas com ureia. **Dissertação de mestrado - Areia: UFPB/CCA**, 2014.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de alimentos métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.

SILVA, F.C. da; M.F.de; PÉREZ, D.V.; EIRA, P.A. da; ABREU, C.A. de; VAN RAIJ, B.; GIANELLO, C.; COELHO, A.M.; QUAGGIO, J.A.; TEDESCO, M.J.; SILVA, C.A.; BARRETO, W.O. Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. In: SILVA, F.C. de. (Ed. Técnico). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. rev., ampl. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2009. p. 107-189.

SILVA, N. C. D; MARTINS, T. L. M.; BORGES, I. MACROMINERAIS: DEFICIÊNCIAS E INTERAÇÕES COM A PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE RUMINANTES. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 3, jul. /set., p. 263-271, 2018.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, D. J.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; LIRA, M.A.; FERREIRA, R.L.C.; BEZERRA NETO, E.C.; FARIAS, I. Efeito da adubação e do uso

de nematocida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33 n.6, p.1992-1998, 2004.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; BORGES, I. (2003). Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. **Embrapa Pantanal-Documentos (INFOTECA-E)**.

TORUK, F., GONULOL, E., KAYISOGLU, B., KOC, F. Effects of compaction and maturity stages on sunflower silage quality. **African Journal of Agricultural Research**, v.5, p.5- 59. 2010.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. The mineral nutrition of livestock. Cabi, 1999.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994, 476p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. 74. 3583-3597. 1991.

VIEIRA, E.L.; BATISTA, A.M.V.; GUIM, A.; CARVALHO, F.F.; NASCIMENTO, A.C.; ARAÚJO, R.F.S.; MUSTAFA, A.F. Effects of hay inclusion on intake, in vivo nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.141, n.4, p.199–208, 2008.

WANDERLEY, W.L; FERREIRA, M.A.; BATISTA, A. M. V. VERAS, A.S.C.; SANTOS, D.C.; URBANO, S.A.; BISPO, S.V. Silagens e fenos em associação à palma forrageira para vacas em lactação. Consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.3, p .745-754 jul./set., 2012.

WEINBERG, Z.G.; KHANAL, P.; YILDIZ, C.; CHEN, Y.; ARIELI, A. Ensiling fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages. **Japanese Society of Grassland Science**, v.57, p.1-5, 2011.

WILKINSON, J. M.; DAVIES, D. R. **The aerobic stability of silage**: Key findings and recent developments. *Grass anorage Science*, v. 68, p.230-239, 2012.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 322p

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; DOREA, J.R.R.; DANTAS, P.A.S.; SILVA, T.C.; PEREIRA, O. Evaluation of elephant grass with addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.12, p.2611-2616, 2010.

ZHANG, S.-J., CHAUDHRY, A.S., RAMDANI, D., OSMAN, A., GUO, X.-F., EDWARDS, G.R., CHENG, L. (2016). Chemical composition and in vitro fermentation characteristics of high sugar forage sorghum as an alternative to forage maize for silage making in Tarim Basin, China. **Journal of Integrative Agriculture** 15, 175-182.

## CAPÍTULO 2

### **Consumo e digestibilidade de matéria seca e de nutrientes por ovinos alimentados com silagens mistas de palma forrageira e feno de gliricídia**

**Resumo** – Objetivou-se avaliar o consumo de matéria seca e nutrientes, coeficientes de digestibilidade da matéria seca e nutrientes, e balanço hídrico de ovinos alimentados com as silagens compostas com palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.) associada a níveis de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). Utilizaram-se 20 ovinos alojados em gaiolas metabólicas individuais e distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos e cinco repetições. Quatro dietas contendo palma forrageira associada a diferentes níveis de feno de gliricídia: 10; 20; 30 e 40% foram utilizadas. Observou-se que as silagens influenciaram parâmetros inerentes ao consumo e a digestibilidade de matéria seca e de nutrientes por ovinos alimentados com as silagens mistas, promovendo efeito: a) linear crescente para digestibilidade da FDN ( $P=0,044$ ); b) linear decrescente para: consumo de água via alimento ( $P<0,001$ ), consumo de água total ( $P<0,001$ ), excreção de água via fezes ( $P=0,041$ ), excreção de água via urina ( $P=0,003$ ) e excreção de água total ( $P<0,001$ ); e c) quadrático para: consumo de MS em  $\text{g.kg}^{-1}$  ( $P=0,015$ ), consumo de MS em %PC ( $P=0,031$ ), consumo de MS em  $\text{g/Kg}0,75$  ( $P=0,024$ ), consumo de matéria orgânica ( $P=0,012$ ), consumo de FDN ( $P=0,006$ ), consumo de carboidratos totais ( $P=0,012$ ), consumo de CNF ( $P=0,006$ ), digestibilidade de PB ( $P=0,044$ ). A inclusão de feno de gliricídia entre teores de 20 a 30% na silagem à base de palma forrageira proporcionou melhora nos parâmetros químicos das silagens mistas. Esses níveis de adição de feno também proporcionaram melhor aproveitamento da MS e dos nutrientes, em ovinos alimentados.

**Palavras-chaves:** Valor nutritivo, semiárido, leguminosa, palma forrageira, preservação de forragem.

## CHAPTER 2

### **Consumption and digestibility of dry matter and nutrients by sheep feeded with mixed silages of forage palm and gliricidia**

The objective of this study was to evaluate the consumption of dry matter and nutrients, digestibility coefficients of dry matter and nutrients, and water balance of sheep fed silage composed of forage palm (*Opuntia ficus indica* Mill.) Associated with levels of gliricidia hay (*Gliricidia sepium*). Twenty sheep were used, housed in individual metabolic cages and distributed in a completely randomized design (DIC) with four treatments and five replications. Four diets containing forage palm associated with different levels of gliricidium hay: 10; 20; 30 and 40% were used. It was observed that the silages influenced parameters inherent to the consumption and digestibility of dry matter and nutrients by sheep fed mixed silages, promoting an effect: a) increasing linear for NDF digestibility ( $P = 0.044$ ); b) decreasing linear for: water consumption via food ( $P < 0.001$ ), total water consumption ( $P < 0.001$ ), water excretion via faeces ( $P = 0.041$ ), urine water excretion ( $P = 0.003$ ) and excretion total water ( $P < 0.001$ ); and c) quadratic for: consumption of DM in  $\text{g.kg}^{-1}$  ( $P = 0.015$ ), consumption of DM in% PC ( $P = 0.031$ ), consumption of DM in  $\text{g} / \text{Kg}^{0.75}$  ( $P = 0.024$ ), consumption of matter organic ( $P = 0.012$ ), NDF consumption ( $P = 0.006$ ), total carbohydrate consumption ( $P = 0.012$ ), CNF consumption ( $P = 0.006$ ), PB digestibility ( $P = 0.044$ ). The inclusion of gliricidium hay between 20 to 30% in silage based on forage palm provided an improvement in the chemical parameters of mixed silages. These levels of addition of hay also provided better use of DM and nutrients in fed sheep.

**Keywords:** Nutritional value, semi-arid, legume, forage palm, preservation of forage.

## 1. INTRODUÇÃO

Adaptada em regiões áridas e semiáridas em várias localidades do mundo, o cultivo da palma forrageira tem sido difundido por apresentar grande potencial na alimentação de ruminantes, por se tratar de uma fonte alimentar rica em nutrientes e em água, principalmente, que pode ser ofertada aos animais em qualquer época do ano (SILVA, 2018).

A palma apresenta ainda a possibilidade de ser ensilada individualmente ou associada com outros ingredientes, de modo que, nos últimos anos, a silagem com cactáceas têm sido destaque como uma estratégia alimentar eficiente no período crítico do ano (BRITO *et al.* 2020). Entretanto, a silagem de palma forrageira apenas, mesmo sendo rica em carboidratos solúveis, apresenta baixos teores de matéria seca (10 a 13%) e de proteína bruta (4,2 a 6,2%), o que limita a sua utilização como alimento exclusivo para ruminantes (LEITE *et al.* 2018;). Diante dessa limitação, estudos vêm sendo realizados e indicam resultados promissores quando a silagem de palma é associada à leguminosas (GUSHA, *et al.*, 2014; GUSHA *et al.*, 2015; BRITO *et al.*, 2018; GODOI, 2018).

Como alternativa para melhorar as características nutricionais da silagem de palma, a combinação com o feno de gliricídia seria uma possibilidade interessante, pois os altos teores de matéria seca e proteína presentes no feno, aliados às altas concentrações de carboidratos solúveis da palma forrageira configuram-se atributos extremamente importantes e desejáveis no processo fermentativo da silagem, resultando em perdas reduzidas, alta estabilidade aeróbia e alto valor nutritivo (BRITO *et al.*, 2018).

Contudo, fatores como o padrão de fermentação e composição química da silagem, exercem influência importante na resposta do animal, quanto à ingestão e digestibilidade do alimento (SANTOS *et al.*, 2010). Além disso, ao considerar que a silagem de palma forrageira se trata uma forragem úmida (FONTANELI *et al.*, 2009), há a necessidade, mesmo fazendo a sua associação à uma leguminosa, de compreender os mecanismos da ingestão e excreção hídricas.



Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o consumo e a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, bem como o balanço hídrico em ovinos alimentados com as silagens mistas a base de palma forrageira e feno de gliricídia.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar o consumo e digestibilidade de matéria seca e de nutrientes das silagens compostas com palma forrageira associada a níveis de feno de gliricídia.

### **2.2. Objetivos específicos**

Avaliar o consumo, a digestibilidade e o balanço hídrico em ovinos alimentados com silagens a base de palma forrageira associada a níveis de feno de gliricídia.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Aspectos éticos e local do experimento**

A pesquisa foi realizada seguindo as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Semiárido, registrada com o número 04/2016.

O experimento foi realizado no período de julho/agosto de 2019, no Laboratório de Exigência e Metabolismo Animal (LEMA) pertencente a Universidade do Vale do São Francisco (UNIVASF) (latitude 9° 19' 08" S, longitude 40° 33' 47" O, altitude 398 m) situado no município de Petrolina/PE.

Durante o período experimental, as médias de temperatura ambiente e umidade relativa do ar dentro do galpão onde os animais foram dispostos, durante o período experimental foram de 27,6°C a UR foi 38,9%, respectivamente (Sant'ana 2020, dados não publicados).

### **3.2. Animais, instalações e período experimental**

Foram utilizados 20 ovinos, não castrados e sem padrão racial definido (SPRD), com idade média de 6 ± 1 meses e peso corporal médio inicial de 18 ± 1kg. Os animais receberam anti-helmíntico e, em seguida, foram distribuídos em baias individuais (1,10

x 0,73m), dotadas com comedouros, bebedouros, saleiros plásticos e dispositivos apropriados para coleta de urina e fezes, em galpão coberto galpão de estrutura metálica (telhado aço galvanizado), ventilado, com tela de fibra sintética de polipropileno nas laterais (onde havia irradiação solar nos horários mais quentes) e com piso cimentado. O período experimental foi de 15 dias, sendo 11 destinados a adaptação dos animais às baias e à dieta, e 4 dias destinados a coleta de dados.

### **3.3. Tratamentos, delineamento, dietas experimentais e manejo alimentar**

Os tratamentos corresponderam a dietas com quatro níveis de inclusão de feno gliricídia (*Gliricídia sepium* (Jacq.) Steud) (10%, 20%, 30% e 40%) nas silagens de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.). O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado (DIC), com 04 tratamentos e 05 animais por tratamento, totalizando 20 unidades experimentais. Para compor as dietas experimentais, utilizou-se a palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.) e o feno de gliricídia (*Gliricídia sepium* (Jacq.) Steud), sendo ambos provenientes de áreas estabelecidas no campo experimental da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.

Dias antes da produção da silagem, a palma foi colhida e armazenada à sombra de árvore, e o feno de gliricídia foi previamente confeccionado a partir do terço superior das plantas, manejadas com 3 cortes anuais, que, após colhidas foram submetido aos procedimentos inerentes à técnica de fenação, sendo em seguida armazenado em galpão sombreado.

A palma foi cortada em fatias para, em seguida ser processada em uma picadeira e ensiladeira (Pinheiro PP35), enquanto o feno de gliricídia foi picado em máquina estacionária ensiladeira. Tanto a palma quanto o feno já picado, foram pesados, homogeneizados e colocados no interior dos silos experimentais, que consistiram em tambores plásticos com capacidade de 200L cada, onde, após a compactação das forragens (feita com os pés), os silos foram fechados e lacrados com anel metálico. Em seguida, cada silo foi pesado e a média de forragem por silo foi de aproximadamente 152,5 kg, atingindo a densidade média de 762,5 kg m<sup>-3</sup>. Os silos foram fechados e lacrados com anel metálico.

As silagens (90 dias após a sua confecção) foram fornecidas duas vezes ao dia (às 09h00 e às 15h00). Os animais foram alimentados de acordo com o consumo de matéria

seca do dia anterior, pesando diariamente as sobras dos alimentos nos cochos (retiradas todos os dias pela manhã, antes do primeiro trato) para ajustar a quantidade a ser fornecida, de maneira a garantir 20% de sobras do fornecido, para não haver limitação de consumo.

Após a pesagem das sobras, aproximadamente 10% da sobra total de cada animal foram coletadas em sacolas plásticas, devidamente identificadas e armazenadas em freezer. Além das sobras, foram retiradas amostras das dietas, das fezes e da urina de cada animal.

As amostras foram, após o período experimental, descongeladas em temperatura ambiente, homogeneizadas, formando uma amostra composta por animal, pré-secas (em estufa a 55°C) e trituradas em moinho de faca tipo Willey, com peneira de crivo de 1mm. Após a moagem, foram realizadas as análises químicas.

### **3.4. Análises químicas**

As análises químico-bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Semiárido).

A composição química dos ingredientes (Tabela 1) e das dietas, bem como das sobras e fezes foram determinadas no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Semiárido, seguindo as recomendações da AOAC (1990) Determinou-se a matéria seca (MS, método 967.03), matéria mineral (MM, método 942.05), proteína bruta (PB, método 981.10) e extrato etéreo (EE, método 920.29) (AOAC, 1990). O conteúdo de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDN<sub>cp</sub>) (MERTENS 2002; LICITRA *et al.*, 1996) e fibra em detergente ácido (FDA) foram estimados como descrito por Van Soest *et al.* (1991). A hemicelulose (HEM) foi calculada por meio da equação: HEM = FDN - FDA. A lignina foi quantificada a partir da imersão do resíduo de fibra em detergente ácido em solução de ácido sulfúrico 72% (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados de acordo Detmann e Valadares Filho (2010), utilizando a FDN corrigida para cinzas e proteína, por meio da equação: CNF= 100 - (%PB + %EE + %Cinzas + %FDN<sub>cp</sub>). Os carboidratos totais

(CHOT) foram calculados de acordo com Sniffen, O' Connor e Van Soest (1992) pela equação  $CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ .

**Tabela 1** - Composição química da palma forrageira e do feno de gliricídia.

Variável	Ingredientes	
	Palma forrageira ( <i>in natura</i> )	Feno de gliricídia
Matéria seca <sup>1</sup>	94,67	888,11
Matéria mineral <sup>2</sup>	173,39	91,18
Proteína bruta <sup>2</sup>	36,71	172,70
Fibra em detergente neutro <sup>2</sup>	228,85	369,32
Fibra em detergente neutro, corrigida para cinzas e proteína <sup>2</sup>	279,73	401,02
Fibra em detergente ácido <sup>2</sup>	103,08	246,57
Hemicelulose <sup>2</sup>	125,77	122,75
Lignina <sup>2</sup>	21,16	98,63
Carboidratos não-fibrosos <sup>2</sup>	487,22	327,95
Carboidratos totais <sup>2</sup>	766,95	728,97
Nutrientes digestíveis totais (g/kg MS) <sup>2</sup>	806,244	705,801

<sup>1</sup> Expressa em g/kg de matéria natural; <sup>2</sup> Expressa em g/kg de matéria seca.

A composição química das dietas está apresentada na Tabela 2. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados por meio da equação  $\%NDT = 87,84 - (0,70 \times \% FDA)$ , descrita por Sniffen *et al.* (1992).

**Tabela 23** - Composição química das dietas experimentais de palma forrageira com níveis de inclusão de feno de gliricídia.

Variável	Nível de feno de gliricídia (%)			
	10	20	30	40
Matéria seca <sup>1</sup>	131,28	247,40	317,31	419,25
Matéria mineral <sup>2</sup>	162,82	143,31	112,22	123,54
Proteína bruta <sup>2</sup>	139,06	124,72	122,48	141,85
Fibra em detergente neutro <sup>2</sup>	333,83	444,72	454,84	444,63
Fibra em detergente neutro, corrigida para cinzas e proteína <sup>2</sup>	270,58	371,91	378,90	430,56
Fibra em detergente ácido <sup>2</sup>	195,90	308,82	307,27	311,49
Hemicelulose <sup>2</sup>	137,93	135,90	147,57	133,14

Lignina <sup>2</sup>	69,48	111,54	98,76	96,19
Carboidratos totais <sup>2</sup>	674,37	700,19	757,92	722,17
Carboidratos não-fibrosos <sup>2</sup>	403,78	328,28	379,02	291,61
Nutrientes digestíveis totais (g/kg MS) <sup>2</sup>	861,27	662,22	662,51	660,36

<sup>1</sup> Expressa em g/kg de matéria natural; <sup>2</sup> Expressa em g/kg de matéria seca.

### 3.5. Consumo da matéria seca e dos nutrientes

Foram avaliados os consumos de MS, MO, PB, FDN, FDA, EE, CHT, CNF e NDT. O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi calculado segundo Sniffen *et al.* (1992):  $cNDT = (cPB - PBf) + 2,25*(cEE - Eef) + (cCT - CTf)$ , de modo que cPB, cEE e cCT significam, respectivamente, consumo de proteína bruta, extrato etéreo e carboidratos totais, enquanto PBf, Eef e CTf referem-se às excreções de PB, EE e CT nas fezes, onde,  $cNDT = (cPB - PBf) + 2,25*(cEE - Eef) + (cCT - CTf)$ .

### 3.6. Coeficiente de Digestibilidade

Para determinar a coeficiente de digestibilidade in vivo das silagens, cada gaiola de ensaio metabólico possuía um sistema de captação, para coleta total de fezes e urina. As coletas de fezes foram feitas através de bolsas coletoras, acopladas nos animais, que por sua vez eram esvaziadas duas vezes ao dia e seu conteúdo coletado para obtenção da excreção total de fezes. Para a coleta da urina, utilizou-se recipientes plásticos (localizados abaixo das gaiolas) contendo 200 mL de ácido clorídrico diluído em água destilada na proporção de 1:1 (SCHNEIDER; FLATT, 1975), para prevenir as perdas de nitrogênio por volatilização. Foi pesado o volume total diário a cada 24h, a fim de determinar o volume total de urina.

Após cada coleta e quantificação total, tanto das fezes quanto da urina, era retirada uma alíquota de 10%, para posterior determinação dos teores nitrogênio total na urina e de matéria seca na urina, segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

### 3.7. Consumo de água via bebedouro

Os consumos de água foram registrados individualmente, a água foi fornecida em recipientes de volume conhecido, renovada diariamente e as sobras medidas diariamente. Para estimar a evaporação, três recipientes com água foram distribuídos em pontos estratégicos no galpão, de forma que após pesagem, esta perda (evaporação) foi

adicionada ao cálculo do consumo médio diário de água por cada animal, obtido pela diferença entre a quantidade oferecida e a sobra. O consumo voluntário de cada animal, referente à água foi obtido pela diferença entre o ofertado e a sobra (considerando às perdas por evaporação).

### **3.8. Balanço Hídrico**

Inicialmente, determinou-se a produção de água metabólica (AM), estimada a partir da análise químico-bromatológica das dietas e calculada multiplicando-se o consumo de carboidrato, proteína e extrato etéreo digestíveis pelos fatores 0,60; 0,42 e 1,10, respectivamente (TAYLOR *et al.*, 1969; CHURCH, 1976):  $AM = (CCHOT \times 0,60) \times (CPB \times 0,42) \times (CEE \times 1,10)$ . Em seguida, tendo os dados de consumo de água de todas as fontes: consumo de água via bebedouro (CAB), consumo de água via alimento (CAVA) e consumo de água metabólica (CAM), determinou-se o Consumo de Água Total (kg/dia) (CAT), pela seguinte equação:  $CAT = CAB + CAVA + CAM$ .

O balanço hídrico foi determinado, a partir das seguintes equações: Ingestão total de água (kg/dia) (CAT) = consumo de água via bebedouro + consumo de água via alimento; Excreção total de água (kg/dia) (EAT) = água excretada na urina + água excretada nas fezes; Água absorvida (g/dia) (Aabs) =  $CAT - \text{água excretada na urina}$ ; Água retida (kg/dia) (Aret) =  $CAT - ET$ ; Balanço hídrico (% BH) =  $(\text{água retida}/ITA) \times 100$  (MENEZES, 2011).

Determinou-se a água absorvida (g/dia) (Aabs =  $CAT - \text{água excretada via urina}$ ) e água retida (kg/dia) (Aret =  $CAT - ET$ ). Já para expressar a excreção total (kg/dia) (ET), fez-se a diferença entre excreção de água via urina (EAU) e água excretada via fezes (EAF).

### **3.9. Determinação dos minerais**

Para determinação dos macros e microminerais, as amostras dos ingredientes, dietas, sobras e fezes foram homogeneizadas de forma a obter uma composta de cada animal por período, depois o material foi pré-seco em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas e moído em moinho de facas do tipo Willey, usando peneira de crivo 1 mm. Em seguida foram identificados e enviadas ao Laboratório de Análise de solo, água e planta da Embrapa Semiárido, para a determinação dos teores dos macronutrientes

(nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e micronutrientes (ferro, manganês, cobre, zinco e boro), segundo Silva *et al.* (2009).

### 3.10. Análise estatística

Os dados foram avaliados em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os resultados foram submetidos a análise de variância e regressão, com os graus de liberdade desdobrados em efeitos linear e quadrático, de acordo com os teores de feno de gliricídia. Para a análise estatística utilizou-se o Programa Computacional SAS (9.3) e o modelo matemático  $\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ , em que:  $\gamma_{ij}$ = variáveis dependentes;  $\mu$ = média geral de todas as observações;  $\tau_i$ = efeito da *i*-ésima proporção de inclusão feno de gliricídia e  $\varepsilon_{ij}$ = erro aleatório residual,  $N_{IID}(0, \sigma^2)$ .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados da tabela 3, os animais que receberam as dietas dos tratamentos com 20 e 30% de inclusão de feno de gliricídia apresentaram maiores consumos ( $P < 0,05$ ). A importância dessa variável é devida por afetar diretamente o consumo dos demais nutrientes e, conseqüentemente, o desempenho produtivo dos animais, pois, estima-se que de 60 a 90% da variação no desempenho animal é relacionado ao consumo de matéria seca e apenas 10 a 40% está relacionado a digestibilidade da dieta (KARIMIZADEH *et al.*, 2017; LUZ *et al.*, 2019).

Para o consumo de proteína bruta, não houve diferença entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). Já para as demais variáveis, observou-se comportamento quadrático (Tabela 3).

**Tabela 3** - Consumo de nutrientes por ovinos alimentados com silagem de palma com de feno gliricídia.

Consumo (g.kg <sup>-1</sup> )	Nível de feno de gliricídia (%)				EPM	Valor-P <sup>1</sup>	
	10	20	30	40		L	Q
Matéria Seca (dia)	287,37	549,34	488,97	372,33	69,16	0,538	0,015
Matéria Seca (%PC)	1,60	3,05	2,71	2,07	0,35	0,391	0,031
Matéria Seca (g/PC <sup>0,75</sup> )	44,40	54,31	60,63	33,29	7,43	0,429	0,024

Matéria Orgânica	240,58	470,61	434,12	326,33	59,92	0,422	0,012	
Fibra em Detergente Neutro	100,53	242,01	230,00	187,05	28,83	0,073	0,006	
Proteína Bruta	70,22	90,87	80,66	86,92	9,54	0,364	0,462	
Carboidratos Totais	194,72	381,28	382,52	288,8	49,79	0,221	0,012	
Carboidratos Fibrosos	Não	117,35	184,23	197,27	99,26	26,03	0,728	0,006

Significativo a nível de 5% probabilidade. EPM= Erro padrão da média; L= linear; Q= quadrático; %PC= porcentagem do peso corporal; g/PC0,75=gramas por unidade de tamanho metabólico; CMS = Consumo de matéria seca; Equações:  $1\hat{y} = -97.381500 + 49.270590x - 0.946505x^2$ ,  $R^2 = 0.91$ ;  $2\hat{y} = 0.5575550 + 0.198811x - 0.004257x^2$ ,  $R^2 = 0.88$ ;  $3\hat{y} = 8.366700 + 4.384698x - 0.093097x^2$ ,  $R^2 = 0.89$ ;  $4\hat{y} = -109.548500 + 44.434490x - 0.844535x^2$ ,  $R^2 = 0.94$ ;  $5\hat{y} = -102.516500 + 25.528590x - 0.461065x^2$ ,  $R^2 = 0.93$ ;  $6\hat{y} = 3.097000 + 0.928460x - 0.024150x^2$ ,  $R^2 = 0.41$ ;  $7\hat{y} = -109.372500 + 37.868570x - 0.700675x^2$ ,  $R^2 = 0.98$ ;  $8\hat{y} = -46.272000 + 20.198760x - 0.412220x^2$ ,  $R^2 = 0.97$ .

O consumo diário de MS ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) foi maior ( $P=0,015$ ) nos animais que receberam as dietas com os níveis intermediários de adição do feno de gliricídia na silagem de palma (20 e 30%), já os maiores consumos de MS em %PC e g/PC0,75 foram observados no tratamento com 30% de adição de feno. Provavelmente, isso se deve à composição químico-bromatológica das dietas, pois conforme aumentou-se o nível de adição de feno, houve também um incremento no teor de MS na composição das dietas.

Contudo, para os consumos de MS (em %PC e g/Kg0,75), observou-se redução no nível de 40%, em comparação aos demais. Supostamente, o tamanho dos animais e o seu conteúdo estomacal reduzido podem ter influenciado no consumo, devido o efeito de enchimento ruminal (SILVA *et al.*, 2015). Outra possibilidade é que, os animais possam ter selecionado por visão e/ou cheiro o material passível de ser ingerido, tomando a decisão de comê-lo ou não (NASCIMENTO *et al.* 2009).

Gusha *et al.* (2015), avaliando a silagem na forma de ração à base de palma forrageira (70%) e de leguminosas (30%) na alimentação de ovinos, verificaram consumo médio superior (de 0,72 a 0,80 kg de MS/animal/dia). De modo geral, neste estudo, as dietas a base de palma forrageira e feno de gliricídia não proporcionaram o consumo esperado (de 1,0 a 1,3 kg de MS/dia), conforme os padrões preditos pelo NRC (2007), para a categoria animal estudada. Tal fator pode estar associado aos teores de lignina das dietas experimentais, pois a lignina é o maior componente da parede celular das plantas e possui de baixa ou nula digestibilidade, sendo identificada como principal responsável pelas limitações da digestibilidade da MS, da fibra, da celulose e hemicelulose. Ademais, é considerada o principal fator limitante da digestibilidade em



forragens (LAUNCHBAUGH *et al.*, 2001) e sua proporção aumenta à medida que a planta amadurece, reduzindo a porção mais digestível, conseqüentemente, a disponibilidade de energia para o animal.

No presente estudo, observou-se que as dietas com níveis de 20 e 30% de inclusão de feno, proporcionaram maiores CMS, além de maiores valores médios de consumo dos nutrientes (MO, FDN, CHO e CNF), comparados aos níveis de com maior e menor proporções do feno na dieta. Neste sentido, o consumo de nutrientes está diretamente relacionado ao consumo de MS (RODRIGUES *et al.*, 2007).

Em relação ao consumo de FDN, possivelmente quando ensilado à 20% com a silagem de palma, o feno de gliricídia tenha permitido menor seleção por parte dos animais e maior ingestão do nutriente neste nível, devido a palma forrageira ter alta aceitabilidade, o que geralmente a torna consumida voluntariamente quando presente em grandes quantidades (CAIN *et al.*, 2006; COSTA *et al.*, 2012). Confirmando com o que Van Soest (1994), afirmou sobre o teor de FDN do alimento ser inversamente relacionado com o consumo.

Nos tratamentos com 20 e 30% de inclusão de feno de gliricídia, observou-se maiores consumos de CHOT e CNF. Este fato pode estar associado aos maiores consumos de MS pelos animais alimentados com estas dietas e pela própria composição bromatológica destas, visto que, considerando o consumo de CNF em relação a quantidade de CHOT observa-se que o consumo seguiu o mesmo padrão da composição bromatológica. Dessa maneira, pode-se observar que nas dietas (Tabela 1), o teor de CNF em relação aos CHOT foi de 60, 47, 50 e 40%, respectivamente para os níveis de inclusão de feno de gliricídia, tendo comportamento semelhante no consumo destes nutrientes (Tabela 11), com % de CNF em relação aos CHOT de 60, 48, 52 e 34%.

Na Tabela 4 observa-se efeito linear crescente para a digestibilidade da FDN (P=0,044) e efeito quadrático para digestibilidade da PB (P=0,015), não sendo observadas diferenças (P>0,05) para digestibilidade da MS, MO, CHOT e CNF.

**Tabela 44** - Coeficiente de digestibilidade em ovinos alimentados com silagem de palma forrageira com feno de gliricídia.

Coeficiente de digestibilidade (%)	Níveis de Inclusão de Gliricídia				EPM	Valor-P	
	10	20	30	40		L	Q
Matéria Seca	45,45	58,77	45,66	63,44	6,3	0,167	0,728

Matéria Orgânica	44,42	63,76	49,77	66,18	6,54	0,099	0,826
Fibra em Detergente Neutro <sup>1</sup>	44,75	67,83	51,53	71,44	6,51	0,044	0,811
Proteína Bruta <sup>2</sup>	76,31	79,24	74,62	88,1	1,94	0,003	0,015
Carboidratos Totais	61,4	72,8	63,09	73,64	4,63	0,211	0,928
Carboidratos não fibrosos	62,2	67,23	67,07	65,29	4,28	0,641	0,438

Significativo a nível de 5% de probabilidade. EPM= Erro padrão da média; L= linear; Q= quadrático; Equações:  $^1\hat{y} = 38.987000 + 1.034020x - 0.007930x^2$ ,  $R^2 = 0.41$ ;  $^2\hat{y} = 85.074000 - 1.011600x + 0.026380x^2$ ,  $R^2 = 0.69$ ;  $^3\hat{y} = -45.458000 + 8.237820x$ ,  $R^2 = 0.84$ .

A digestibilidade da FDN aumentou à medida que o nível de feno glicirídica aumentou, sendo o menor valor médio (44,42%) verificado no tratamento com maior proporção (90%) de palma forrageira na silagem. Este resultado corrobora com a afirmação de Grant e Mertens (1992), ao mencionarem que pode ocorrer uma redução na digestão da fibra com o aumento da quantidade de concentrado e redução na quantidade de volumoso e fibra na dieta, devido ao aumento nas proporções de carboidratos prontamente fermentáveis, sendo a palma forrageira é rica deste último composto.

Bispo *et al.* (2007), avaliando o efeito da substituição do feno de capim-elefante por palma forrageira, o maior valor médio para a digestibilidade da FDN foi de 52,69%, para o nível de inclusão de 56% de palma forrageira na dieta. Contudo, no presente estudo, os animais alimentados com silagem a base de 60% de palma forrageira e 40% de feno de glicirídica, apresentaram/obtiveram uma digestibilidade de 71,44%, evidenciando que a palma ensilada com o feno pode ter aumentado a digestibilidade.

Nesse sentido, possivelmente, quando os animais foram alimentados com maiores teores de carboidratos estruturais na dieta, a FDN ingerida pode ser considerada como fisicamente efetiva, estimulando o processo de mastigação e contribuindo no tamponamento do rúmen (MACEDO JÚNIOR *et al.*, 2007). Dessa forma, a FDN prontamente degradável por microrganismos do rúmen, possibilitou a produção de ácidos resultantes de fermentação ruminal, podendo a FDN digestível ter contribuído para a produção de ácidos (NOCEK, 1997; MACEDO JÚNIOR *et al.*, 2007). Sendo assim, os maiores níveis de adição de feno de glicirídica, na silagem a base de palma forrageira, melhorou a digestibilidade da fibra.

A maior digestibilidade da PB foi observada no maior nível 40% de inclusão do feno de glicirídica. Possivelmente, este comportamento se dê em função da alta taxa de

passagem da palma forrageira no rúmen, sendo rapidamente degradada, ocasionando assim, a redução na produção de proteína microbiana e na digestibilidade deste nutriente (SILVA *et al.*, 2018; LOPES *et al.*, 2020). Os maiores teores de FDN no feno de gliricídia (Tabela 2) conferem também menor taxa de passagem a este alimento.

Godoi (2018), avaliando o potencial de silagens completas com 40% palma forrageira, observou que o coeficiente de digestibilidade da PB foi maior no tratamento que continha silagem de palma e gliricídia (78,86%) em comparação ao tratamento com silagem de palma e milho (25,55%). Já, Lopes *et al.*, (2020), avaliando genótipos de palma forrageira (*in natura*) e feno de tifton na dieta de cordeiros, verificaram que quando os animais receberam uma dieta com 45% de palma *Opuntia*, a digestibilidade aparente da PB foi de 68,15%, enquanto neste estudo, a menor digestibilidade (74,62%) do nutriente foi verificada com a inclusão de 30% de palma forrageira na silagem. Assim, pode-se inferir que a combinação da palma com o feno de gliricídia podem possibilitar incremento na digestibilidade da proteína.

Na Tabela 5, as variáveis relacionadas ao consumo e excreção de água, bem como o balanço hídrico são apresentadas. Não se observou efeito ( $P < 0,05$ ) para o consumo de água via bebedouro (CAVB), consumo de água metabólica (CAM) e balanço hídrico (BH). Por outro lado, houve efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) para: consumo de água via alimento (CAVA), consumo de água total (CAT), excreção de água via fezes (EAF), excreção de água via urina (EAU) e excreção de água total (EAT).

**Tabela 5** - Consumo, excreção de água e balanço hídrico em ovinos alimentados com silagem de palma forrageira com feno de gliricídia.

Variável	Nível de Inclusão de Gliricídia				EPM	Valor-P	
	10	20	30	40		L	Q
<b>Consumo de água</b>							
Via bebedouro	0,21	0,62	0,77	0,79	0,20	0,061	0,376
Via alimento <sup>1</sup>	2,67	1,90	1,15	0,62	0,23	<0,001	0,604
Metabólica	0,09	0,20	0,16	0,15	0,02	0,283	0,061
Consumo total <sup>2</sup>	2,89	2,52	1,92	1,41	0,25	<0,001	0,799
<b>Excreção de água</b>							
Via fezes <sup>3</sup>	0,39	0,41	0,31	0,20	0,06	0,041	0,373
Via urina <sup>4</sup>	1,40	1,13	1,02	0,67	0,14	0,003	0,803
Excreção total <sup>5</sup>	1,80	1,54	1,33	0,88	0,15	<0,001	0,523

Balanco hídrico	1,09	0,97	0,78	0,69	0,17	0,091	0,941
-----------------	------	------	------	------	------	-------	-------

EPM= Erro padrão da média; L= linear; Q= quadrático; Equações:  $^1\hat{y}= 3.315000 - 0.069080x$ ,  $R^2= 0.99$ ;  $^2\hat{y}= 3.446000 - 0.050260x$ ,  $R^2= 0.99$ ;  $^3\hat{y}= 0.499000 - 0.006620x$ ,  $R^2= 0.84$ ;  $^4\hat{y}= 1.640000 - 0.023280x$ ,  $R^2= 0.96$ ;  $^5\hat{y}= 2.140000 - 0.029920x$ ,  $R^2= 0.97$ .

Como as dietas não interferiram no CAVB, a redução CAT à medida que se aumenta o nível de adição do feno de gliricídia, podendo ser justificada pelo CAVA, uma vez que, quando o teor de MS na dieta é aumentado, a disponibilidade de água por essa via diminui (Tabela 2). Para Vieira *et al.* (2008), a principal via de obtenção de água pelo animal é por ingestão direta, devido a ritmos diários de beber água, quando os animais consomem alimentos suculentos, a ingestão de água pode ser muito reduzida ou nula. Dessa forma, os maiores CAVA e CAT, foram quando os animais receberam dietas com a redução do nível do feno e maiores proporções de palma forrageira na silagem, que possibilitaram aumento nas excreções de água (EAF, EAU e EAT).

De acordo com Neto *et al.* (2016), quando havia a palma forrageira (*in natura*) na dieta, o volume urinário era maior, em comparação a dietas à base de feno, devido a cactácea propiciar maior aporte hídrico via alimento, como também devido a ação de eletrólitos com efeito diurético presentes na palma, como no caso do K. Mantendo assim, a homeostase entre a água ingerida (via bebedouro e via alimentos) e a excreção de água pelo organismo (Vieira *et al.*, 2008).

Conforme apresentado na tabela 5, para a EAF, além do teor de umidade incrementado pela palma forrageira, pode estar relacionada à presença de ácidos orgânicos e minerais, como oxalato que, conforme Batista *et al.* (2009), aumentam a osmolaridade da digestão intestinal e, conseqüentemente, aumentam a excreção de água via fezes.

Em relação a composição mineral das silagens à base de palma forrageira com níveis de feno de gliricídia, os valores obtidos estão apresentados na Tabela 6, em que a adição do feno de gliricídia promoveu efeito ( $P<0,05$ ) tanto para os teores dos macrominerais (fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre), quanto para os teores de microminerais (ferro, manganês e sódio).

**Tabela 65** - Macrominerais e microminerais em silagem a base de palma forrageira com níveis de feno de gliricídia.

Minerais	Níveis de Inclusão de feno de Gliricídia				EPM	Valor -P	
	10	20	30	40		L	Q

Macrominerais (g.kg <sup>-1</sup> )							
P <sup>1</sup>	3,22	3,14	4,84	9,07	0,85	0,007	0,065
K <sup>2</sup>	28,50	11,00	9,25	7,75	1,15	<0,001	0,002
Ca <sup>3</sup>	30,82	20,31	16,94	19,53	0,68	0,001	0,722
Mg <sup>4</sup>	6,74	5,63	4,67	4,64	0,07	<0,001	0,002
Na <sup>5</sup>	1615,00	1120,00	885,00	775,00	35,25	<0,001	0,005
S <sup>6</sup>	4,81	2,90	3,38	2,91	0,36	0,034	0,121
Microminerais (mg.kg <sup>-1</sup> )							
B	31,46	39,53	7,13	42,70	5,04	0,956	0,053
Cu	10,10	9,75	8,27	11,76	1,42	0,612	0,250
Fe <sup>7</sup>	621,05	426,73	315,73	365,80	37,39	0,006	0,031
Mn <sup>8</sup>	57,80	42,77	34,80	29,20	0,99	<0,001	0,009
Zn	40,65	35,96	34,50	116,48	43,76	0,312	0,378

EPM= Erro padrão da média; L= linear; Q= quadrático; significativo a nível de 5% de probabilidade. Equação: <sup>1</sup> $\hat{y} = 0,255000 + 0,192550x$ , R<sup>2</sup>= 0,79; <sup>2</sup> $\hat{y} = 30,125000 - 0,640000x$ , R<sup>2</sup>= 0,72; <sup>3</sup> $\hat{y} = 31,207500 - 0,372250x$ , R<sup>2</sup>= 0,61; <sup>4</sup> $\hat{y} = 7,237500 - 0,072550x$ , R<sup>2</sup>= 0,89; <sup>5</sup> $\hat{y} = 1787,500000 - 27,550000x$ , R<sup>2</sup>= 0,9091; <sup>6</sup> $\hat{y} = 4,810000 - 0,052350x$ , R<sup>2</sup>= 0,55; <sup>7</sup> $\hat{y} = 956,992500 - 39,315000x + 0,610950x^2$ , R<sup>2</sup>= 0,99; <sup>8</sup> $\hat{y} = 64,5900000 - 0,937800x$ , R<sup>2</sup>= 0,94.

O efeito observado para o Fósforo (P) foi linear (P=0,007), onde, o maior teor verificado foi na dieta com o nível de adição de feno de 40%, aumentando a presença deste macromineral à medida que o nível de inclusão do feno aumentou. Em relação ao Potássio (K), houve efeito linear decrescente (P<0,001) devido a palma forrageira ser uma rica fonte deste macromineral.

Para o Cálcio (Ca) o efeito observado foi linear (P=0,001), em que, o teor de Ca das silagens de palma, reduziu com o aumento dos níveis de adição de feno de gliricídia. Em geral, o P e o Ca são considerados conjuntamente, pois além de constituírem a maior parte dos minerais dos ossos dos animais, estão intimamente relacionados, de modo que uma deficiência ou excesso de um irá interferir na utilização do outro pelo metabolismo do animal, afetando funções importantes (SILVA *et al.*, 2018). Santos *et al.* (2009), avaliando o balanço de macrominerais em caprinos alimentados com palma forrageira e casca de soja, verificaram que a concentração de Ca variou de 10,0 a 86,6 g/kg de matéria seca (MS) e os níveis de P, entre 0,4 a 2,0 g/kg MS, o que resulta em relação Ca:P extremamente alta, onde o desbalanço na relação desses minerais está relacionado com a redução no consumo de matéria seca e no aparecimento de cálculos renais em caprinos, reduzindo a absorção desses minerais,

limitando o crescimento microbiano e a digestibilidade de diferentes ingredientes (BEN SALEM *et al.*, 1996).

Para o Magnésio (Mg), o efeito foi linear decrescente ( $P < 0,001$ ). Em que o teor de Mg reduziu com o aumento dos níveis de adição do feno. Em ruminantes, cerca de 70% de todo o Magnésio corporal localizado no esqueleto (GRACE, 1986) e a deficiência desse nutriente pode ocasionar atraso de crescimento, falta de apetite, incoordenações e convulsões musculares.

Para o Sódio (Na), o efeito observado foi linear decrescente ( $P < 0,001$ ), onde o maior teor deste macronutriente foi observado com o nível de adição de feno de 10%, reduzindo à medida que a inclusão de feno aumentou (40%). Em geral, o Na é considerado conjuntamente com o K, sendo que, na palma forrageira a relação K:Na geralmente é alta, embora o teor possa variar amplamente, de K 25,8 a 33,1 g/kg de MS (TELES *et al.*, 2004; WANDERLEY *et al.*, 2002; SANTOS *et al.*, 1990), conforme os genótipos e estádios fisiológicos da palma. Estes dois macronutrientes atuam como componentes dos fluídos e tecidos corporais, intervindo na manutenção da pressão osmótica, do equilíbrio ácido-base e na permeabilidade da membrana celular.

O efeito observado para o Enxofre (S) foi linear ( $P = 0,034$ ), onde o maior nível verificado foi na silagem com 10% de inclusão de feno. Para ovinos, a concentração máxima de S tolerada é de 0,30% de S/kg de MS (NRC, 2007).

Em relação ao Ferro (Fe), o efeito foi linear ( $P = 0,006$ ), possivelmente, devido a palma forrageira ser uma rica fonte deste micromineral (DESSIOMONI *et al.*, 2014), o incremento de feno de gliricídia reduziu a proporção do Fe na silagem de palma. Carvalho (2017) constatou que o processo de ensilar a palma forrageira proporcionou o aumento nos teores de Fe das variedades avaliadas, inclusive da OEM. Dentro do organismo, o Fe está associado à participação na molécula de hemoglobina, como seu sítio ativo, permitindo o transporte de oxigênio pelo sangue (SILVA; MARTINS; BORGES, 2017), sendo essencial em maiores teores para ruminantes jovens (alimentados com dietas à base de leite). Já para ruminantes adultos, a deficiência de Fe só é considerada um problema em animais que sofreram grandes perdas de sangue.

Referente ao Manganês (Mn), o efeito observado foi linear decrescente ( $P < 0,001$ ). O teor de Mn reduziu com o aumento dos níveis de inclusão de feno. Este comportamento se deve ao fato da palma ser uma rica fonte desse nutriente. Gomes *et al.* (2018) observaram que, para o genótipo OEM, o teor de Mn variou de 37,67 a

145,41 mg.kg<sup>-1</sup>, conforme o período de armazenamento após colheita (de 0 a 60 dias, respectivamente).

## **5. CONCLUSÃO**

A adição de 40% do feno de gliricídia na silagem de palma forrageira propicia melhoria de tal silagem, devido ao aumento no teor de proteína bruta, aumento na digestibilidade da matéria seca, além de reduzir a necessidade de fornecimento de água para os animais.

O uso de silagem de palma forrageira associada ao feno de gliricídia nos níveis de 20 e 30% em dietas para ovinos propiciaram maior consumo da matéria seca e aproveitamento dos nutrientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, D.C.: 1995. 1094p.

BATISTA, Â. M. V.; RIBEIRONETO, A. C.; LUCENA, R. B.; SANTOS, D. C.; DUBEUX JUNIOR, 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.

BENEDETTI, E. **Água na nutrição de ruminantes**. (Curso de Pós-graduação “lato sensu” em Nutrição e Alimentação de Ruminantes, Módulo 4). Uberaba: FAZU, 2007. 81 p.

BISPO, SV; FERREIRA, M. DE A.; VERAS, ASC; BATISTA, AMV; PESSOA, RAS; BLEUEL, MP. Cacto sem espinha em substituição ao feno de capim elefante. Efeito no consumo, digestibilidade aparente e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36 (6): 1902-1909, 2007.

BRITO, G. S. M. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L.; OLIVEIRA, J. S., MOURA ZANINE, A., PERAZZO, A. F.; CAMPOS, F. S.; LIMA, A. G. V. O.; CAVALCANTI, H. S. Mixed silages of cactus pear and gliricídia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**. v. 10, p. 1-13. 2020.

CAIN, J.W.; KRAUSMAN, P.R.; ROSENSTOCK, S.S.; TURNER, J.C. Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. **Wildlife Society Bulletin**, v. 34, n. 3, p. 570-581, 2006.

COSTA, R. G.; TREVINO, I.H.; MEDEIROS, G.R.; MEDEIROS, A.N.; PINTOS, T.F.; OLIVEIRA, R.L. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v. 102, n. 1, p. 13-17, 2012.

CHURCH, D. C. **Digestive physiology and nutrition of ruminants: digestive physiology**. 2nd ed. Corvallis: O & B Books Publishing, 349 p. 1976.

FONTANELI, R. S., SANTOS, H. P. FONTANELI, R. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. Passo Fundo, Rio Grande do Sul: Embrapa. 2009.

FLUCK, A.C.; SCHAFHÄUSER JÚNIOR, J.; ALFAYA JÚNIOR, H.; COSTA, O.A.D.; FARIAS, G.D.; SCHEIBLER, R.B.; RIZZO, F.A.; MANFRON, J.A.S.; FIOREZE, V.I.; RÖSLER, D.C. Composição química da forragem e do ensilado de azevém anual em função de diferentes tempos de secagem e estádios fenológicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.70, n.6, p.1979-1987, 2018.



GODOI, P.F.A. Potencial de silagens a base de palma forrageira em dietas para ovinos no Semiárido nordestino. 2018. 87f. Dissertação (**Mestrado em Ciência Animal e Pastagens**). Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Garanhuns, 2018.

GUSHA, J.; HALIMANI, T.E.; KATSANDE, S.; ZVINOROVA, P.I. Performance of goats fed on low quality veld hay supplemented with fresh spiny cactus (*Opuntia megacantha*) mixed with browse legumes hay in Zimbabwe. **Trop Anim Health Prod.** v.46, p.1257–1263, 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**, n. 206, p. 1-7, 2015.

HALL, M.B. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, n.12, p.3226-3232, 2003.

DONATO, P. E. R., PIRES, A. J. V., DONATO, S. L. R., BONOMO, P., SILVA, J. A. & AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.151-158, 2014.

DRIEHUIS, F.; EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. Produção de feno. **Informe Agropecuário**, v. 34, n.277, p.43-52, 2013.

GRANT, R. J.; MERTENS, D. R. Development of buffer system for pH control and evaluation of pH effects on fiber digestion in vitro. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 75, p. 1581-1587, 1992.

KARIMIZADEH, E., CHAJI, M., MOHAMMADABAD, T. Effects of physical form of diet on nutrient digestibility, rumen fermentation, rumination, growth performance and protozoa population of finishing lambs. **Animal Nutrition**, v.3, p.139-144, 2017.

KOZLOSKI, G.V.; TREVISAN, L.M.; BANNECARRE, L.M.; HÄRTER, C.J.; FIORENTINI, G.; GALVANI, D.B.; PIRES, C.C. Níveis de fibra em detergente neutro na dieta de cordeiros: consumo, digestibilidade e fermentação ruminal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.893-900, 2006.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LAUNCHBAUGH, K.L.; PROVENZA, F.D.; ROPP, J. Understanding herbivore response to anti-quality factors in forages. **Journal of Range Management**, v.54, n.2, p.431-440, 2001.

LEITE, J. R. A.; SALES, E. C. J. D.; MONÇÃO, F. P.; GUIMARÃES, A. D. S.; RIGUEIRA, J. P. S.; GOMES, V. M. Nopalea cactus pear fertilized with nitrogen: morphometric, productive and nutritional characteristics. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.40, 2018.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. **Animal Feed Science Technological**, v.57, n.4, p.347-358, 1996

LOPES, A., DE ANDRADE FERREIRA, M., BATISTA, Â. M. V., DO VALE MACIEL, M., DE ANDRADE, R. B., MUNHAME, J. A., ... & DE CARVALHO, F. F. R. (2020). Intake, digestibility, and performance of lambs fed spineless cactus cv. Orelha de Elefante Mexicana. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 33(8), 1284.

LUZ, J.B., GOMES, D.I., NETA, E.R. SANTOS, MEZZOMO, R., OLIVEIRA, L.R.S., SILVA, R.C., REIS, G.C., ALVES, K.S. Performance and digestibility of confined lambs fed with Babassu cake (*Orbignya speciosa*) as a substitute for elephant grass silage. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.71, n.3, p.977-982, 2019. Epub June 14, 2019. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-10512>.

MACEDO JÚNIOR, G. de L.; ZANINE, A. de M.; BORGES, I.; PÉREZ, J.R.O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. *Ciência Animal*, v. 17, p.7-17, 2007.

MENEZES, . R. **Utilização do Farelo de Mamona na Alimentação de Cordeiros em Terminação**. Areia, PB, 2011. Tese (doutorado) – Universidade federal da Paraíba-UFPB, Programa de doutorado integrado em Zootecnia, 2011.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, v.85, p.1217-1240, 2002.

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

NOCEK, J.E. Bovine acidosis: implication on laminitis. *Journal of Dairy Science*, v.80, p.1005, 1997.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of Small ruminants**.1. ed. Washington: NAP, 362p. 2007.

PEREIRA, E.S.; ARRUDA, A.M.V.; MIZUBUTI, I.Y.; SILVA, L. D. F. Consumo voluntário em ruminantes. *Semana: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 24, p.191-196, 2003.

RODRIGUES, C. A. F.; RODRIGUES, M. T.; BRANCO, R. H.; SILVA, M. M. C. da; TORRES FILHO, R. DE A.; QUEIROZ, A. C. de. Consumo, digestibilidade e produção de leite de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta e energia líquida. *R. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 36, n. 5, supl. p. 1658-1665, 2007.

SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. *Arch. Zootec.* v.59 (R), p.25-43, 2010.

SCHNEIDER, B. H.; FLATT, W. P. **The evaluation of feeds through digestibility experiments**. Athens: University of Georgia Press, 1975. 369p.

SILVA, A. E. M.; LIRA, A. T.; FERREIRA, M. A. ; BARROS, L. J. A.; MELO, T. T. B.; SIQUEIRA, T. D. Q.; SOARES, L. F. P. ; COSTA, C. T. F. Bagaço de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo em dietas para ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.16, n.1, p.118-129, 2015.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA, J. K. B. da. **Silagens de rações a base de palma forrageira e capim Buffel para ovinos em confinamento**. 2018. 111 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2018.

SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, 2015.

SILVA, R.C.; FERREIRA, M.A.; OLIVEIRA, J.C.V.; SANTOS, D.C.; GAMA, M.A.S.; CHAGAS, J.C.C.; INÁCIO, J.G.; SILVA, E.T.S.; PEREIRA, L.G.R. Orelha de Elefante Mexicans (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Science**, 48:516-25, 2018.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, D. J.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

TAYLOR, C. R.; SPINAGE, C. A.; LYMAN, C. P. Water relations of the waterbuck. an East African antelope. **American Journal of Physiology**, Baltimore, v. 217, n. 2, p. 630–634, 1969.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994, 476p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. 74. 3583-3597. 1991.

VIEIRA E.L.; BATISTA A.M.V.; MUSTAFA A.F.; ARAÚJO R.F.S.; SOARES P.C., ORTOLANI E.L.; MORI C.S. Effects of feeding high levels of cactus (*Opuntia ficus indica* Mill) cladodes on urinary output and electrolyte excretion in goats. **Livest. Sci.**, v. 114, p.354-57, 2008.