



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO
DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Características fermentativas e nutricionais de silagens compostas por
Palma forrageira e Gliricídia**

GÊSICA SAMÍRAMYS MAYRA DA SILVA BRITO

AREIA – PARAÍBA

ABRIL, 2018

GÊSICA SAMÍRAMYS MAYRA DA SILVA BRITO

**Características fermentativas e nutricionais de silagens compostas por
Palma forrageira e Gliricídia**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, da
Universidade Federal da Paraíba, Centro
de Ciências Agrárias, como parte das
exigências para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo - Orientador Principal

Profa. Dr. Edson Mauro Santos.

Prof. Dra. Juliana Silva de Oliveira.

AREIA – PARAÍBA

ABRIL, 2018

BIOGRAFIA DA AUTORA

Gêsis Samíramys Mayra da Silva Brito, nascida em 09 de setembro de 1991, filha de Maria Zenilda da Silva e de Luiz Leite de Brito, natural de Ipubi- PE, iniciou em março de 2010 o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, concluindo-o em agosto de 2015. Em outubro de 2015, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de concentração em Nutrição Animal – Ruminantes, da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, concluindo-o em maio de 2018.

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B862c Brito, Gêsis Samíramys Mayra da Silva.

Características fermentativas e nutricionais de silagens compostas por Palma forrageira e Gliricídia / Gêsis Samíramys Mayra da Silva Brito. - Areia, 2018. 76 f. : il.

Orientação: Gherman Garcia Leal de Araújo.

Coorientação: Edson Mauro Santos, Juliana Silva de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Aditivo nutricional. 2. Conservação. 3. Opuntia ficus-indica. 4. Gliricidia sepium. 5. Silagem mista. I. Araújo, Gherman Garcia Leal de. II. Santos, Edson Mauro. III. Oliveira, Juliana Silva de. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PARTES DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: "CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E NUTRICIONAIS DE SILAGENS COMPOSTAS
POR PALHA DE BARRA VERDE E CENOURA"

AUTOR: Césio Saldanhas Maynard Silva Brito

ORIENTADOR: Juliana Silva de Oliveira

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES

Prof.ª Dra. Juliana Silva de Oliveira
Presidente
Universidade Federal da Paraíba

Dr. Alexandre Fernandes Perazzo
Representante
PPGZ/UFPB

Prof. Dr. Flávio Sampaio Campos
Representante
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Arcia, 10 de abril de 2018

“Aprenda com o passado, viva
para o presente, acredite no
futuro.”

(Albert Einstein)

DEDICATÓRIA

“À Deus, pois Ele nunca me abandonou, sempre demonstrou seu amor através das pessoas. Insiste em me amar, mesmo eu sendo tão pequena diante de Dele. Me faz enxergar além do que posso. É minha fortaleza diante as adversidades.”

“A minha mãe Zenilda, por me ensinar a ser forte diante aLIGumas situações da vida. Aos meus irmãos Sâmara e Jorge que trazem alegria e paz ao ouvir cada palavra que falam, Aos meus avós Jorge e Marlene pois são me inspiração e minha base familiar, pessoas de íntegras e responsáveis, Ao meu sobrinho Emanuel, que me faz voltar a infância com suas brincadeiras, que faz ver inocência em todas as suas atitudes, o seu abraço e seu sorriso me faz acreditar em futuro melhor.”

“Ao meu esposo Hactus Cavalcanti, que tem se mostrado um grande companheiro, uma ser admirável que me ensina e mostra que tudo há um tempo certo, e que sair da zona de conforto, pode nos proporcionar momentos únicos. Estar ao seu lado me proporciona momentos melhores, mais alegres e cheios de “borboletas na barriga”. Não apenas este trabalho, mas todas as minhas conquistas profissionais e pessoais são dedicadas a vocês.”

“Ao professor Edson Mauro Santos e Juliana Silva de Oliveira, Grandes profissionais e seres humanos, que fazem o seu melhor ao transmitir seus conhecimentos, que em suas atitudes diárias, não medem esforços em repassar seus conhecimentos profissionais e de vivencias pessoas. São pessoas que tenho apresso, gratidão e admiração, são referenciais pra mim.”

AGRADECIMENTOS

A Deus, a quem sempre tenho o que agradecer, minha fortaleza.

À minha família que sempre posso contar, mesmo não sendo perfeita é minha e eu a amo como é, todos com suas individualidades, faz com que seja a melhor.

À meu esposo pelo seu amor, carinho diário e seu abraço único, que me trazem conforto nos momentos difíceis.

À Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À meu orientador, Prof. Gherman Garcia Leal de Araújo Juliana Silva de Oliveira, juntamente com os professores Edson Mauro Santos e Juliana Silva de Oliveira, pela contribuição na minha formação, que me ajudaram sempre com paciência e experiência em todas as fases deste trabalho, e principalmente por ter sido exemplo constante de dedicação e responsabilidade. Agradeço a oportunidade de trabalharmos juntos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela disponibilização do Laboratório de Nutrição Animal.

Ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, PPGZ/CCA.

Aos funcionários do PPGZ Maria das Graças Medeiros, D. Carmem e Damião pela disponibilidade em nos ajudar sempre que precisamos.

Às minhas Amigas Wilma dos Santos e Angélica Lopes, pelas vezes em que enxugaram as minhas lágrimas com palavras de apoio e acima de tudo por ter acreditado em mim e me fazer acreditar que eu conseguiria. Pela disponibilidade as conversas que nos ajudaram a firmar uma amizade que não findará com o mestrado, mas será evada para vida.

A todos do grupo do Grupo de Estudo em Forragens – GEF, Wilma, Aelson, Gildênia, Joyce, José Maria, Alberto, Ana Paula Maia, Danilo, Yasmim, Yohanna, Gabriel e Cecília, vocês fizeram valer cada esforço empenhado e tornaram o trabalho suave pra todos, Se viii

tem uma equipe que tem a minha admiração, essa equipe é o GEF, que muitos frutos venham. Em especial a Fleming Campos e Alexandre Perazzo, pois sempre se despuseram em ajudar, a todos vocês meu muito obrigado, que venham frutos do nosso trabalho e que todos tenham uma boa jornada.

Aos meus queridos amigos, Wilma dos Santos e Aelson Souza pelo apoio incondicional durante todo o experimento, pela companhia em todas as coletas de dados que ocorreram nas madrugadas, e pela disposição. Sem o apoio de vocês, a execução desse trabalho teria sido impossível.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Juraci, Antônio (Duelo), Antônio Costa e José Sales, pela atenção e dedicação que me foram prestadas.

Aos amigos do mestrado sempre presentes, mesmo em pesquisas diferentes, a gente sempre dava um jeitinho de se ver e conversar sobre o andamento dos projetos e matar um pouco a saudade.

Aos meus amigos e irmãos de Serra Talhada-PE e Lages-SC, vocês me chegaram de maneira única na minha vida, e agradeço por tudo que tenho aprendido.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho com sucesso. Muito obrigada, de coração!

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiv
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO GERAL	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1. Palma forrageira	19
2.1.1. Aspectos agronômicos	19
2.1.2. Composição nutricional	20
2.1.3. Mucilagem	22
2.2. Gliricídia	23
2.2.1. Composição nutricional da Gliricídia	24
2.3. Silagem de palma	25
2.4. Silagem de gliricídia	27
2.5. Silagem de Palma com outras forrageiras	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1. Local do experimento e forrageiras utilizadas	30
3.2. Tratamentos	30
3.3. Produção das silagens	31
3.4. Variáveis analisadas	31
3.5. Análises laboratoriais	32
3.6. Delineamento experimental e análises estatísticas	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. Perfil fermentativo	34
4.2. Microbiologia	39

4.3. Ácidos orgânicos	43
4.4. Perdas fermentativas	48
4.5. Composição bromatológica	49
4.6. Estabilidade aeróbia	57
5. CONCLUSÕES	62
6. REFERÊNCIAS	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química da palma forrageira	21
Tabela 2. Composição nutricional da palma forrageira e da gliricídia utilizadas para produção das silagens	30
Tabela 3. Percentuais de pH, Capacidade tamponante (CT), Nitrogênio amoniacal em % do nitrogênio total (N-NH ₃) e de Carboidratos solúveis (CHOS) das silagens de palma com diferentes níveis de adição de gliricídia.....	35
Tabela 4. Valores médios do Potencial hidrogeniônico (pH), Capacidade tamponante (CT), Nitrogênio amoniacal em % do nitrogênio total (N-NH ₃) e de Carboidratos solúveis (CHOS) das silagens de palma com diferentes níveis de adição de gliricídia	37
Tabela 5. Valores de probabilidade de efeito dos níveis de gliricídia x aberturas e da interação entre os fatores, para os ácidos orgânicos, na silagem de palma com níveis de adição de gliricídia.....	43
Tabela 6. Teores médios ácido láctico (AL), ácido acético (AA), relação entre os ácidos láctico e acético (AL:AA) e ácido propiônico (AP) na silagem de palma com níveis de adição de gliricídia.....	46
Tabela 7. Teores médios ácido butírico (AB) na silagem de palma com níveis de adição de gliricídia	48
Tabela 8. Efeito dos níveis de gliricídia em relação as perdas por gases (PG), perdas por efluentes (PE) e recuperação de matéria seca (RMS) nas silagens de palma aos 90 dias de ensilagem	49
Tabela 9. Valores de probabilidade de efeito dos níveis de gliricídia sobre a composição bromatológica das silagens mistas de palma e gliricídia	49
Tabela 10. Efeito da inclusão de gliricídia na composição bromatológica de silagens de palma e gliricídia	50
Tabela 11. Valores de probabilidade, do efeito dos níveis de gliricídia sobre a composição bromatológica das silagens mistas de palma e gliricídia	51
Tabela 12. Desdobramento da interação Tratamento × Tempo de abertura para composição química das silagens mistas de palma forrageira e gliricídia	51
Tabela 13. Valores de probabilidade do efeito dos níveis de gliricídia, tempo de exposição ao ar (TA) de 48 e 96 horas e da interação entre os fatores, nas variáveis pH, carboidratos solúveis (CHOS) e capacidade tampão (CT) nas silagens de palma com níveis de adição	

de gliricídia	58
Tabela 14. Valores médios do potencial hidrogeniônico (pH) e dos carboidratos solúveis (CHOS) das silagens de palma forrageira, com diferentes níveis de adição de gliricídia, em diferentes tempos de exposição ao ar (TEA)	58
Tabela 15. Valores médios da capacidade tampão (CT), das silagens de palma forrageira, diferentes níveis de adição de gliricídia, na estabilidade aeróbia	58
Tabela 16. Valores médios encontrados durante estabilidade aeróbia (EA), das silagens de palma com diferentes níveis de adição de gliricídia	61
Tabela 17. Valores de probabilidade de efeito dos níveis de gliricídia, das aberturas e da interação entre os fatores, para os ácidos orgânicos: ácido láctico (AL), ácido acético (AA), relação entre os ácidos láctico e acético (AL:AA), ácido propiônico (AP) e ácido butírico (AB) nas silagens de palma com níveis de adição de gliricídia durante a estabilidade aeróbia	61
Tabela 18. Teores médios ácido láctico (AL), ácido acético (AA), relação entre os ácidos láctico e acético (AL:AA), ácido propiônico (AP) e ácido butírico (AB) nas silagens de palma com níveis de adição de gliricídia durante a estabilidade aeróbia	61
Tabela 19. Média dos valores nutricionais das silagens de palma forrageira, com níveis de adição de gliricídia, após 96 horas de abertura	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenvolvimento de bactérias ácido lácticas (BAL) nos diferentes tempos de abertura das silagens de palma com adição de níveis de gliricídia	40
Figura 2. Desenvolvimento de mofos e leveduras (ML) nos diferentes tempos de abertura das silagens de palma com adição de níveis de gliricídia.....	41
Figura 3. Desenvolvimento de enterobactérias (ENT) nos diferentes tempos de abertura das silagens de palma com adição de níveis de gliricídia.....	42
Figura 4. Crescimento de microrganismos, bactérias ácido lácticas (BAL), enterobactérias (ENT), mofos e leveduras (ML), nas silagens de palma com níveis de adição de gliricídia, expostas ao ar durante 96 horas	59

RESUMO

BRITO, G. S. M. S. **Características fermentativas e nutricionais de silagens compostas por Palma forrageira e Gliricídia**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. UFPB. Areia-PB. Orientador: Prof. Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo.

RESUMO: A conservação de forragens é uma alternativa viável para minimizar os efeitos da estacionalidade da produção de forragens em regiões semiáridas. Das diversas plantas forrageiras usadas na ensilagem, a palma forrageira destaca-se por ter elevada produção de fitomassa e alto teor de carboidratos solúveis. Contudo, o teor proteico, de fibra e de matéria seca desta planta é baixo tornando-a inadequada para fornecimento exclusivo em dietas de ruminantes. Por esta razão, é razoável considerar a adição de uma fonte proteica e fibrosa no processo de ensilagem, principalmente se for uma leguminosa forrageira o que melhoraria substancialmente o valor nutritivo das silagens mistas. Dentro as leguminosas forrageiras, a gliricídia ganha importância por ser bem adaptada ao clima semiárido e por complementar o déficit nutricional da palma forrageira. Objetivou-se avaliar as populações microbianas, perfil fermentativo, as perdas fermentativas, a estabilidade aeróbia e a composição bromatológica de silagens de palma forrageira com diferentes níveis de adição de gliricídia. O material foi coletado na EMBRAPA Semiárido, localizada em Petrolina-PE. As análises laboratoriais foram realizadas nas dependências desta instituição e no Laboratório de Forragicultura da UFPB, Campus II, Areia-PB. O experimento foi conduzido de acordo com um delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições, em esquema fatorial (5x6). Os tratamentos consistiam em cinco silagens com diferentes proporções de gliricídia (0; 25; 50; 75 e 100%) e seis tempos de aberturas dos silos (1, 7, 15, 30, 60 e 90 dias). Para o ensaio de estabilidade aeróbia utilizou-se de um esquema fatorial 5 x 2, com 3 repetições, avaliando-se cinco níveis de adição de gliricídia e dois tempos de exposição ao ar (48 e 96 h). Os dados foram analisados por meio de análises de variância e regressão. As médias no tempo foram comparadas pelo teste t à 5% de probabilidade. Houve interação tratamento x abertura para o perfil fermentativo das silagens. Todas as silagens apresentaram valores de pH com indicativo de boa fermentação (3,8 a 4,2), exceto para o nível de inclusão de 100% (pH 5,3). A produção de nitrogênio amoniacal, em média, não passou 3,4% (% N total). O teor de carboidratos solúveis diminuiu após 90 dias do processo de ensilagem. A capacidade tampão aumentou conforme adicionou-se gliricídia, mas sem efeito negativo sobre a fermentação das mesmas. Houve efeito de interação tratamento x abertura para os ácidos láctico (AL), acético (AC), propiônico (AP) e relação AL:AC, com teores considerados desejáveis. As silagens apresentaram mínimas perdas por gases (PG) e efluentes (PE). As menores PG foram observadas nas silagens com 50% de adição de gliricídia, enquanto as menores perdas por PE foram observadas nas silagens com inclusão de 75 e 100% de gliricídia. Verificou-se efeito da inclusão da gliricídia sobre a composição bromatológica das silagens mistas nos teores de matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica e extrato etéreo. Houve interação tratamento x abertura para os teores de proteína bruta, fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido, lignina, hemicelulose, proteína insolúvel em detergente neutro e cinza insolúvel em detergente neutro, aumentando conforme o nível de inclusão de gliricídia. A gliricídia proporciona melhoria do valor nutritivo das silagens à base de palma forrageira.

Palavras-chaves: aditivo nutricional, conservação, *Opuntia ficus-indica*, *Gliricidia sepium*, silagem mista

ABSTRACT

Fermentative and nutritional characteristics of silages composed by cactus and gliricidia

ABSTRACT: The use of conserved forage is a good alternative to minimize the effects of seasonality on forage production, mainly in semiarid regions. There are many plants which could be used in silage making, but the cactus is highlighted for having high biomass production and high soluble carbohydrate content. Despite of this, the protein, fiber and dry matter content of this plant is low making it unsuitable as exclusive forage to silage production and for feeding ruminants. Thus, it is reasonable to consider the addition of a protein and fiber source in the ensiling process, as the forage legume, which would improve substantially the nutritional value of the mixed silages. Within all the forage legumes available, the gliricidia is more adapted to semiarid conditions and to complement the nutritional deficit of the cactus. The objective of this study was to evaluate the microbial populations, fermentation profile, fermentative losses, aerobic stability and the bromatological composition of cactus silages added of gliricidia in different levels. The material was collected in the EMBRAPA Semiárido, located in Petrolina-PE. The bromatological composition analysis was performed at this institution and in Forage Crop Laboratory at UFPB, Campus II, Areia-PB. The experiment was conducted according to a completely randomized design, with 3 replications, in a factorial scheme (5 x 6). The treatments consisted of five silages with different levels of gliricidia (0, 25, 50, 75 and 100%) and six periods of silos openings (1, 7, 15, 30, 60 and 90 days). For the aerobic stability test, it was used a 5 x 2 factorial scheme, with three replicates, evaluating five levels of gliricidia addition and two periods of air exposure (48 and 96 h). The data were submitted to analysis of variance and regression. The means in time were compared by *t*-test at 5% probability. There was interaction for treatment x opening period for the fermentation profile of the silages. All silages presented pH values with indicative of good fermentation (3.8 to 4.2), except for the inclusion level of 100% (pH 5.3). The production of ammoniacal nitrogen, on average, did not pass of 3.4% (total N%). The soluble carbohydrate content decreased after 90 days of the ensiling process. The buffer capacity increased as gliricidia was added, but without negative effect on the fermentation of the same. There was an effect to treatment x opening period for lactic acid (LA), acetic acid (AC), propionic acid (AP) and AL:AC, which were considered as desirable. The silages had minimal losses by gases (LG) and effluents (LE). The lowest LG were observed in the silages with 50% addition of gliricidia, while the lowest LE were observed in the silages with inclusion of 75 and 100% of gliricidia. It was verified and positive effect of inclusion of the gliricidia on the bromatological composition of the mixed silages, mainly in the dry matter, mineral matter, organic matter and ether extract contents. There was interaction of treatment x opening for crude protein, neutral detergent insoluble fiber, acid detergent insoluble fiber, lignin, hemicellulose, neutral detergent insoluble protein and neutral detergent insoluble ash, increasing according to the level of gliricidia inclusion. Gliricidia improves the nutritive value of cactus silages.

Keywords: nutritional additive, conservation, *Gliricidia sepium*, *Opuntia ficus-indica*, mixed silage

1. INTRODUÇÃO GERAL

A conservação de forragens de boa qualidade na época chuvosa para utilização no período seco, apresenta-se como uma forma de combater um dos principais entraves da exploração pecuária do Semiárido Brasileiro, que é a escassez de forragem neste período. Assim, há manutenção do desempenho dos rebanhos nos períodos críticos do ano, podendo ser uma estratégia para otimizar a produção animal em regiões semiáridas. Uma das formas de conservação de forragem é a ensilagem, a qual é muito utilizada em regiões onde há sazonalidade na oferta de forragem.

A ensilagem faz com que os princípios nutritivos do material original permaneçam praticamente inalterados, desde que as características da planta forrageira sejam adequadas ao processo (TOSI et al., 1999). A conservação das características nutritivas se dá graças ao processo fermentativo, o que é proporcionado pelas estruturas de armazenamento, ou seja, os silos

Esse método de conservação é utilizado para plantas forrageiras que possuem considerável teor de umidade, onde, através de um processo espontâneo de fermentação ácido láctica, há diminuição do pH. Atualmente, estratégias vem surgindo para favorecer e otimizar a utilização de determinadas forrageiras nesse processo de conservação e, conseqüentemente, melhor explorar o potencial alimentício e produtivo destas plantas, como por exemplo, a palma forrageira.

A palma forrageira tem elevada produção de fitomassa e, por isso, destaca-se como alimento estratégico em regiões de clima semiárido. Quando bem manejadas, os gêneros de palma mais utilizados, *Opuntia* e *Nopalea*, podem produzir 50-60 vezes mais forragem por unidade de área do que as pastagens nativas em ambientes semiáridos (DUBEUX JR et al., 2015). Apresenta alta palatabilidade e digestibilidade da matéria seca, é rica em minerais, água, carboidratos não fibrosos, com baixos teores de fibra em detergente neutro e de compostos nitrogenados (FERREIRA et al., 2011; LIMA, 2010). Parte dessas características favorecem o processo de ensilagem, tais como o elevado teor de carboidratos solúveis, que servem de substrato para os microrganismos que são responsáveis por acidificar o material ensilado.

Entretanto, devido à baixa concentração de fibra e proteína, assim como o seu elevado teor de umidade e minerais, esse alimento possui alta taxa de passagem.

Associado a isso, tem-se o efeito da mucilagem que é uma substância composta por polissacarídeos complexos e com características hidrofílicas, os quais são facilmente 17

fermentados no rúmen, acarretando um efeito laxativo ou de fezes amolecidas nos animais.

Esta situação não é atribuída a nenhuma enfermidade, mas sim pelas próprias características intrínsecas do alimento. Desta forma, deve-se sempre associar uma fonte de fibra fisicamente efetiva quando elevadas proporções de palma forrageira são disponibilizadas aos animais, com o objetivo de manter um adequado funcionamento ruminal (RODRIGUES et al., 2016).

Pensando nessa característica, estudos são necessários para esclarecer a eficiência do processo de ensilagem da palma forrageira, assim como a avaliação de suas características associadas a outras forrageiras, visando possibilitar a melhoria da cinética fermentativa dessa planta, através da produção de silagens mistas.

Considerando as várias alternativas forrageiras para serem utilizadas na produção de silagens mistas, a gliricídia surge como alternativa alimentar para os rebanhos da região semiárida. Por ser uma leguminosa, apresenta características desejáveis e que se complementa com a palma forrageira, principalmente quando se observam as características nutricionais de ambas.

A gliricídia apresenta cerca de 30% de matéria seca e de 20 a 30% de proteína bruta (CARVALHO FILHO et al. 1997; COSTA et al. 2009; GAMA et al. 2009). Sendo assim, ela pode ser uma alternativa para sanar as características que a palma apresenta, como baixo teor de matéria seca (10 a 13 %) e baixo teor proteico (4,20 a 6,20), e que a impedem de ser utilizada como alimento exclusivo na alimentação animal. A palma por sua vez, apresenta elevado teor de carboidratos não fibrosos (40 a 50%), que são extremamente importantes no processo de fermentação, assim como sua alta aceitabilidade pelos animais que pode auxiliar o uso da gliricídia na alimentação animal, principalmente quando ofertadas na forma de silagens mistas.

Objetivou-se avaliar as populações microbianas, perfil fermentativo, as perdas na ensilagem, a estabilidade aeróbia e a composição bromatológica de silagens mistas de palma forrageira e gliricídia em diferentes tempos de abertura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Palma forrageira

2.1.1. Aspectos agronômicos

A palma forrageira vem sendo bastante utilizada na alimentação animal em diversos países do mundo, principalmente nas regiões semiáridas e áridas. A capacidade adaptativa desta planta nessas regiões se dá por modificações fisiológicas, bioquímicas, morfológicas e anatômicas, tornando-as mais eficientes no uso da água e conferindo a essa espécie uma maior ocorrência em tais áreas.

Segundo Bem Salem e Nefzaoui (2002), esta espécie associa alta capacidade adaptativa com produção de biomassa considerável, de qualidade e a baixo custo. Além disso, é capaz de fornecer um bom aporte de água para os animais que a consomem. Tais fatores a tornam uma forrageira de grande importância, principalmente, quando comparado ao custo de produção de outras forrageiras cultivadas em ambientes semiáridos, ou quando comparado ao preço de alimentos, advindos de outras regiões, para compor a ração dos animais.

Dubeux Jr. et al. (2015) compararam a produção de biomassa de palma com a produção de milho. A produtividade de grãos de milho, em condições de seca severa, pode chegar a aproximadamente $600 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e a palha do mesmo, pode produzir cerca de $1,2 \text{ t ha}^{-1}$ de MS. Nas mesmas condições edafoclimáticas, a palma pode chegar a produzir cerca de $20\text{-}30 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de matéria seca, com a vantagem de armazenar cerca de $180 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de água em seus cladódios.

A quantidade produzida de palma varia de acordo com a variedade, sistema utilizado e manejo adotado na produção. Sales et al. (2013) verificaram que a produção média da palma (cv. Gigante) pode atingir 35 t ha^{-1} de matéria seca, em sequeiro e colhido com 710 dias do plantio, com densidade de 150 mil plantas ha^{-1} . Lima et al. (2015), avaliando diferentes intensidades de corte e a produtividade da palma, utilizando um sistema irrigado e preservando os cladódios secundários, observaram produção superior em relação ao número de cladódios por planta. Os rendimentos de matéria fresca produzidos foram em média 227, 67 $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e, em média, 23 $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de matéria seca.

Pinos-Rodríguez et al. (2010) avaliando o efeito da idade no rendimento de biomassa dos cladódios *Opuntia ficus-indica*, em sistema de irrigação por gotejamento, com cortes realizados aos 30, 37, 45, 60, 75 e 90 dias de crescimento, observaram que

produções de matéria seca (MS) foram 2,7; 5,5; 9,0;12,4; 13,8 e 13,9 t ha⁻¹, respectivamente. Com isso, observa-se que aos 70 dias já é possível obter níveis produtivos satisfatórios na palma.

Já Primo (2013), analisando três clones de palma forrageira, verificou que a variedade Orelha de Elefante Mexicana apresenta maior tolerância ao estresse hídrico, quando comparada ao gênero *Nopalea* spp. em condições de sequeiro. Isso pode ser explicado pelo fato de a Orelha de Elefante Mexicana possuir maior capacidade de extração de água no solo. Nestas condições, é importante ressaltar que, no solo, o conteúdo e o armazenamento de água variam de acordo com a precipitação e a capacidade de extração desta pelas raízes das plantas.

Levando em consideração as características agronômicas da palma forrageira, tem-se no processo de ensilagem mais uma ferramenta que auxilia no manejo da mesma e, ainda, otimiza o uso do palmal.

2.1.2. Composição nutricional

A palma é uma forragem importante para criação de animais no semiárido. É um alimento rico em carboidratos não fibrosos, matéria mineral (ferro, zinco, potássio e principalmente o cálcio) e água (DESSIMONI et al., 2014; LIMA, 2010). Por conter altos teores de água em sua composição, é um importante veículo desse nutriente para os animais, favorecendo o balanço hídrico e suprimindo parte da água necessária dos animais. Isso é uma vantagem em locais de clima semiárido, uma vez que a água muitas vezes tem baixa disponibilidade e/ou é de má qualidade, limitando a dessedentação animal.

A composição bromatológica da palma varia em função de suas características intrínsecas e extrínsecas. Rodrigues et al. (2016), avaliando diferentes ecótipos de palma forrageira em Portugal, verificaram que as concentrações de FDN variaram de 164,67 ± 16,12 g/kg MS a 198,99 ± 13,35 g/kg MS. Com isso, mostraram que a mesma espécie está sujeita a variações em sua composição em função das condições ambientais.

A composição da palma apresenta características nutricionais que desperta interesse em seu uso, mas que também apresenta características que podem restringir seu uso como fonte exclusiva para animais ruminantes, seja *in natura* ou para o processo de ensilagem. Tais fatores são os baixos teor de matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química da palma forrageira

Autores	MS%	PB	FDN	FDA	CHT	CNF	CNE	MM
Batista et al. (2009)	15,30	4,4	24,8	17,90	62,5	15,4	39,2	8,1
Costa et al. (2012)	10,8	3,9	31,2	21,7	82,6	53,0	-	11,8
Pessoa et al. (2013)	9,39	3,82	29,07	22,5	-	52,71	-	-
Dessimoni et al. (2014)	9,22	5,05	12,70	-	83,23	-	-	1,3
Monteiro et al. (2014)	12,00	4,3	47,7	-	-	47,1	-	3,6
Nogueira et al. (2016)	12,92	5,82	31,6	-	-	49,14	-	11,86
Díaz et al. (2017)	11,2	5,9	-	-	-	-	-	14,4

MS= matéria seca; PB= proteína bruta; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido; CHT= carboidratos totais; CNF= carboidratos não fibrosos; CHE= carboidratos estruturais; MM= material mineral. Adaptado por Brito (2017).

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 palma não é favorável para o funcionamento ruminal adequado. A palma, portanto, é um alimento que pode ser utilizado como parte de uma dieta completa ou como um suplemento (BATISTA et al., 2003).

Estudos estão sendo realizados com intuito de descobrir qual a melhor forma de substituir determinados alimentos pela palma na alimentação animal. Nesse sentido, Ribeiro et al. (2017) avaliaram a associação da palma ao capim tifton ou com o bagaço de cana de açúcar, e essas duas combinações em substituição ao milho. Outros trabalhos mostram a substituição parcial ou total de outros alimentos como o farelo de trigo (MONTEIRO et al., 2014; FELIX et al., 2015; LINS et al., 2016), em substituição a silagem de sorgo (WANDERLEY et al., 2002) e de milho (COSTA et al., 2012). Todos esses trabalhos mostraram que a substituição de alimentos pela palma, resultou em alta digestibilidade dos nutrientes, melhorou o valor alimentício da outra forragem utilizada e reduziu a ingestão voluntária de água na alimentação bovinos, ovinos e caprinos.

A palma contém ainda altos teores de pectina e de carboidratos totais, principalmente os não fibrosos, o que lhe caracteriza como um alimento rico em energia. Isso a torna apta para ser utilizada em conjunto com outras plantas forrageiras, desde que as demais plantas forneçam os nutrientes limitantes na palma forrageira para que, tal mistura, atue como reserva estratégica de alimentos a fim de mitigar os efeitos da seca sobre os sistemas de produção de ruminantes em regiões áridas e semiárida (GRÜNWALDT et al., 2015).

2.1.3. Mucilagem

É considerada como um complexo de polissacarídeos, que possui a capacidade de reter a água. A mucilagem é composta por arabinose, galactose, ramnose, xilose e ácido-galacturônico (McGARVIE; PAROLIS, 1979; TRACHTEN; MAYER, 1981). Habibi et al. (2004) avaliando as características estruturais dos polissacarídeos pecticos da casca de frutas da *Opuntia ficus-indica*, encontraram como galactose, xilose, arabinose, glicose, frutose e sacarose.

Estes açúcares também foram encontrados por Ribeiro et al. (2010), avaliando os carboidratos presentes nos cladódios da *Opuntia ficus-indica* de acordo com idade e a estação do ano. Os autores observaram que as maiores concentrações destes açúcares estavam presentes nos cladódios mais velhos, quando comparados aos mais novos, em três das quatro variedades utilizadas. Esta característica não diferiu entre a estação seca e chuvosa, no entanto, as maiores concentrações foram encontradas na estação seca.

Isso se deu pela alta capacidade da mucilagem em reter água, o que reduz a evaporação nessas plantas e permite que a água permaneça em seus cladódios. Certamente, a maior concentração de mucilagem na estação seca ocorreu como forma de reter água, já que na estação chuvosa a água era não era limitante. Majdoub et al. (2001) observaram que a composição da mucilagem apresenta similaridade com a da pectina.

Segundo Majdoub et al. (2010) os polissacarídeos obtidos das cascas, tanto da *Opuntia ficus-indica* como *Opuntia littoralis*, são altamente metilados (> 70%), o que proporciona a característica hidrofóbica, especialmente para a *O. ficus-indica* que cresce nas áreas de deserto. Essa característica favorece a formação da mucilagem, componente importante para manter a umidade dentro dos silos durante o processo de ensilagem, sem que corra perdas por efluentes, consequentemente, perdas de nutrientes do material ensilado.

Porém, o conteúdo da mucilagem pode ser influenciado pelo manejo utilizado no palmal, assim como temperatura, clima, sistema utilizado (irrigação ou sequeiro) e manejo (idade de corte) adotado. Stintzing; Carle (2005) avaliaram as concentrações de ácidos orgânicos que compõe a palma forrageira durante dois horários e observaram a presença do ácido oxálico, málico, cítrico, malônico e traços dos ácidos succínico e tartárico. Esses ácidos são importantes na conservação da palma via ensilagem, por serem agentes tamponantes, evitando ainda mais o declínio demasiado do pH da silagem, além de estarem presentes no metabolismo dos carboidratos.

Rodríguez-González et al. (2014), avaliando extração e a caracterização da mucilagem de seis espécies do gênero *Opuntia*, observaram que a *O. ficus-indica*, apresentou maiores teores de arabinose, xilose e ácido urônico, assim como de carboidratos totais quando comparada as demais espécies avaliadas. Essa característica é a principal fonte de energia durante a fase de desenvolvimento dos microrganismos no processo de ensilagem, pois são substrato para formação de ácido láctico e assim abaixem rapidamente o pH. Dessa maneira, o desenvolvimento de microrganismos oportunistas ou indesejáveis neste processo é impedido, assegurando então a produção de uma silagem de qualidade.

Ribeiro et al. (2010) observaram em relação a concentração de ácido urônico que os cladódios mais velhos possuem maior quantidade de pectina do que os cladódios mais jovens, pois os polissacarídeos pécticos contêm resíduos de ácido D-galacturônico. Assim, essa seja uma justificativa para explicar o fato de que cladódios mais velhos tem maior concentração de mucilagem e são mais eficientes no controle de perdas por efluentes durante a ensilagem.

Guevara-Arauz et al. (2012) avaliaram o efeito prebiótico da mucilagem (PM) e dos oligossacarídeos derivados pécticos (OLP), em estudo realizado *in vitro*, com populações de bactérias intestinais de humanos. Os autores verificaram que ao adicionarem mucilagem, houve aumento da população de *Lactobacillus*, as quais são produtoras de ácido láctico e promovem acidificação do ambiente, evitando agentes patogênicos oportunistas. Tal fato, justifica as elevadas concentrações de ácido láctico encontradas durante o processo de ensilagem da palma forrageira.

Corroborando com isso, Nogueira et al. (2016) observaram elevados percentuais de ácido láctico em silagens de palma aditivadas com farelo de trigo, encontrando valores próximos a 100 g/kg de ácido láctico com base na MS. Neto et al. (2017) avaliando inoculante reparado a partir do suco fermentado da palma forrageira, encontraram cerca de 120 g/kg de ácido láctico com base na MS. Essa elevada produção resulta numa diminuição de pH das silagens de palma, evitando o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis.

2.2. Gliricídia

A *Gliricídia sepium* (Jacq.) Steud, comumente conhecida como gliricídia, pertence à família *Fabaceae*, possui porte arbóreo e dependendo do manejo adotado pode ter porte mais baixo (rebaixamento). É uma forrageira de boa adaptação a regiões semiáridas, 23

apresentando rápido crescimento, alta capacidade de regeneração e facilidade em propagar-se sexuada e assexuadamente.

Segundo Matos et al. (2005) esta forrageira é pouco exigente a fertilidade do solo, possui melhor desenvolvimento em regiões com clima quente, em regiões 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. Possui enraizamento profundo, o que lhe confere boa tolerância à seca. Tais características despertam interesse comercial e econômico, além de possuir grande versatilidade em seu uso (CARVALHO FILHO et al., 1997).

É uma espécie de folhas decíduas, especialmente no período seco. Paulino et al. (2011) observaram que a gliricídia possui grande capacidade de rebrota podendo-se fazer três cortes por ano, já que as plantas recompõem toda a sua parte aérea.

Verifica-se na gliricídia a disponibilidade e potencial de fornecimento de forragem durante todo o ano, quando manejo por poda utilizado é adequado. Edvan et al., (2016) avaliaram diversas estratégias de corte a 45, 60, 75 e 90 dias com alturas residuais de 30, 60 e 90 cm, para o manejo de gliricídia para produção de forragem em períodos secos e chuvosos do ano. Os autores concluíram que a maior frequência e a menor intensidade de corte proporcionaram maior diâmetro da haste, número de rebentos e altura da planta e maior rendimento forrageiro de gliricídia, ou seja, maior produção de biomassa forrageira fresca e seca nas duas estações.

2.2.1. Composição nutricional da Gliricídia

Por ser uma leguminosa, a gliricídia apresenta altos teores de proteína bruta em sua composição bromatológica. Corroborando com isso, Hurtado et al., (2012) avaliando quatro forrageiras tropicais, encontraram valores de 27,5% de matéria seca (MS), 27,5% de proteína bruta (PB), 24,5% de fibra bruta (FB) para a gliricídia.

Devido a tais características, tem sido utilizada na alimentação animal proporcionando suplementação de dietas a baixo custo, além de possuir menor taxa de declínio em relação aos teores de PB e de digestibilidade (COSTA et al., 2009). Ainda segundo esse autor, quando essa forrageira foi utilizada como componente de dietas mistas para ovinos, verificaram-se baixos valores de conversão alimentar nos animais alimentados com gliricídia. Isso mostra o potencial desta planta na composição das dietas de ruminantes, evidenciando seu valor nutritivo e a capacidade de melhorar a conversão alimentar mesmo quando associada a alimentos de qualidade nutricional inferior, como o capim elefante.

Hurtado et al., (2012) observaram ainda que a gliricídia se destacou, entre as demais, por ter maior teor e digestibilidade de proteína, apresentando ainda consumo de matéria seca e valor energético baixos. O baixo consumo de matéria seca pode ser justificado pela forma em que essa leguminosa foi fornecida, *in natura*, uma vez que os animais apresentam restrição do consumo devido ao odor característico de compostos voláteis liberados pela planta. Para que estes problemas no consumo da gliricídia não ocorram, é necessário um tempo para adaptação dos animais ou algum tipo de conservação, como por exemplo, fenação ou ensilagem (SANTANA NETO et al. 2015). Dessa forma, o consumo do material ocorrerá de maneira satisfatória.

2.3. Silagem de palma

A ensilagem se apresenta como alternativa importante para as regiões que apresentam, em determinadas épocas do ano, escassez de alimento para os animais. Segundo Neumann et al. (2010), o objetivo de se ensilar uma forragem úmida é conservar suas características nutricionais. Nesse contexto, a palma é uma opção a se considerar para o processo de ensilagem, pois tem altas concentrações de carboidratos não fibrosos, que proporcionam alta capacidade fermentativa e baixa capacidade tamponante.

A palma apresenta baixo teor de matéria seca (cerca de 10%), o que teoricamente resultaria em elevadas perdas por efluentes. Porém, as silagens de palma apresentam a vantagem de conter a mucilagem, que é rica em pectina e apresentando aspecto gelatinoso (SEPÚLVEDA et al., 2007). Essa característica favorece a retenção de água no interior dos silos. Essa vantagem foi verificada por Nogueira et al. (2016) ao avaliar as perdas na ensilagem de palma, observando que a produção de efluentes foi cerca de 23 kg/ton. Este valor é considerado baixo, sendo justificado pela formação do gel mucilaginoso, que agiu na retenção, inibindo uma possível perda por efluentes (DRIEHUIS; WIKSELAAR, 2000).

Além do Brasil, pesquisas vem sendo realizadas em outros países, como no México, Colômbia, Turquia, mas principalmente em países do continente africano como: Marrocos, Zimbábue, Etiópia, África do Sul e todos com o mesmo objetivo de compor silagens de palma com outros alimentos, ou seja, silagens mistas. Assim, buscase incrementar o uso da palma forrageira nessas regiões de maneira que atenda a necessidade de cada localidade (GUSHA et al., 2015; HURTADO et al., 2012; MOKOBOKI et al., 2016)

Goldstein et al. (1991) avaliaram as diferenças nas relações de parâmetros de

do clorênquima e do parênquima aquífero da *Opuntia ficus-indica*, sob condições úmidas e condições secas. Os autores relataram uma drástica redução no turgor celular em função da perda de água no período de seca, onde houve gasto energético pela planta na tentativa de manter-se em equilíbrio.

Tais efeitos promovem diminuição da persistência do vegetal no ambiente além de reduzir sua qualidade nutricional. Assim, para assegurar que a produção forrageira nesses períodos não seja perdida, a utilização do processo de ensilagem é fundamental. Isso porque tal técnica permite que a planta seja colhida quando tem boa qualidade (composição química), procedendo-se a conservação e posteriormente é utilizada na alimentação animal, principalmente nos períodos de estacionalidade da produção de forragem, sendo tal época um ponto crítico na produção animal. No entanto, é necessário que haja a utilização de aditivos no processo de ensilagem, pois a palma apresenta carboidratos solúveis que promovem redução acentuada do pH.

Mokoboki et al. (2016) avaliaram níveis de melaço 0, 8, 16 e 24%, com base na MS, sobre o valor nutritivo e as características fermentativas das silagens de palma. Estes autores verificaram que os teores de MS variaram de 8,44 a 9,25%, os teores de FDN variaram de 10,5 a 25,9%, os teores de PB variaram de 5,25 a 7,35%, os valores de pH variaram de 3,08 a 3,98 sendo estes indicativos para uma silagem bem preservada.

Os teores de ácido láctico (ALA) variaram de 49,5 a 100,5 g/kg de MS na silagem de palma, valores esses considerados altos e que estão associados à sua composição químico-bromatológica, principalmente a sua elevada concentração de carboidratos solúveis (CHO's) que estão presentes na mucilagem. Esses carboidratos ao serem expostos no interior do silo em meio anaeróbico são prontamente utilizados por microrganismos, principalmente pelas bactérias produtoras de ácido láctico (BAL), que são importantíssimas e rapidamente dominam o meio produzindo ALA e promovendo a conservação do material ensilado (MOKOBOKI et al., 2016).

Abidi et al. (2013) avaliaram o efeito de três tratamentos na qualidade de carne de ovinos, sendo uma dieta controle à base de feno de aveia e concentrado (FA-C), outra à base de silagem de palma com concentrado (SP-C) e uma terceira dieta composta por parte de da dieta controle (HC-S dieta). Os autores observaram que a silagem de palma apresentou um pH médio em torno de 4,0 e PB com cerca de 130 g/kg. Estes autores concluíram que a silagem de palma forrageira pode ser utilizada para substituir total ou parcialmente o feno de aveia, sem afetar desempenhos de cordeiro e a qualidade da carne.

Hernandez (2012), avaliaram o desempenho de caprinos alimentados com silagem de palma aditivadas com ureia e melaço, juntamente com silagem de milho e feno de tritcale. Os autores relataram que os animais alimentados com silagem de palma tiveram um ganho de peso diário superior de 140 g/dia enquanto o grupo controle obteve ganhos abaixo de 60 g/dia.

Suarez (2012), avaliando o ganho de peso de 20 ovelhas alimentadas sem e com silagem de palma adicionados por ureia e melaço na forma de ração juntamente com silagem de milho e feno de tritcale, verificou que os animais alimentados com silagem de palma tiveram um ganho de peso diário superior a 100 g/dia enquanto o grupo controle obteve ganhos abaixo de 50 g/dia.

Os trabalhos de Hernandez (2012) e de Suarez (2012) servem como base, podendo-se inferir deles que a silagem de palma quando associada a outros alimentos proporcionaram desempenho animal satisfatório.

2.4. Silagem de gliricídia

De modo geral, as leguminosas apresentam baixa concentração de carboidratos solúveis, possuem substâncias tamponantes e elevado teor proteico, que influenciam negativamente o processo de ensilagem. Alguns estudos têm avaliado a composição química e o pH de silagens de forrageiras nativas e adaptadas ao semiárido. Dentre estes, Chagas et al., (2006) encontraram valores de pH de 4,8; MS de 34,17%; PB de 19,09%; FDN de 52,72% e nutrientes digestíveis totais (NDT) de 61,79% para a silagens de gliricídia.

Quando se trata de pH de silagem de leguminosas esses valores tendem a aumentar. Pereira et al. (2000) avaliando silagem de soja para alimentação de gado de corte, verificou valores de pH superiores a 4,69. Já Coutinho et al. (2015) avaliando o efeito de aditivos (melaço em pó) em silagens de leguminosas, relataram valores de pH na faixa de 4,1 a 4,5 em silagens de feijão guandu, apresentando assim melhores valores de pH.

Edvan et al. (2013) avaliando silagens de gliricídia contendo diferentes níveis de vagem de aLIGaroba, encontraram valores de pH de 4,25; MS de 26,85%; PB de 20,55%; FDN de 64,18%; FDA de 46,50% para as silagens de gliricídia. Isto corrobora com os valores encontrados por vários autores (COSTA et al., 2009; BARREIROS, 2008; CABRAL et al., 2007; JUMA et al., 2006; GÓMEZ et al., 1995; TJANDRAATMADJA et al., 1994): MS, 20-34%; MO, 90-92%; MM, 7,9-9,3; PB, 19,02-25,88%; FDN, 42,1-62,43%; FDA, 24-37%; lignina, 6,25%; carboidratos totais, 58%; e DIVMS, 50-54%.

Já Massafera et al. (2015) avaliando a substituição de capim aruana por gliricídia na qualidade da silagem, encontraram valores médios de pH da gliricídia antes de ser ensilada de 6,48 e após a ensilagem de 4,86. Possivelmente, essa redução de pH se deu pela quantidade de BAL que se desenvolveram durante a fermentação, o que possibilitou a redução do pH a valores ideais.

Campos et al. (2017) avaliaram a influência de dietas com silagens de plantas forrageiras adaptadas às condições semiáridas na alimentação de cordeiros e, dentre estas silagens, estava a gliricídia, com valores de 42,2% de MS; 38,8% de MO; 5,5% de PB; 0,9% de EE; 10,0% de FDNcp; 20,4% CNF e 30,3% NDT. Assim, foi relatado ganho de peso de 190 g dia⁻¹, demonstrando que apesar das características desfavoráveis para o processo de ensilagem, os ovinos apresentaram desempenho elevado ao utilizar uma dieta com 50% de silagem de gliricídia e 50% de farelo de milho.

Esses valores mostram a capacidade das leguminosas serem ensiladas, como a gliricídia, principalmente quando associada a forrageiras ou aditivos que favoreçam o processo fermentativo.

2.5. Silagem de Palma com outras forrageiras

As estratégias para ensilar a palma forrageira podem ser várias, com muitas formas de combinações com outras espécies e não necessariamente por uso exclusivo dela como silagem. Alguns trabalhos vêm sendo feitos utilizando a silagem de palma com leguminosas, com intuito de melhorar sua composição nutricional e aspectos fermentativos, por meio da complementação da palma (altas concentrações de carboidratos solúveis) com as leguminosas (altos teores proteicos e de matéria seca).

Gusha et al. (2015), avaliando silagens mistas a base de palma e leguminosas com o objetivo elevar o teor de MS, FDN e PB, verificaram que as silagens apresentaram adequados valores de pH, que variaram de 4,1 a 4,2. Os autores verificaram ainda que os animais que receberam as silagens à base de palma e leguminosa apresentaram maior síntese microbiana, elevou-se a digestibilidade parcial, como também foram maiores as concentrações de ácidos graxos voláteis quando comparado ao tratamento controle.

Gusha et al., (2013) avaliaram a composição nutricional e a aceitabilidade da silagem de palma (*Opuntia ficus-indica*) com feno de leguminosas (*Acacia angustissima*, *Leucaena leucocephala*, *Calliandra callothrysis* e *Macroptilium Atropurpureum*). As silagens eram compostas por 60% de palma fresca e 40% feno de cada uma das leguminosas, em que o material foi ensilado e avaliado. Estes autores observaram a 28

melhora na qualidade da silagem, principalmente no teor de MS da silagem que foi de 41%, considerando que palma possui normalmente menos de 10% de MS. O pH estava dentro da faixa ideal, variando de 3,97 a 4,11. Assim, com esses dois parâmetros os autores consideraram que as silagens eram boas, assim como a aceitabilidade pelos animais.

Gusha et al. (2014) avaliaram a palatabilidade e o desempenho de cabras, suplementadas com as silagens mistas de palma e feno de leguminosas na estação seca. Os tratamentos consistiam em silagem de palma + feno de *Leucaena leucocephala* + melaço, palma + *Acacia angustissima* + melaço, palma + *Gliricídia sepium* + melaço e palma + *Pennisetum purpureum* + melaço. Em termos de palatabilidade a silagem que continha feno de gliricídia não foi prontamente palatável, sendo de início recusada pelos animais. Segundo Aye e Adegum (2010) a liberação do odor forte e característico das folhas de *G. sepium* podem causar certa rejeição desse alimento pelos animais.

Segundo Lowry (1990), este é o único fator com potencial de restringir o uso da gliricídia na alimentação de ruminantes, sugerindo que esse odor forte seja causado pelos compostos voláteis liberados da sua superfície. Porém, mesmo essa forrageira apresentando esta característica desfavorável, Campos et al. (2017) relataram um consumo de matéria seca para a silagem de gliricídia satisfatório, em que foi obtido peso de carcaça aos 59 dias de 27,4 kg.

Com base no exposto, é possível inferir que há uma complementariedade das características químicas da palma forrageira e da gliricídia, em que uma mistura dessas duas forrageiras resultaria em uma silagem bem fermentada. Por outro lado, não há informações na literatura que relatam a viabilidade de produção desta silagem mista, nem qual a proporção na mistura que possibilite a produção de uma boa silagem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento e forrageiras utilizadas

O experimento foi conduzido nas dependências da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), situada no município de Petrolina-PE, cuja a precipitação pluviométrica média anual é de 570 mm e as temperaturas máximas e mínimas de 33,5 e 20,9 °C, respectivamente (CAMPOS et al., 2017). Parte das análises foram realizadas no laboratório de nutrição animal da mesma instituição e parte no laboratório de Forragicultura, do Setor de Forragicultura, pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia-PB.

3.2. Tratamentos

Os tratamentos correspondiam aos níveis de inclusão de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud), nas silagens de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.). Foram produzidas cinco silagens diferentes, contendo 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de gliricídia na matéria natural. A composição bromatológica das plantas forrageiras, utilizadas para confecção das silagens pode ser observada na tabela 2.

Tabela 2. Composição nutricional da palma forrageira e da gliricídia utilizadas para produção das silagens

Item ¹	PALMA	GLIRICIDIA	Valor -P	CV(%)
MS	16,68	24,75	<0,0001	0,10
MO	89,83	91,80	<0,0001	0,10
MM	10,16	8,20	<0,0001	1,02
CT	14,23	22,78	-	-
PB	4,34	17,92	0,0015	5,15
CHOS	15,06	14,59	0,6824	6,68
CNF	59,84	31,27	<0,0001	1,39
EE	0,04	0,89	0,0152	22,59
NH ₃ %MN	2,72	5,86	0,001	3,18
NH ₃ TOTAL	4,70	1,75	0,001	3,96
FDN	26,44	46,59	<0,0001	0,55
FDA	14,61	33,39	<0,0001	1,17
HC	11,83	13,19	0,088	3,5
LIG	0,01	0,06	-	-
PIDIN	0,82	4,78	0,001	5,50
CIDIN	0,51	0,81	0,0117	4,92
pH	4,95	6,32	-	-

Matéria seca (MS); matéria orgânica (MO); matéria mineral (MM); capacidade tamponante (CT); proteína bruta (PB); carboidratos solúveis (CHOS); carboidratos não fibrosos (CNF); extrato etéreo (EE); nitrogênio amoniacal na porcentagem da matéria natural (N-NH₃ %MN); nitrogênio amoniacal total (N-NH₃ TOTAL); Fibra em Detergente Neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA); hemicelulose (HC); lignina (LIG); proteína insolúvel em detergente neutro (PIDIN); cinza insolúvel em detergente neutro (CIDIN).

3.3. Produção das silagens

Para produção das silagens, a gliricídia foi colhida no campo experimental da Embrapa Semiárido, que já vinha sendo manejada com 3 cortes anuais (4 meses) com média de 1,5 m de altura. Foi selecionada a parte aérea da planta, representada por folhas e caules mais tenros. A palma também foi colhida em campo experimental da mesma instituição, onde o último corte foi realizado há, aproximadamente, dois anos. Os cladódios cortados foram colhidos e, em seguida, foram picados em máquina forrageira com tamanho de 2,5 cm, aproximadamente. Após esse processo, amostras das duas plantas forrageiras foram coletadas, onde parte foi utilizada para avaliação do material *in natura* e parte das amostras foram armazenadas para posteriores análises.

Foram confeccionados 90 silos experimentais de policloreto de vinila (PVC) com dimensões de 15 x 50 cm, em que no fundo de cada silo foi posto 2 kg de material absorvente (areia grossa) com intuito de absorver os possíveis efluentes originados do processo fermentativo. Acima desta camada absorvente, foi utilizado um pedaço de fibra sintética do tipo tecido não tecido (TNT), com a função de separar a areia da silagem, evitando assim contaminação da mesma. Feito isso, cerca de 4 kg de forragem foram compactados nos silos, conforme a proporção de cada tratamento. Após a compactação, os silos foram vedados hermeticamente com tampas plásticas que continham válvulas de Bunsen, favorecendo assim a saída de gases produzidos durante o processo de fermentação.

3.4. Variáveis analisadas

As variáveis analisadas do processo fermentativo, foram realizadas em cada tempo de abertura (1, 7, 15, 30, 60, 90 dias), como também do material utilizado para avaliar a estabilidade aeróbia das silagens mistas. Foi avaliado os valores de potencial hidrogeniônico (pH), assim como a análise microbiológica através da contagem das populações microbianas, sendo elas as bactérias lácticas (BAL), as enterobactérias (ENT), os mofo e leveduras (ML). Também foi analisado o teor de ácidos orgânicos, tais como o ácido láctico (AL), ácido acético (AA), ácido propiônico (AP) e ácido butírico (AB); teor de nitrogênio amoniacal em relação ao percentual de nitrogênio total (N-NH₃-%NT); capacidade tamponante (CT), carboidratos solúveis (CHO's), assim como matéria seca (MS); fibra em detergente neutro (FDN); proteína bruta (PB).

A recuperação de MS foi estimada de acordo com Zanine et al. (2006) pela
seguinte 31

equação:

$$\text{RMS (g/kg de MS)} = [(\text{MVfo} \times \text{MSfo}) / (\text{MSi} \times \text{MSsi})] \times 100, \text{ onde:}$$

RMS (g/kg de MS): Recuperação de MS em porcentagem;

MVfo: Massa Verde de forragem (kg) na hora da ensilagem;

MSfo: MS da forragem (%) na hora da ensilagem;

MSi: Massa da Silagem (kg) antes da abertura dos silos;

MSsi: MS da Silagem (%) na abertura dos silos.

3.5. Análises laboratoriais

As análises do perfil fermentativo e populações microbianas foram realizadas no Laboratório de Forragicultura da UFPB, Campus II, Areia-PB. Para estas análises foram utilizadas as partes centrais da massa ensilada, sendo descartadas aproximadamente 5 cm de cada porção (superior e inferior) de cada silo, homogeneizando bem a fração coletada.

Para determinar o potencial hidrogeniônico utilizou-se uma amostra de 25g de silagem, seguindo metodologia descrita por Bolsen et al. (1992). Procedeu-se a homogeneização da silagem em 100 mL de água destilada, a qual permaneceu em repouso por 1 hora para leitura de pH, utilizando-se um medidor de pH.

As populações microbianas foram quantificadas nas plantas à serem ensiladas e nas silagens, utilizando-se meios de cultura seletivos para cada grupo microbiano: Ágar MRS (de Man, Rogosa e Sharpe), contendo 0,4% de nistatina para as BAL; Ágar Violet Red Bile para as ENT; e Ágar Batata Dextrose, contendo 1% de ácido tartárico a 10%, para os ML.

Os grupos microbianos foram quantificados a partir de 10g de uma amostra composta das repetições de cada silagem, nas quais foram adicionadas 90 mL de água destilada esterilizada e homogeneizadas durante 1 minuto, obtendo-se a diluição de 10^{-1} . Em seguida, diluições sucessivas foram realizadas, objetivando-se obter diluições variando de 10^{-1} a 10^{-9} . O cultivo dos microrganismos foi realizado em placas de Petri estéreis descartáveis. As placas foram incubadas de acordo com as temperaturas específicas para cada grupo microbiano (ÁVILA et al., 2014; SANTOS et al., 2014). Para BAL, 37°C durante 48 horas; para ENT, 30°C durante 24h e para ML, 28°C durante 72 horas. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC).

Os Ácidos orgânicos (Lático, Acético, Propiônico e Butírico) foram determinados utilizando a metodologia descrita por Kung Jr; Ranjit (2001). A análise foi realizada em

um Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), marca SHIMADZU, modelo SPD-10A VP acoplado ao Detector Ultra Violeta (UV) utilizando-se um comprimento de ondas de 210 nm.

O N-NH₃ e a CT das silagens foram realizadas seguindo as metodologias descritas por Bolsen et al. (1992) e Playne; McDonald (1966), respectivamente.

Para a determinação da quantidade de carboidratos solúveis (CHO's), através da metodologia de Dubois et al. (1956), com adaptações de Corsato et al. (2008), com a utilização de ácido sulfúrico concentrado. Uma curva padrão foi feita, utilizando soluções com concentrações de glicoses diferentes (0; 0,0015; 0,0030; 0,0045; 0,0060; 0,0075; 0,0090; 0,0105 g de glicose/100 mL de água destilada em balão). Depois, em tubos de ensaio com tampa rosqueável, foram pipetados 1 mL de cada solução de glicose em duplicata. Adicionou-se 0,5 mL de solução de fenol a 5%, homogeneizados em vórtex e em seguida 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado foram adicionados (a manipulação destes reagentes foi realizada dentro de uma capela, com uso de EPI). Após as pipetagens, os tubos foram homogeneizados novamente em vórtex e deixados esfriar a temperatura ambiente. Posteriormente foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 490 nm.

A estabilidade aeróbia das silagens (expressa em horas) foi avaliada por meio do monitoramento das temperaturas (superficial e interna) das silagens expostas ao ar. As amostras de silagem foram colocadas sem compactação em silos experimentais de PVC sem tampa, mantidas em ambiente fechado com temperatura controlada (25°C). Foi considerado um período experimental de até 96 horas de avaliação da estabilidade aeróbia, com avaliação das populações microbianas, perfil fermentativo, composição química 0, 48 e 96 horas de exposição ao ar. A cada 1 hora as temperaturas foram verificadas, utilizando termômetros (digital a laser e digital de imersão), os mesmos eram posicionados no centro da massa de silagem. Quando a temperatura interna das silagens atingiu 2°C acima da temperatura ambiente, foi considerado o início da deterioração (KUNG JR et al., 2000).

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Semiárido – Petrolina, PE, sendo determinadas, das amostras das plantas, as 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 (FDNcp; MERTENS 2002; LICITRA et al., 1996) e Fibra em Detergente Ácido

(FDA) foram determinados como descrito por Van Soest et al. (1991). A hemicelulose (HEM) foi calculada por meio da equação: $HEM = FDN - FDA$. A lignina foi determinada tratando o resíduo de fibra em detergente ácido com 72% de ácido sulfúrico (Silva e 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 (CNFcp) foram estimados utilizando as equações preconizada por HALL et al. (1999) sendo a FDN corrigida para cinza (c) e proteína (p) (FDNcp): $CNFcp = \%CHOT - \%FDNcp$.

3.6. Delineamento experimental e análises estatísticas

Para avaliação das características associadas ao processo fermentativo, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 5 x 6, com 3 repetições, onde foram avaliados as silagens com inclusão de gliricídia (0; 25; 50; 75 e 100%) na ensilagem da palma forrageira e seis tempos de aberturas dos silos (1, 7, 15, 30, 60 e 90 dias).

Para o ensaio de estabilidade aeróbia, foi também utilizado o delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 5 x 2, com 3 repetições, onde foram avaliados os cinco níveis de adição de gliricídia (0; 25; 50; 75 e 100%) na ensilagem da palma forrageira e dois tempos de avaliação (48 e 96 horas de exposição ao ar).

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se como aproximação do grau de ajustamento aos modelos linear e quadrático, e à análise de regressão para avaliação do efeito dos níveis crescentes de inclusão da gliricídia, utilizando-se o auxílio do programa estatístico SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2011). A escolha do modelo mais apropriado para cada variável foi realizado com base na significância dos coeficientes linear e quadrático, aplicando-se o teste t (student) 5% de probabilidade, e do coeficiente de determinação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Perfil fermentativo

Houve efeito de interação ($P < 0,05$) dos níveis de gliricídia e das aberturas nas variáveis pH, capacidade tamponante (CT), nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) e nos carboidratos solúveis (CHOS) das silagens a base de palma forrageira (Tabela 3).

Tabela 3. Percentuais de pH, Capacidade tamponante (CT), Nitrogênio amoniacal em % do nitrogênio total (N-NH₃) e de Carboidratos solúveis (CHOS) das silagens de palma com diferentes níveis de adição de gliricídia

¹ FV	pH	CT	N-NH ₃	CHOS
Níveis	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Abertura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
N x A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
² EPM	0,005	0,197	0,059	0,182

¹FV= Fonte de variação;

²EPM= erro-padrão da média.

Na tabela 4, a variável pH apresentou efeito quadrático apenas em relação ao primeiro dia de ensilagem, e efeito linear a partir dos 7 dias de ensilagem. Esse comportamento é justificado pelo rápido desenvolvimento das bactérias ácido lácticas, que promoveram a produção de ácido lático, sendo possível observar que os valores de pH de todas as silagens reduziram ao longo do tempo.

As silagens de palma forrageira apresentaram, em média pH de 3,8, valor menor que as demais silagens avaliadas. Esse valor coincide com os valores encontrados por Nogueira (2016), que avaliou o potencial da palma para ensilagem, com ou sem aditivos (farelo de trigo e ureia), encontrou pH entre 3,7 e 4,2. Esses valores são considerados ideais para silagens bem fermentadas (MCDONALD et al., 1991).

As silagens que tiveram adições de gliricídia apresentaram valores de pH mais elevados, em média pH de 4,01, 4,07, 4,24 respectivamente, assim como a silagem de gliricídia que apresentou em média 5,34. Isso ocorre, devido a maior quantidade de carboidratos presente na palma. Que são rapidamente transformados em ácidos orgânicos, pelos microrganismos (ALMEIDA, 2012). O que favorece a produção de ácidos que favorece a rápida redução do pH. Conforme se adiciona gliricídia, a quantidade desses carboidratos diminui, uma vez que as leguminosas possuem poucas concentrações desse substrato. Ridwan et al. (2015) avaliando silagens de *Pennisetum purpureum*, com níveis crescentes de *Calliandra calothyrsus* (0, 25, 50, 75 e 100 %), observaram esse mesmo comportamento, conforme adicionou a *C. calothyrsus*, o pH aumentou, de 3,52, 3,51, 3,65, 3,84 e 4,00 respectivamente.

As silagens de gliricídia, apresentaram valores de pH maiores, quando comparada com as demais. Com variação de 6,17 a 4,96 de pH do primeiro dia até os 90 dias ensilagem, ainda assim demonstraram fermentação suficiente para garantir a qualidade da silagem. A resistência que ocorre na redução do pH nas silagens que contem leguminosas, de forma geral, tem como característica a alta capacidade de tamponamento,

principalmente por possuir compostos proteicos, como a presença de cátions (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}). Pirhofer-Walzl et al. (2011) avaliaram forragens a composição de macro e micro minerais de legumes verificou que este grupo apresentou maiores concentrações de cátions em relação a gramíneas. Esses cátions entram em contato com os ácidos orgânicos, formados pela fermentação, neutralizando-os, e impedindo que ocorra a queda de pH (LIMA, 1992). Esse comportamento foi observado nas silagens de palma que a gliricídia foi adicionada, onde estas silagens apresentaram maior capacidade tampão.

A capacidade tampão apresentada pela palma foi de 14,23 E.g/100g MS e da gliricídia de 22,78 E.g/100g MS (Tabela 2). Os níveis de adição (25, 50, 75 e 100%) resultaram em incrementos de 57,4, 65,8, 96,4 e 86,3%, respectivamente, em relação à média da capacidade tampão das silagens de palma (15,9 E.g/100g de MS), mas sem afetar negativamente a fermentação das mesmas. Esse comportamento de incremento também foi observado por Pereira et al. (2004), avaliando os efeitos da inclusão 0, 10, 20, 30, 40% de leucena, na qualidade da silagem de milho, onde verificou um incremento de 85,95% na capacidade tamponante, do nível 0 de inclusão ao 40% (14,02 a 26,07 eq.mg HCl/100 g MS).

Em relação aos carboidratos solúveis (CHOS), a adição de gliricídia nas silagens de palma, proporcionou efeito quadrático na maioria das aberturas, exceto aos 90 dias de ensilagem, que apresentou um efeito linear decrescente (Tabela 4).

Foi possível observar que ensilagens do primeiro ao sétimo dia de ensilagem, em média houve um incremento significativo do teor de CHOS (4,86 para 11,52% na MS). Esse incremento durante o período inicial, é devido a aderência das bactérias as partículas da massa ensilada. As enzimas que são liberadas por esses microrganismos na superfície do substrato, liberam os carboidratos por hidrólise, estes são capturados e utilizados, por esse grupo, e assim se multiplicam ao ponto de dominar a maior parte da massa ensilada. Provavelmente, foi isso que ocorreu durante esse período, proporcionando maior número dos grupos de microrganismos na massa ensilada.

Tabela 4. Valores médios do Potencial hidrogeniônico (pH), Capacidade tamponante (CT), Nitrogênio amoniacal em % do nitrogênio total (N-NH₃) e de Carboidratos solúveis (CHOS) das silagens de palma com diferentes níveis de adição de gliricídia

pH							
Abert	Níveis de Gliricídia				Média	Equação	R ² (%)
	0	25	50	75			
1	4,29c	4,46b	4,40b	4,69d	4,80	$\hat{Y} = 0,0003x^2 - 0,02x + 4$	91,4
7	3,70a	3,86a	3,96a	4,09ab	4,02	$\hat{Y} = 0,01x + 4$	88,4
15	3,90b	3,96a	4,09a	4,28c	4,41	$\hat{Y} = 0,02x + 4$	66,7
30	3,80ab	3,93a	3,98a	4,23bc	4,26	$\hat{Y} = 0,01x + 4$	72,2
60	3,78ab	3,93a	4,06a	4,18abc	4,22	$\hat{Y} = 0,01x + 4$	75,8
90	3,68a	3,92a	3,94a	4,02a	4,11	$\hat{Y} = 0,01x + 4$	71,9
Média	3,86	4,01	4,07	4,24	5,34		
Capacidade tampão							
Abert	Níveis de Gliricídia				Média	Equação	R ² (%)
	0	25	50	75			
1	13,75a	14,73a	17,75a	21,71a	16,93	$\hat{Y} = 0,05x + 14$	43,57
7	18,55b	20,75b	24,89b	32,00b	23,94	$\hat{Y} = -0,002x^2 + 0,3x - 17$	65,57
15	14,20ab	26,44c	28,45cd	30,80b	24,88	$\hat{Y} = -0,004x^2 + 0,5x + 15$	96,53
30	16,34ab	27,94cd	25,85bc	33,73bc	27,45	$\hat{Y} = -0,002x^2 + 0,3x + 18$	86,07
60	16,42ab	28,64cd	30,11cd	32,45bc	30,22	$\hat{Y} = 0,2x + 19$	89,64
90	16,16ab	31,69d	31,10d	36,71c	30,36	$\hat{Y} = -0,003x^2 + 0,5x + 18$	90,21
Média	15,90	25,03	26,36	31,23	29,62		

Continua...

N-NH ₃ (% N total)									
Abert	Níveis de Gliricídia				Média	Equação	R ² (%)	EPM	
	0	25	50	75					
1	0,84a	3,77b	0,83a	2,50a	3,31bc	$\hat{Y}=0,0001x^2+0,01x+2$	18,06		
7	5,89c	3,80b	2,76b	2,84ab	4,06c	$\hat{Y}=0,001x^2-0,1x+6$	99,99		
15	1,40a	2,37a	2,51b	2,50a	1,82a	$\hat{Y}=-0,0004x^2+0,04x+1$	97,57		0,059
30	0,43a	2,00a	3,05b	2,87ab	2,97abc	$\hat{Y}=-0,001x^2+0,07x+1$	97,31		
60	2,96b	2,47ab	3,09b	4,10bc	2,98bc	$\hat{Y}=-0,0001x^2+0,02x+3$	22,99		
90	1,01a	3,26ab	8,16c	4,87c	2,30ab	$\hat{Y}=-0,002x^2+0,2x+1$	80,47		
Média	2,09	2,94	3,40	3,28	2,90				
Carboidratos solúveis									
Abert	Níveis de Gliricídia				Média	Equação	R ² (%)	EPM	
	0	25	50	75					
1	5,33a	5,89a	5,07a	5,16ab	2,88a	$\hat{Y}=-0,001x^2+0,03x+5$	89,92		
7	19,84c	11,59c	11,65b	6,47ab	8,04b	$\hat{Y}=0,002x^2-0,3x+19$	91,03		
15	11,64b	10,46bc	11,61b	3,85a	4,05a	$\hat{Y}=-0,001x^2-0,02x+12$	77,66		0,182
30	8,75ab	7,44ab	10,77b	8,05b	5,58ab	$\hat{Y}=-0,0001x^2+0,1x+8$	57,87		
90	6,11a	5,53a	5,53a	4,84ab	3,96a	$\hat{Y}=-0,02x+6$	91,70		
Média	10,33	8,18	8,93	5,67	4,90				
Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).									

Houve redução na concentração média de carboidratos 10,33, 8,18, 8,93, 5,67 e 4,90, conforme os níveis de glicídia aumentou nas silagens de palma. Justificada, principalmente, pelas leguminosas possuírem menores concentração de carboidratos solúveis em água (NORTON (1994) e MCDONALD et al. (1991).

Alguns trabalhos foram realizados utilizando melaço nas silagens de leguminosas, porém com esses resultados, pode-se inferir que a adição de palma nas silagens de glicídia até 50%, fornece carboidratos suficientes para que ocorra fermentação adequada. Confirmando com o que Gusha et al. (2013) afirmam sobre a palma forrageira possuir alta concentração de carboidratos solúveis que, por sua vez, possibilita rápido abaixamento do pH à uma faixa de preservação da silagem.

A quantidade de nitrogênio amoniacal presente nas silagens, é utilizado como indicador da atividade de clostrídeos, já que contribui para elevação do pH. Segundo McDonald et al. (1991), a concentração de N-NH₃ é geralmente elevada em silagens mal conservada.

Na tabela 4, em média os valores de N-NH₃, não atingiram valor maior que 3,40% do nitrogênio amoniacal em % de nitrogênio total da matéria seca (N-NH₃ % de N total), nas silagens de palma forrageira com níveis de adição de glicídia. De modo geral, o baixo teor de N-NH₃ inferior a 10% do N total, na silagem, é um indicativo de que não houve quebra excessiva da proteína em amônia, e os aminoácidos são a maior parte do constituintes do N não proteico (VAN SOEST, 1994). Indicando assim, que as perdas na forma de amônia foram baixas, resultado de que todas as fases do processo de ensilagem, tal como a sua associação com a glicídia, foram realizadas de maneira satisfatória.

Os valores encontrados no presente estudo, estão dentro da faixa que Seglar (2003), indica como favorável para que ocorra boa fermentação, que é de 15% de amônia. Indicando a ausência de bactérias do gênero *Clostridium* na massa ensilada, e que o pH encontrado em todos os níveis foi suficiente para inibir o desenvolvimento desse grupo.

Houve efeito quadrático positivo até os 7 dias de ensilagem, passando a ser negativo aos 15 dias de ensilagem. Esse comportamento pode ser justificado pela degradação da proteína que ocorre na fase inicial da fermentação.

4.2. Microbiologia

Foi possível quantificar as unidades formadoras de colônia (UFC) dos grupos de bactérias ácido lácticas (BAL), enterobactérias (ENT), mofos e leveduras (ML), tanto das

plantas utilizadas, palma e gliricídia, como nas silagens de palma com diferentes níveis de gliricídia. As floras aeróbicas epífita das forrageiras são as responsáveis pela atividade microbiana inicial das silagens. Porém as quantidades desses grupos podem variar de acordo com o processo fermentativo que ocorrerá dentro do silo. O grupo que menos teve variação no decorrer dos tempos de abertura avaliado, foi o das BAL, quando comparado com as ENT e ML (Figuras 1, 2 e 3).

O menor número de BAL foi observado na palma antes da ensilagem, cerca de 5,98 log UFC/g, enquanto que o encontrado na gliricídia antes da silagem, foi de 6,81 log UFC/g. Na Figura 1, é possível observar que o grupo das BAL consegue se estabilizar nos primeiros dias do processo de ensilagem, principalmente nas silagens que continham palma forrageira. Já nas silagens que continha apenas gliricídia, não foi possível observar UFC no 1º dia de abertura dos silos. Porém, aos 7 dias, o grupo de BAL, nessas silagens conseguiu desenvolver-se, atingindo a mesma quantidade de UFC das demais silagens avaliadas. Esse caso, pode ser justificado pelo aumento da quantidade de carboidratos solúveis, que se torna disponível durante esses primeiros dias do processo, ocasionando assim o estabelecimento desse grupo dentro do silo, que utiliza os carboidratos solúveis como substrato.

As silagens com os menores níveis de adição de gliricídia, ou seja, os que possuem maior quantidade de palma, são as que apresentam rápida expansão de BAL dentro dos silos. Isso devido a maior quantidade de carboidratos solúveis disponível na massa ensilada, consequentemente maior favorecimento para que esse grupo se desenvolvesse e se estabelecesse, ocasionando menores valores de pH.

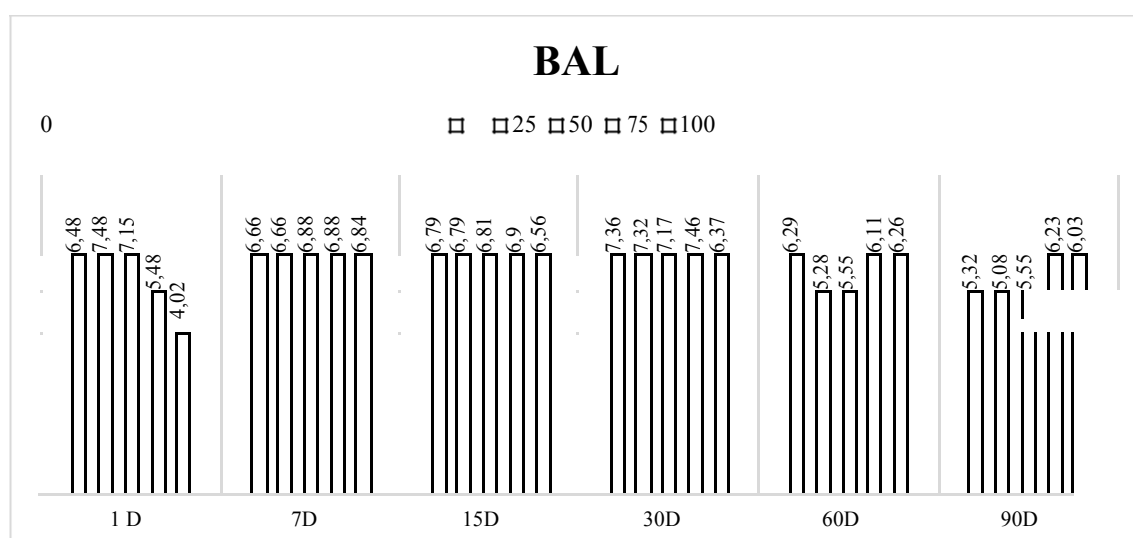


Figura 1. Desenvolvimento de bactérias ácido lácticas (BAL) nos diferentes tempos de abertura das silagens de palma com adição de níveis de gliricídia

Tanto a palma como a gliricídia tiveram valores próximos de ML, em média cerca de 5,87 e 5,91 UFC/g de planta, respectivamente. Apesar da rápida produção de ácido láctico e da redução de pH, que ocorreram devido as quantidades de carboidratos solúveis disponíveis, a população de mofo e leveduras se desenvolveu em todas as silagens e até mesmo durante 90 dias de ensilagem, possivelmente devido a sua capacidade de se desenvolver em pH baixo, assim como a quantidade de substrato disponível que favorece a permanência desses grupos na silagem.

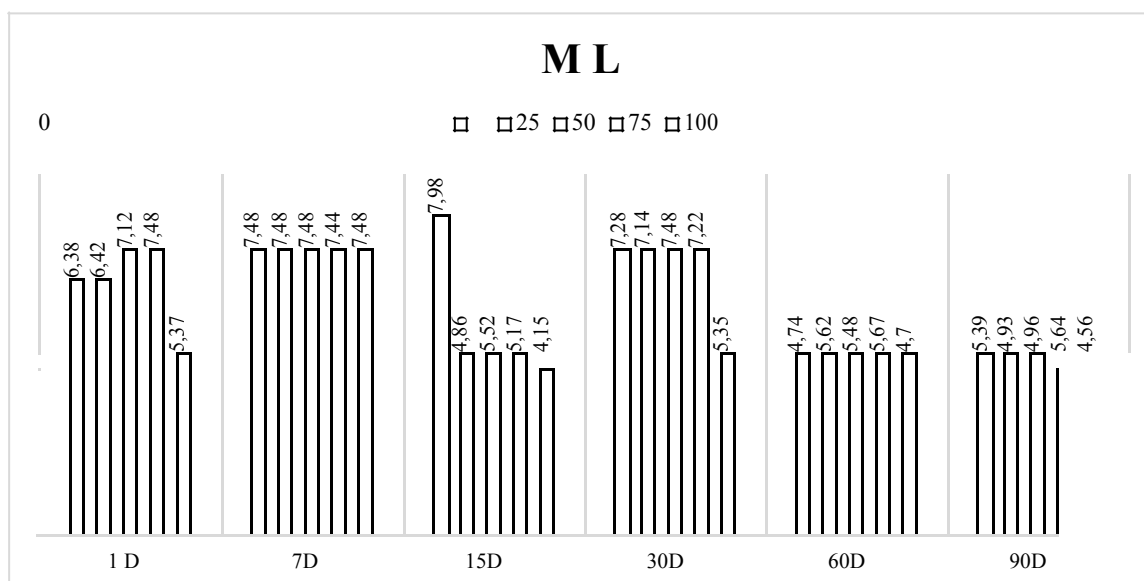


Figura 2. Desenvolvimento de mofo e leveduras (ML) nos diferentes tempos de abertura das silagens de palma com adição de níveis de gliricídia

As leveduras são os principais microrganismos deteriorantes da silagem, principalmente após a exposição aeróbia do material, promovendo acentuada perda de MS da silagem. Esses microrganismos podem crescer em pH menor que 3,5; podendo usar o ácido láctico como substrato, quando em anaerobiose, promovendo o aumento no pH da silagem o que pode favorecer o surgimento de fermentações indesejadas (MUCK, 2010). Sendo importante ressaltar, que o número de Mofo e Leveduras foi maior do que o número de bactérias ácido lácticas até os 30 dias de ensilagem. Ocorrendo diminuição dessa população a partir dos 60 dias de ensilagem. Esse comportamento pode ser explicado pela diminuição do pH e maior dominância do grupo de BAL.

Nas plantas foi possível detectar a presença de ENT, cerca de 6 log UFC/g de palma como para a gliricídia. Na figura 1, podemos observar como esse grupo de microrganismo se comportou nas silagens e nas diferentes aberturas.

Apenas no 1º dia de ensilagem, foi possível verificar a presença UFC de ENT em

todas as silagens. Esse é período (fase log) ocorre intensa colonização nas primeiras horas de ensilagem pelos microrganismos, principalmente de BAL, assim como a intensa produção de ácidos orgânicos e consequentemente a redução do pH. Porém, as ENT não são desejáveis, por serem um grupo de bactérias de natureza anaeróbia facultativa, competindo com as BAL por substrato durante e após a ensilagem.

Esse grupo é bastante sensível a redução do pH, mais do que o grupo de BAL. Essa sensibilidade é observada na figura 3, onde aos 7 dias de ensilagem esse grupo diminui ao ponto de não ser mais contabilizado nas silagens que contém níveis de glicircidia.

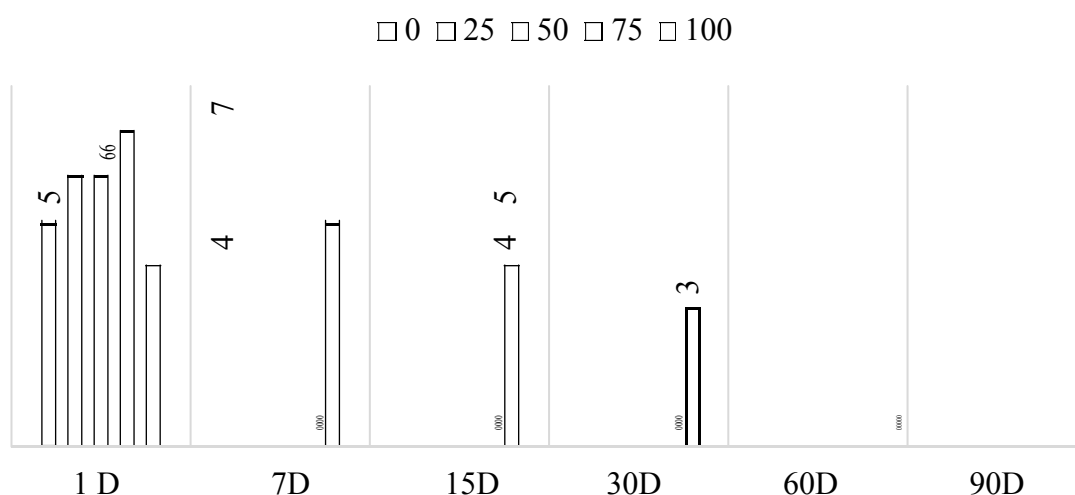


Figura 3. Desenvolvimento de enterobactérias (ENT) nos diferentes tempos de abertura das silagens de palma com adição de níveis de glicircidia

Mesmo as ENT fermentando carboidratos a ácido acético, e este sendo desejável no processo de fermentativo, por possuir ação antifúngica. São responsáveis pela degradação da proteína, o que reflete na maior parte da amônia formada e da redução de nitrato, consequentemente no aumento da capacidade tamponante da massa ensilada (WOOLFORD, 1975; MCDONALD ET AL., 1991; PEREIRA ET AL., 2006), diminuindo a capacidade de redução de pH da massa ensilada.

Nas silagens que contém apenas glicircidia, observa-se um leve aumento na quantidade de UFC aos 7 dias, o que influencia na capacidade tamponante e consequentemente no pH desse mesmo período (Tabela 4). À medida que o pH diminui, a partir dos 15 dias de ensilagem elas tem seu crescimento reduzido, o pH tende a reduzir após esse período e aos 60 dias de ensilagem UFC de ENT já não são possíveis de ser contabilizada.

Essa redução de pH deve ter tido contribuição da produção de ácido acético, produzido pelas ENT, que tiveram seu desenvolvimento favorecido nas silagens de leguminosas, até o momento em que o pH foi favorável para que isso ocorresse. Com isso, podemos inferir que a presença de ENT na silagem depende principalmente do tempo necessário para que as BAL consigam produzir quantidade suficiente de ácido Lático de modo a baixar o pH à valores tóxicos para o grupo de ENT.

Assim, observa-se que todos os grupos de microrganismos avaliados nas silagens, apresentaram quantidades de UFC dos BAL, de ML e de ENT, suficientes para garantir a boa fermentação, durante os 90 dias de ensilagem. E que até mesmo as silagens de gliricídia apresentou características que favoreceu o desenvolvimento do principal grupo de microrganismo, que é o grupo de BAL.

4.3. Ácidos orgânicos

Segundo França et al. (2011), dentre os principais ácidos orgânicos encontrados na silagem, podem ser citados o lático, acético, butírico, propiônico. No que se refere, a percentual de ácidos orgânicos presentes na silagem de palma com níveis de gliricídia, houve efeito de interação ($P < 0,05$) em todas as variáveis avaliadas na silagem, exceto para o ácido butírico (AB), (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de probabilidade de efeito dos níveis de gliricídia x aberturas e da interação entre os fatores, para os ácidos orgânicos, na silagem de palma com níveis de adição de gliricídia

¹ FV	Ácidos orgânicos				
	AL	AA	AL:AA	AP	AB
Níveis	0,0000	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000
Aberturas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0354
N x A	0,0000	0,0023	0,0000	0,0001	0,1113
² EPM	0,095	0,035	0,118	0,004	0,000

¹FV= Fonte de variação; AL: ácido lático; AA: ácido acético; AL:AA: relação entre os ácidos lático e acético; AP: ácido propiônico; AB: ácido butírico; ²EPM= erro-padrão da média.

Na tabela 6, os níveis de adição de gliricídia na silagem de palma, proporcionou efeito quadrático na maioria das variáveis (Tabela 6). Em relação ao ácido lático (AL), sua concentração no primeiro dia de ensilagem, em média foi de 2,42% no teor de MS, valor este que chegou a atingir 6,45% na MS das silagens.

Observa-se que apenas as silagens com 50% de adição de gliricídia, apresentaram aumento crescente da concentração de ácido lático, durante todo o tempo de ensilagem avaliado. As silagens que tinham 25 e 50% de adição de gliricídia, tiveram maiores teores

de ácido láctico, cerca de 6,36 e 6,00% na MS, sendo a menor concentração encontrada na silagem de gliricídia (em média 2,67% na MS). Ridwan et al. (2015) avaliando silagens de *Pennisetum purpureum*, com níveis crescentes de *Calliandra calothyrsus*, observaram esse mesmo comportamento conforme adicionou a *C. calothyrsus*. O pH reduziu de 32,8 para 20,4 g/Kg de MS.

As concentrações de AL no presente trabalho, encontradas nas silagens de palma foi em média 5,83% de ácido láctico na MS. Esse valor foi superior aos valores encontrados por Çürek; Özen (2004), que encontraram teores médios de 2,59% e 3,20% de ácido láctico, avaliando cladódios jovens e velhos, respectivamente.

Nas silagens de gliricídia, podemos observar uma concentração média de 2,79% de ácido láctico na MS, sendo este o menor valor de AL encontrado nesse estudo. Sendo essa concentração superior ao encontrado por Oduguwa et al. (2013), avaliando as características de fermentação das cascas de mandioca, ensiladas com *G. sepium*, nas proporções de 2:1 e 1:1, encontraram 91,0 e 83,4 g/Kg de MS, respectivamente.

Em relação ao teor de médio de ácido acético encontrado nas silagens avaliadas, observa-se um aumento crescente ($P<0,05$), desde o primeiro aos 90 dias de ensilagem, em média de 0,67, a 1,76% de AA na MS.

Os níveis de adição que apresentaram maiores teores de AA foram os de 25 e 50%, apresentando teores de 1,67 e 1,33% na MS. Esses valores são superiores aos encontrados por Oduguwa et al. (2013), que foi cerca de 1,13 e 1,42% de AA na MS; e próximos aos encontrados por Çürek; Özen (2004), cerca de 1,53 e 1,52% de AA na MS, avaliando silagens de palma com cladódios jovens e silagens com cladódios maduros.

Busca-se produzir silagens que possuam proporcionalmente maior quantidade de AL em comparação ao AA, indicando uma qualidade de fermentação da massa ensilada.

Os ácidos, láctico e acético, apresentam maior relação aos 7 dias de ensilagem ($P<0,05$), cerca de 6,82% MS, resultado de uma maior concentração de AL em relação ao AA. As relações entre estes dois ácidos, dentre outras, são os parâmetros de maior validade, na avaliação do processo fermentativo das silagens. As silagens que apresentam maior relação desses dois ácidos é a silagem de palma e a silagem de 50% de gliricídia, com valores médios de 5,42 e 4,74 % na MS, respectivamente.

Quanto aos teores de ácido propiônico, ocorre aumento a partir dos 30 dias de ensilagem ($P<0,05$). Com maior concentração desse ácido nas silagens de gliricídia (0,22% MS). Essa concentração é considerada ideal, pois Segundo Roth; Undersander

(1995), as silagens que apresentam teor de ácido láctico de 4,0% a 6,0%; ácido acético menor que 2,0%; ácido propiônico menor que 0,50%; apresentam-se bem fermentadas, ou seja, “boa”. Considerando essa classificação, as silagens avaliadas nesse estudo encontram-se dentro do desejado, no que se refere a produção de ácidos orgânicos também. O que confirma que as silagens apresentaram fermentação satisfatória.

Tabela 6. Teores médios ácido láctico (AL), ácido acético (AA), relação entre os ácidos láctico e acético (AL:AA) e ácido propiônico (AP) na silagem de palma com níveis de adição de glicirídia

AL (% na MS)									
Abert	Níveis de glicirídia					Média	Equação	R²	EPM
	0	25	50	75	100				
1	2,05a	2,87a	3,16a	2,71a	1,36a	2,42A	$\hat{Y} = -0,001x^2 + 0,05x + 2$	99,38	0,095
7	4,94b	4,51a	5,58b	7,05b	5,43b	5,50B	$\hat{Y} = -0,0002x^2 + 0,04x + 5$	41,09	
30	6,91c	8,95b	6,15b	6,53b	1,84a	6,07BC	$\hat{Y} = -0,001x^2 + 0,07x + 7$	85,96	
60	9,03d	7,22b	6,31b	5,26b	1,67a	5,90BC	$\hat{Y} = -0,07x + 9$	92,76	
90	6,05bc	8,27b	8,82c	6,06b	3,06a	6,45C	$\hat{Y} = -0,002x^2 + 0,1x + 6$	97,50	
Média	5,80	6,36	6,00	5,52	2,67				
AA (% na MS)									
Abert	Níveis de glicirídia					Média	Equação	R²	EPM
	0	25	50	75	100				
1	0,66a	0,81a	0,65a	0,75a	0,28a	0,63A	$\hat{Y} = -0,0001x^2 + 0,01x + 1$	78,36	0,035
7	0,68a	0,80a	1,03ab	1,01a	0,69a	0,84A	$\hat{Y} = -0,0001x^2 + 0,01x + 1$	84,79	
30	0,64bc	2,42b	1,85c	1,36ab	1,61b	1,77B	$\hat{Y} = -0,0001x^2 + 0,01x + 2$	28,62	
60	1,78c	1,97b	1,31abc	1,24ab	1,42b	1,54B	$\hat{Y} = 0,0001x^2 - 0,01x + 2$	47,05	
90	0,97ab	2,20b	1,69bc	1,75c	2,05b	1,73B	$\hat{Y} = -0,0001x^2 + 0,02x + 1$	45,34	
Média	1,25	1,39	1,41	1,33	1,14				

Continua...

AL:AA (% na MS)									
Abert	Níveis de glicicídica						Equação	R ²	EPM
	0	25	50	75	100	Média			
1	3,09a	3,56a	4,90a	5,58a	4,90b	4,01A	$\hat{Y} = -0,000004x^2 + 0,03x + 3$	49,56	
7	7,32b	5,60a	5,42a	7,04b	8,70c	6,82B	$\hat{Y} = 0,001x^2 - 0,1x + 7$	96,04	
30	5,41ab	3,73a	3,36a	4,82ab	1,16a	3,69A	$\hat{Y} = -0,0002x^2 - 0,01x + 5$	54,01	0,118
60	5,09ab	3,67a	4,82a	4,41a	1,22a	3,84A	$\hat{Y} = -0,001x^2 + 0,03x + 5$	69,48	
90	6,22b	3,75a	5,21a	3,46a	1,57a	4,04A	$\hat{Y} = -0,0002x^2 - 0,01x + 6$	75,15	
Média	5,42	4,06	4,74	4,66	3,51				
AP (% na MS)									
Abert	Níveis de glicicídica						Equação	R ²	EPM
	0	25	50	75	100	Média			
1	0,01a	0,05a	0,04a	0,06a	0,06a	0,04A	$\hat{Y} = -0,000003x^2 + 0,001x + 0,02$	78,90	
7	0,04a	0,06a	0,07a	0,08a	0,12a	0,07A	$\hat{Y} = 0,001x + 0,03$	91,13	
30	0,08ab	0,26bc	0,24b	0,18b	0,25b	0,20B	$\hat{Y} = -0,000003x^2 + 0,0004x + 0,1$	54,36	0,004
60	0,11b	0,22b	0,23b	0,21b	0,24b	0,20B	$\hat{Y} = -0,000002x^2 + 0,0003x + 0,1$	79,41	
90	0,09ab	0,31c	0,27b	0,29c	0,38c	0,27C	$\hat{Y} = -0,000002x^2 + 0,01x + 0,1$	74,49	
Média	0,07	0,18	0,17	0,16	0,21				

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Conclusão.

Houve efeito dos níveis de adição de gliricídia nas silagens ($P < 0,05$), nos teores médios de ácido butírico (AB), a variação foi tão baixa ao ponto de ser insignificante. Com isso verificasse que a silagem foi bem fermentada pois os valores estão na faixa preconizada como ideal que é menor ou igual a 1% (Tabela 7).

Tabela 7. Teores médios ácido butírico (AB) na silagem de palma com níveis de adição de gliricídia

¹ FV	Níveis de Gliricídia					Equação	R ² (%)	² EPM
	0	25	50	75	100			
AB	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	$\hat{Y} = -0,0001x + 0,01$	97,10	0,000

¹FV= Fonte de variação. ²EPM= erro-padrão da média.

4.4. Perdas fermentativas

Houve efeito da adição de gliricídia ($P < 0,05$), sobre as PG, PE e RMS. As silagens avaliadas no presente estudo, apresentaram mínimas perdas por gases e por efluentes (Tabela 8). As menores PG foram observadas nas silagens com 50% de adição de gliricídia, em média 0,46% na MS.

Enquanto, as menores perdas por efluentes, foram observadas nas silagens com adições de 75 e 100% de gliricídia, 2,60 e 3,75 Kg/ton de silagem. Devido, ao maior teor MS que a gliricídia possui, em relação a palma forrageira, esta, apresenta maior teor de umidade, o que reflete nas silagens em que se encontra com maior quantidade. Desse modo, a silagem de palma e a silagem com 25% de gliricídia adicionada, apresentam médias de PE maiores, 23 e 15 Kg/ton de silagem, respectivamente. Esse valor da silagem de palma, coincidem com os encontrados por Nogueira (2016), 23,06 Kg/ton de silagem.

As demais silagens, 50, 75 e 100% de adição de gliricídia, apresentaram PE inferiores a 10%. Demonstrando assim, a eficácia que a mucilagem da palma apresenta em reter os fluidos da massa ensilada (DRIEHUIS; WIKSELAAR, 2000). As silagens com menor adição de gliricídia (0 e 25%), apresentaram maiores PE, justamente pelo menor teor de matéria seca que elas possuem. Já a silagem de gliricídia (100%), devido a sua elevada capacidade tamponante, que influenciou na presença de ENT, por mais tempo, apresentaram maiores produções de gases o que influenciou nas PG, essas perdas PE e PG reflete diretamente em uma menor % de RMS.

Assim, as maiores RMS, ocorreram nas silagens de palma que tiveram gliricídia adicionada. Sendo a quantidade ideal para a adição de gliricídia na silagem de palma forrageira, é de 58%.

Tabela 8. Efeito dos níveis de gliricídia em relação as perdas por gases (PG), perdas por efluentes (PE) e recuperação de matéria seca (RMS) nas silagens de palma aos 90 dias de ensilagem

Variáveis	Níveis de gliricídia					Equação	R ²	¹ EPM
	0	25	50	75	100			
PG %MS	0,80	0,55	0,46	0,47	0,96	$\hat{Y}=0,0002x^2-0,02x+0,8$	93,17	0,029
PE kg/ton	23,6	15,51	8,79	2,60	3,74	$\hat{Y}=0,002x-0,4x+24,1$	98,56	1,853
RMS %	96,6	97,55	98,35	98,85	97,53	$\hat{Y}=-0,0006x^2+0,07x+96,4$	90,40	0,217

¹EPM= erro-padrão da média.

4.5. Composição bromatológica

Verificou-se efeito dos níveis de inclusão da gliricídia ($P<0,05$) sobre a composição bromatológica das silagens mistas nos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e extrato etéreo (EE) (Tabela 9).

Tabela 9. Valores de probabilidade de efeito dos níveis de gliricídia sobre a composição bromatológica das silagens mistas de palma e gliricídia

¹ FV	Variável ²			
	MS	MM	MO	EE
Níveis	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Abertura	0,3439	0,0749	0,0749	0,1082
N x A	0,7587	0,3781	0,3781	0,9486
³ EPM	0,270	0,061	0,062	0,095

¹Fonte de variação. ²MS: matéria seca, MM: matéria mineral, MO: matéria orgânica, EE: extrato etéreo.

³EPM= erro-padrão da média.

Devido ao efeito significativo da inclusão de gliricídia, foi feito o desdobramento do tratamento com intuito de identificar as alterações na composição. Os teores de MS, MO e EE aumentaram linearmente à medida que se adicionou gliricídia nas silagens, enquanto o teor de MM decresceu (Tabela 10). O aumento nestes teores se deu porque a palma, naturalmente, possui altas concentrações de água, minerais e ácidos orgânicos como uma adaptação fisiológica para persistir a condições de déficit hídrico. Tal característica permite a regulação do potencial osmótico, tornando-a mais negativa que o meio, possibilitando assim a absorção de água. Consequentemente, ao adicionar gliricídia na mistura a contribuição de minerais e umidade oriundos da palma diminui, sendo este o motivo de os teores de MM diminuírem e da MS aumentar nas silagens com maiores níveis de gliricídia.

Ainda nesse contexto observa-se que a MO aumentou, como resultado do decréscimo da MM nas silagens. Com relação ao EE, verifica-se que a gliricídia *in*

tem um teor de lipídeos (maior que a palma), o que promoveu aumentos significativos deste nutriente nas silagens com maior proporção de gliricídia.

Tabela 10. Efeito da inclusão de gliricídia na composição bromatológica de silagens de palma e gliricídia

¹ FV	Níveis de Gliricídia					Equação	R ²	² EPM
	0	25	50	75	100			
MS	15,59	18,11	20,75	23,56	25,32	$\hat{Y} = 0,1x + 15,66$	99,53	0,270
MM	11,34	10,07	9,80	9,20	8,75	$\hat{Y} = - 0,02x + 11,04$	93,75	0,061
MO	88,66	89,93	90,20	90,80	91,25	$\hat{Y} = 0,02x + 88,96$	93,75	0,062
EE	0,95	1,37	1,62	2,06	2,73	$\hat{Y} = 0,02x + 0,897$	97,24	0,095

¹Fonte de variação. MS: matéria seca, MM: matéria mineral, MO: matéria orgânica, EE: extrato etéreo.

²EPM= erro-padrão da média.

Ao se adicionar gliricídia na silagem de palma verificou-se interação tratamento x abertura ($P < 0,05$) na composição bromatológica (Tabela 11). Devido ao efeito de interação foi feito o desdobramento destas variáveis (Tabela 12).

Observa-se que os teores de proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), hemicelulose (HEM), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN) tiveram aumentos lineares em função da inclusão de gliricídia nas silagens (Tabela 12). Como a gliricídia é uma leguminosa, já era esperado que o teor proteico da silagem aumentasse, sendo este um dos motivos para utilizá-la como aditivo nutricional. Com isso foi possível associar duas plantas forrageiras que se complementam, ou seja, a gliricídia é capaz de suprir o déficit de proteína da palma forrageira. O valor de PB obtido nas silagens que continham gliricídia foram satisfatórios, pois apresentaram valores acima do mínimo necessário para o funcionamento adequado do rúmen, que é 7% de PB na dieta (VAN SOEST, 1994).

Observou-se ainda aumento significativo nos teores de FDN, FDA, LIG e HEM nas silagens que continham gliricídia. Normalmente, os componentes fibrosos são associados com a qualidade da forragem, tendo em vista que sua alta quantidade leva a diminuições drásticas na digestibilidade e consumo do alimento (CHAPMAN et al., 2014). Com base nisso, Lana et al. (2004) propôs que o teor de FDN ótimo para ser utilizado em rações de ruminantes é de 33 a 50%, conseguindo assim um desempenho animal satisfatório. Os valores de FDN obtidos no presente trabalho encontram-se nesta faixa, principalmente nas silagens mistas (25, 50 e 75%) e na silagem de gliricídia (100%) (Tabela 12). Os valores de FDN da silagem de palma (0% de gliricídia) foram demasiadamente baixos em razão do seu baixo teor de MS e da alta concentração de carboidratos solúveis.

Tabela 11. Valores de probabilidade, do efeito dos níveis de glicirídida sobre a composição bromatológica das silagens mistas de palma e glicirídida

1_FV	Variável ²								
	PB	CNF	CHOT	FDN	FDA	HEM	LIG	PIDN	CIDN
Níveis	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Abertura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
N x A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3_EPM	0,123	0,213	0,142	0,157	0,089	0,101	0,003	0,012	0,021

¹Fonte de variação. ²PB: proteína bruta, CNF: carboidratos não fibrosos, CHOT: carboidratos totais, FDN: fibra insolúvel em detergente neutro, FDA: fibra insolúvel em detergente ácido, HEM: hemicelulose, LIG: lignina, PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro, CIDN: cinza insolúvel em detergente neutro. ³EPM= erro-padrão da média.

Tabela 12. Desdobramento da interação Tratamento × Tempo de abertura para composição química das silagens mistas de palma forrageira e glicirídida

¹Proteína bruta (% na MS)									
Abert (dias)	Níveis de Glicirídida					Média	Equação	R² (%)	²EPM
	0	25	50	75	100				
1	4,29a	7,85a	11,57a	13,34a	15,48a	10,50	Ŷ=0,1x+5	97,59	0,123
7	3,95ab	9,62abc	12,56a	14,37a	18,05ab	11,71	Ŷ=0,1x+5	96,45	
15	6,55abc	9,95abc	11,75a	14,31a	19,07b	12,32	Ŷ=0,1x+6	97,38	
30	8,53a	12,41c	13,77a	15,51a	16,32ab	13,31	Ŷ=0,1x+10	92,37	
60	6,38abc	9,41ab	11,23a	13,51a	17,42ab	11,59	Ŷ=0,1x+6	98,38	
90	7,10bc	11,77bc	12,60a	13,58a	18,10ab	12,62	Ŷ=0,1x+8	91,23	
Média	6,13	10,17	12,24	14,10	17,41				

Continua...

CNF (% na MS)									
Abert (dias)	Níveis de Gliricídia				Média	Equação	R² (%)	EPM	
	0	25	50	75					
1	60,66ab	50,69c	39,92a	35,77ab	30,39b	$\hat{Y} = -0,3x + 59$	96,42		
7	60,19ab	50,01c	41,67a	38,23b	28,15ab	$\hat{Y} = -0,3x + 59$	97,93		
15	62,04a	48,29bc	41,77a	36,02ab	24,32a	$\hat{Y} = -0,4x + 60$	97,58		0,213
30	59,77abc	46,05abc	42,68a	36,87ab	28,93ab	$\hat{Y} = -0,3x + 57$	95,44		
60	55,04a	44,66ab	40,73a	31,90a	27,76ab	$\hat{Y} = -0,3x + 53$	97,70		
90	56,84ab	42,39a	38,54a	33,72ab	25,81ab	$\hat{Y} = -0,3x + 54$	94,26		
Média	59,09	47,01	40,88	35,42	27,56				
CHOT (% na MS)									
Abert (dias)	Níveis de Gliricídia				Média	Equação	R² (%)	EPM	
	0	25	50	75					
1	82,88ab	80,11c	71,31a	75,00a	72,73b	$\hat{Y} = -0,1x + 82$	93,97		
7	84,15b	79,15abc	76,92a	74,88a	70,52ab	$\hat{Y} = -0,1x + 79$	85,43		
15	81,70ab	79,56bc	76,63a	74,94a	68,58a	$\hat{Y} = -0,1x + 83$	99,74		0,142
30	79,78a	75,97a	74,58a	73,35a	73,18b	$\hat{Y} = -0,1x + 83$	97,32		
60	80,87ab	79,03abc	76,98a	73,96a	70,48ab	$\hat{Y} = -0,1x + 81$	98,05		
90	80,04a	76,57ab	75,61a	75,73a	71,22ab	$\hat{Y} = -0,1x + 80$	86,23		
Média	81,57	78,40	76,34	74,64	71,12				

Continua...

FDN (% na MS)								
Abert (dias)	Níveis de Glicicídia			Média	Equação	R² (%)	EPM	
	0	25	50					
1	22,72ab	30,23a	38,75b	42,46ab	46,72a	97,08		
7	24,61bc	30,75a	37,24ab	39,67a	46,25a	98,39		
15	20,37a	33,06a	37,56ab	42,29ab	49,04a	95,53		0,157
30	20,95ab	32,18ab	34,95a	40,43a	48,75a	96,41		
60	26,51c	36,74b	39,29b	45,65b	46,49a	91,32		
90	23,60abc	36,27b	39,48b	45,17b	49,18a	93,39		
Média	23,13	33,21	37,88	42,61	47,74			
FDA (% na MS)								
Abert (dias)	Níveis de Glicicídia			Média	Equação	R² (%)	EPM	
	0	25	50					
1	12,29ab	19,61a	26,46a	28,96ab	34,48b	97,45		
7	12,48ab	18,59a	26,64ab	28,14a	32,20a	95,02		
15	11,59a	24,15b	26,70abc	30,91bc	33,73ab	88,70		0,089
30	12,28ab	23,95b	25,87a	31,16c	37,79d	94,76		
60	15,13c	27,03c	28,58bc	33,67d	35,44bc	87,80		
90	13,78bc	26,62c	28,78c	34,07d	37,21cd	90,38		
Média	12,93	23,33	27,17	31,15	35,14			

Continua...

Hemicelulose (% na MS)									
Abert (dias)	Níveis de Gliricídia			Média	Equação	R² (%)	EPM		
	0	25	50						
1	10,43ab	10,62ab	12,28b	11,81	$\hat{Y} = -0,0004x^2 + 0,1x + 10$	76,28			
7	12,13b	12,16b	10,60ab	12,09	$\hat{Y} = 0,001x^2 - 0,1x + 13$	78,62			
15	8,79a	8,91a	10,86ab	11,05	$\hat{Y} = 0,1x + 8$	86,08			0,101
30	8,67a	8,23a	9,08a	9,24	$\hat{Y} = 0,0004x^2 - 0,02x + 9$	94,46			
60	11,37b	9,71a	10,71ab	10,96	$\hat{Y} = 0,0002x^2 - 0,01x + 11$	16,56			
90	9,81ab	9,65a	10,71ab	10,65	$\hat{Y} = 0,02x + 10$	90,93			
Média	10,20	9,88	10,71	11,46	12,59				
Lignina (% na MS)									
Abert (dias)	Níveis de Gliricídia			Média	Equação	R² (%)	EPM		
	0	25	50						
1	0,02ab	0,03a	0,04ab	0,04	$\hat{Y} = 0,0005x + 0,01$	98,56			
7	0,01a	0,02a	0,04a	0,03	$\hat{Y} = 0,0004x + 0,01$	99,39			
15	0,01a	0,04b	0,04bc	0,04	$\hat{Y} = 0,0004x + 0,02$	89,83			0,003
30	0,01a	0,04b	0,04bc	0,04	$\hat{Y} = 0,0005x + 0,02$	93,33			
60	0,02b	0,04b	0,05c	0,05	$\hat{Y} = 0,0004x + 0,02$	94,30			
90	0,02ab	0,04b	0,05c	0,05	$\hat{Y} = 0,0005x + 0,02$	92,32			
Média	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06				

Continua...

PIDN (% na MS)									
Abert (dias)	Níveis de Gliricídia					Média	Equação	R² (%)	EPM
	0	25	50	75	100				
1	0,49ab	0,81a	1,35a	3,23ab	4,38b	2,05	$\hat{Y}=0,04x+0,02$	92,24	
7	0,66ab	1,61b	1,99b	3,03a	3,87a	2,23	$\hat{Y}=0,03x+0,66$	98,58	
15	0,71bc	1,79b	2,70d	3,38bc	4,78c	2,67	$\hat{Y}=0,04x+0,72$	98,87	0,012
30	0,94c	2,26cd	3,05e	3,95d	4,51b	2,94	$\hat{Y}=0,04x+1,17$	97,96	
60	0,68bc	2,38d	3,04e	3,58c	3,77a	2,69	$\hat{Y}=0,03x+1,21$	87,58	
90	0,40a	2,10c	2,42c	3,15ab	3,77a	2,37	$\hat{Y}=0,03x+0,81$	93,04	
Média	0,65	1,82	2,42	3,39	4,18				
CIDN (% na MS)									
Abert (dias)	Níveis de Gliricídia					Média	Equação	R² (%)	EPM
	0	25	50	75	100				
1	2,05bc	1,39ab	1,26a	1,24a	1,13a	1,41	$\hat{Y}=-0,01x+12$	73,52	
7	1,84abc	1,34a	1,18a	1,00a	0,88a	1,25	$\hat{Y}=-0,01x+2$	90,77	
15	1,45a	1,44ab	1,42ab	1,15a	1,27	1,35	$\hat{Y}=-0,003x+1$	61,45	0,021
30	1,56ab	2,00c	1,90b	1,25a	1,02a	1,55	$\hat{Y}=-0,0002x^2+0,01x+2$	84,89	
60	2,19c	2,76abc	2,25a	2,24a	0,78a	1,44	$\hat{Y}=-0,01x+2$	94,79	
90	1,62ab	1,88bc	1,45ab	1,06a	1,87a	1,38	$\hat{Y}=-0,0001x^2+0,001x+2$	87,73	
Média	1,79	1,64	1,41	1,16	0,99				

¹PB: proteína bruta, CNF: carboidratos não fibrosos, CHOT: carboidratos totais, FDN: fibra insolúvel em detergente neutro, FDA: fibra insolúvel em detergente ácido, HEM: hemicelulose, LIG: lignina, PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro, CIDN: cinza insolúvel em detergente neutro. ² EPM= erro-padrão da média.

Conclusão.

O aumento do teor da fração fibrosa nas silagens estudadas pode ser explicado pela inclusão da gliricídia, pois, no processo de ensilagem, foram coletados tanto folhas como caules da parte aérea. De acordo com Wilson (1993), os colmos de leguminosas possuem alta proporção de tecidos com baixa digestibilidade, principalmente os tecidos vasculares. Com o avançar da maturidade vegetal observa-se maior lignificação destes tecidos, sendo isso mais evidente nos vasos xilemáticos. Além disso, as células epidérmicas, parenquimáticas e esclerenquimáticas do caule têm paredes celulares mais espessas do que as mesmas células encontradas na lâmina foliar. A soma destes fatores resultou em incrementos nos valores de FDN, FDA e LIG nas silagens estudadas.

Seguindo a mesma tendência dos constituintes fibrosos, verifica-se que a HEM aumentou em função da proporção de gliricídia na silagem. Como a gliricídia possui maior quantidade de fibra, no geral, teve-se como consequência um incremento desta fração. A importância biológica da hemicelulose é que ela é um heteropolissacarídeo estrutural capaz de tornar a parede celular mais rígida por meio de ligações com a celulose e, em alguns casos, com a lignina. Nutricionalmente, esta fração é passível de degradação no rúmen, mas, por ser um componente estrutural, tem taxas de degradação lentas (NRC, 2016).

Houve interação tratamento x abertura ($P < 0,05$) com os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CHOT), observando-se diminuição à medida que os níveis de inclusão de gliricídia aumentaram. Isso se deu, possivelmente, pela característica inerente ao vegetal, pois a palma tem maior quantidade de carboidratos que a gliricídia. Comportamento semelhante pode ser observado nos tempos de abertura, onde verifica-se diminuição desses valores com o passar do tempo. Isso pode ser explicado pelo processo fermentativo que ocorre no interior do silo, em que se utiliza este nutriente como substrato para a produção de ácido láctico e, conforme o avançar do tempo de ensilagem, há diminuições drásticas deste nutriente (MUCK, 2010).

A utilização dos carboidratos durante a fermentação fica ainda mais evidente quando se verifica a tabela dos valores de pH (Tabela 4) e se relaciona com a produção de ácidos orgânicos (Tabela 6). Com isso, ao considerar o processo como um todo identifica-se que o processo fermentativo das silagens mistas foi satisfatório, pois proporcionou a produção de uma silagem de qualidade, ou seja, a deterioração foi mínima e os nutrientes das forragens foram conservados adequadamente.

Houve interação tratamento x abertura ($P < 0,05$) com os teores de proteína insolúvel

em detergente neutro (PIDN) e cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN) com diminuição dos valores à medida que os níveis de glicircídia aumentavam. Este aumento se deu em função dos incrementos na fração fibrosa, quando aumentou a proporção de glicircídia nas silagens. Estas frações normalmente causam superestimava dos valores de FDN, uma vez que são compostos não solubilizados pelos detergentes usados nas análises (VAN SOEST et al., 1991). Com isso, boa parte da PIDN é proteína danificada pelo calor do processo analítico, sendo lentamente degradada. Por esta razão é importante a sua determinação, para que o conteúdo fibroso da forragem seja bem caracterizado.

4.6. Estabilidade aeróbia

A presença do oxigênio durante a confecção da silagem, ou durante a fase de descarga da silagem aos animais, favorece a multiplicação de alguns grupos de microrganismos, aeróbios ou aeróbios facultativos, que utilizam compostos energéticos da silagem (PAHLOW et al., 2003), o que eleva as perdas de MS e do valor nutritivo, repercutindo negativamente sobre o desempenho produtivo dos animais.

Na tabela 13, verifica-se o efeito da interação ($P < 0,05$) dos níveis de glicircídia e das aberturas nas variáveis pH e carboidratos solúveis (CHOS), exceto para a variável capacidade tampão, em que apenas os níveis de adição de glicircídia influenciaram nessa variável.

A silagem de palma aos 90 dias de ensilagem apresentou pH de 3,68. Porém, durante a exposição ao ar durante as 48 e 96 horas o pH veio a aumentar para 4,68 e 5,99, respectivamente (Tabela 14). Esse aumento pode ter ocorrido devido a proliferação de leveduras que utilizam o ácido láctico, diminuindo a quantidade do mesmo no meio e favorecendo o aumento do pH (Muck, 2010). Isso ocorre em todas as silagens avaliadas deste experimento, durante a exposição ao ar, quando comparado aos valores de pH aos 90 dias de ensilagem, porém de maneira menos acentuada.

A concentração de carboidratos solúveis antes da exposição ao ar (90 dias), era de 6,11, 5,53, 5,53, 4,84, 3,96 % na MS, respectivamente (Tabela 4). Todas as silagens apresentaram incremento em suas concentrações ao serem exposta ao ar. Sendo a silagem de palma com 50% de adição de glicircídia, a que mais teve incremento na concentração dos carboidratos. Podendo ser atribuído a hidrólise ácida de carboidratos complexos, uma vez que a temperatura, o tempo de reação, o tipo do ácido, a concentração de ácido e a proporção de ácido/celulose, influenciam diretamente na hidrólise (Habibi et al., 2010).

Tabela 13. Valores de probabilidade do efeito dos níveis de glicircidia, tempo de exposição ao ar (TA) de 48 e 96 horas e da interação entre os fatores, nas variáveis pH, carboidratos solúveis (CHOS) e capacidade tampão (CT) nas silagens de palma com níveis de adição de glicircidia

¹ FV	pH	CHOS	CT
Níveis	0,0000	0,0004	0,0000
TA	0,0003	0,0010	0,1086
Nív x TA	0,0031	0,0005	0,0267
² EPM	0,051	0,613	0,454

¹FV= Fonte de variação; ²EPM= erro-padrão da média.

Tabela 14. Valores médios do potencial hidrogeniônico (pH) e dos carboidratos solúveis (CHOS) das silagens de palma forrageira, com diferentes níveis de adição de glicircidia, em diferentes tempos de exposição ao ar (TEA)

Variáv.	Estab.	Níveis de Glicircidia					Equação	R ² (%)	¹ EPM
		0	25	50	75	100			
pH	48 h	4,68a	3,92a	3,98a	4,11a	5,01a	$\hat{Y}=0,0004x^2-0,04x+4,7$	96,86	0,051
	96 h	5,99b	4,38a	4,49b	4,05a	5,00a	$\hat{Y}=0,001x^2-0,06x+5,9$	88,40	
CHOS	48 h	8,52a	12,93a	9,40a	7,91a	6,13a	$\hat{Y}=-0,001x^2+0,1x+9,5$	68,23	0,454
	96 h	9,70a	10,51a	21,32b	8,32a	12,44a	$\hat{Y}=-0,002x^2+0,2x+9,3$	20,73	

¹EPM= erro-padrão da média.

Tabela 15. Valores médios da capacidade tampão (CT), das silagens de palma forrageira, diferentes níveis de adição de glicircidia, na estabilidade aeróbia

Variáveis	Níveis de glicircidia					Equação	R ²	¹ EPM
	0	25	50	75	100			
CT	7,81	25,69	24,16	37,35	46,54	$\hat{Y}=-0,0003X^2+0,387X+10,11$	92,59	0,613

¹EPM= erro-padrão da média.

Verifica-se o efeito dos níveis de glicícidia ($P<0,05$), na capacidade tampão das silagens de palma forrageira, na estabilidade aeróbia (Tabela 15). As silagens que apresentaram maior capacidade tampão, durante a exposição ao ar, foi a de 75% de adição e a silagem de glicícidia, em média, 37,35 e 46,54 E.g/100g MS. Sendo justificada pela presença de ENT, nas 48 horas de exposição ao ar, que promoveram esse aumento (Figura 4).

A variação na durabilidade das silagens está ligada também ao desenvolvimento de microrganismos (Figura 4). Observa-se que o número de UFC de BAL não variou muito, apresentando-se em média de 5 para 6 log UFC/g de silagem, das 48 às 96 horas de exposição da silagem ao ar. O que nos indica que mesmo após a abertura, elas continuam ativas, principalmente por ter substrato suficiente.

Houve crescimento de enterobactérias entre as 48 e 96 horas, sendo mais pronunciado durante as primeiras 48 horas. Esse comportamento de diminuição da população, pode ser justificada pela alta competição com os demais grupos presentes na massa ensilada, o limitou a quantidade de substratos disponíveis para esses grupos.

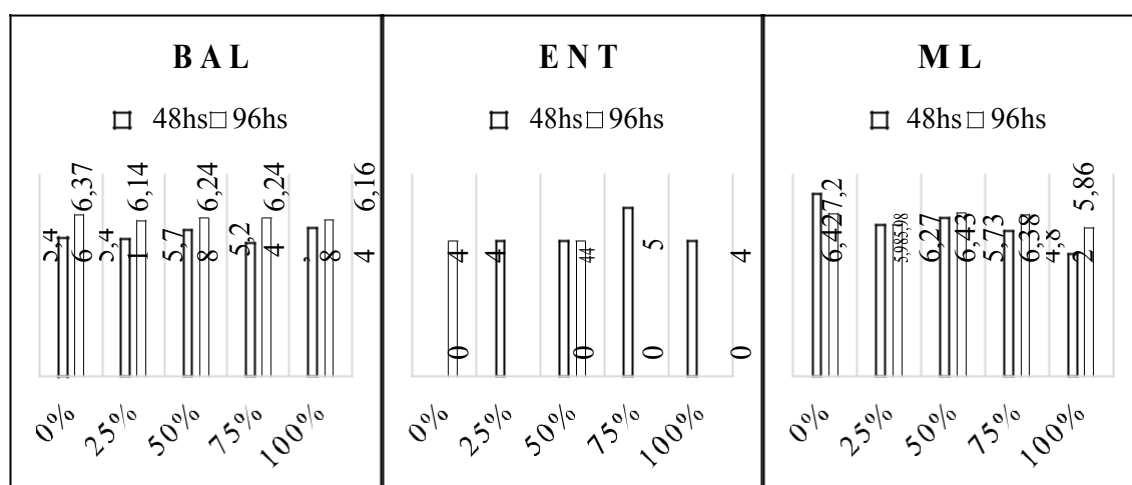


Figura 4. Crescimento de microrganismos, bactérias ácido lácticas (BAL), enterobactérias (ENT), mofos e leveduras (ML), nas silagens de palma com níveis de adição de glicícidia, expostas ao ar durante 96 horas

O desenvolvimento de mofos e leveduras foi mais acentuado nas silagens que tiveram menos adição de glicícidia, e durante as primeiras 48 horas de exposição ao ar, devido ao número de ML já existentes na massa ensilada e um ambiente favorável, onde há substratos (CHOS) e oxigênio, disponível.

Esse grupo através da respiração, faz com que ocorra perdas de energia e nutrientes, através da liberação de CO₂ e calor (perda de energia) e dos efluentes (perda de

nutrientes). Podendo ser a causa, dessas silagens terem apresentado as maiores temperaturas durante a estabilidade aeróbia (Tabela 16).

As silagens apresentaram diferentes médias de estabilidade, durante as 96 horas de exposição ao ar (Tabela 16). De acordo com os níveis de adição (0; 25; 50; 75 e 100%) foi observada médias de 28; 70; 73; 83 e 88 horas, respectivamente, ou seja, nenhuma silagem permaneceu estável, durante todo o período avaliado (96 horas), porém a adição de glicerídia favorece a estabilidade de forma positiva, conseguindo a proporcionar silagens de qualidade por mais de 70 horas, sem que ocorra deterioração.

Houve efeito dos níveis de adição de glicerídia na silagem de palma ($P < 0,05$), sobre estabilidade aeróbia da silagem de palma, proporcionou efeito quadrático na maioria das variáveis, exceto com relação ao ácido butírico (Tabela 17).

Os teores médios dos ácidos orgânicos durante a estabilidade, foi calculada com base nas médias obtidas do material exposto ao ar, durante 48hs e 96hs. Porém esse tempo de exposição não interferiu no aumento ou diminuição significativa desses ácidos, apenas os níveis de adição de glicerídia ($P < 0,05$), tendo a silagem de 50% de adição, a que obteve maior relação ácido AL:AA (Tabela 18). Maior até mesmo que os valores encontrados durante os 90 dias de ensilagem.

Siqueira et al. (2005) define estabilidade aeróbia como o tempo necessário para se verificar mudanças mensuráveis da temperatura, durante determinado período, podendo ser horas ou dias. Quando a temperatura da silagem ultrapassa temperatura ambiente a 2° C, e ocorre alterações no pH, na concentração de carboidratos solúveis, na população de mofos e leveduras, na concentração de ácidos orgânicos, é considerada a quebra da estabilidade aeróbia, o processo de deterioração se acentua (KUNG JR. et al. 2003; PITT et al. 1991; PHILLIP; FELLNER, 1992). Esses são os principais parâmetros, que influenciam diretamente na estabilidade das silagens.

Houve efeito significativo apenas dos níveis de inclusão de glicerídia ($P < 0,05$) nas silagens de palma durante a estabilidade aeróbia, para as variáveis MS, MM, MO, EE, PB, CNF, CHOT, HEM, FDN, FDA, LIG, PIDN e CIDN (Tabela 19).

Tabela 16. Valores médios encontrados durante estabilidade aeróbia (EA), das silagens de palma com diferentes níveis de adição de gliceríδια

Variáveis	Níveis de gliceríδια			
	0	25	50	75
Temp. Máx. (°C)	32,6	28,27	29,63	27,93
EA (h)	28	70	73	83
				100
				27,06
				88

Tabela 17. Valores de probabilidade de efeito dos níveis de gliceríδια, das aberturas e da interação entre os fatores, para os ácidos orgânicos: ácido láctico (AL), ácido acético (AA), relação entre os ácidos láctico e acético (AL:AA), ácido propiônico (AP) e ácido butírico (AB) nas silagens de palma com níveis de adição de gliceríδια durante a estabilidade aeróbia

¹ FV	Ácidos orgânicos			
	AL	AA	AL:AA	AP
Níveis	0,0610	0,0811	0,0372	0,0434
² TEA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Nív x TA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
³ EPM	0,552	1,459	0,594	0,026
				0,001

¹FV: Fonte de variação; ²TEA: tempo de exposição ao ar; ³EPM: erro-padrão da média.

Tabela 18. Teores médios ácido láctico (AL), ácido acético (AA), relação entre os ácidos láctico e acético (AL:AA), ácido propiônico (AP) e ácido butírico (AB) nas silagens de palma com níveis de adição de gliceríδια durante a estabilidade aeróbia

Variáveis	Níveis de gliceríδια				Equação	R ²	¹ EPM
	0	25	50	75	100		
AL	0,64	4,69	4,74	6,08	2,87	$\hat{Y} = -0,002x^2 + 0,17x + 0,8$	0,552
AA	0,62	1,33	0,65	1,20	1,93	$\hat{Y} = 0,0002x^2 - 0,0005x + 0,9$	1,459
AL: AA	1,03	3,47	7,26	3,58	1,49	$\hat{Y} = -0,002x^2 + 0,02x + 0,3$	0,594
AP	0,08	0,32	0,26	0,30	0,36	$\hat{Y} = -0,00003x^2 + 0,0005x + 1,1$	0,026
AB	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	$\hat{Y} = -0,000005x + 0,01$	0,001

¹EPM: erro-padrão da média.

E na tabela 19, observa-se que a maioria das variáveis apresentaram efeito linear, exceto HEM e CIDN. Mas com incremento na maioria das variáveis, o que pode ser explicado pela ação dos microrganismos, sobre a estrutura da massa ensilada. Mas, não interferiu na qualidade nutricional, a exemplo os valores de MS, CNF, CHOT, que aumentaram. O que pode ser resultado também da exposição ao ar, que favoreceu a perda de umidade e a concentração de alguns nutrientes. Já a diminuição de alguns dos nutrientes pode ser justificada pelas perdas por efluentes, ou até mesmo pela utilização dos microrganismos.

Tabela 19. Média dos valores nutricionais das silagens de palma forrageira, com níveis de adição de glicíδια, após 96 horas de abertura

Variáveis	Níveis de glicíδια					Equação	R ² (%)	¹EPM
	0	25	50	75	100			
MS	16,37	19,58	21,15	24,43	26,91	$\hat{Y}=0,10x+16,44$	99,13	0,117
MM	10,93	9,57	9,10	8,52	8,09	$\hat{Y}=-0,03x+10,59$	93,86	0,176
MO	89,07	90,43	90,90	91,48	91,91	$\hat{Y}=-0,03x+89,41$	93,86	0,176
EE	0,69	1,39	1,24	1,58	1,84	$\hat{Y}=-0,00005x^2+0,01x+0,1$	84,62	0,047
PB	6,23	9,79	12,32	13,91	16,09	$\hat{Y}=0,10x+6,90$	97,80	0,219
CNF	56,32	46,53	41,70	35,10	26,61	$\hat{Y}=-0,28x+55,42$	98,94	0,402
CHOT	82,15	79,24	77,34	76,00	73,98	$\hat{Y}=-0,08x+81,66$	98,26	0,233
HEM	10,26	9,23	9,94	11,72	12,53	$\hat{Y}=0,001x^2-0,03x+10$	89,54	0,219
FDN	26,56	34,69	38,28	44,04	51,45	$\hat{Y}=0,24x+27,18$	98,71	0,319
FDA	16,30	25,45	28,34	32,32	38,92	$\hat{Y}=0,21x+17,84$	96,61	0,174
LIG	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	$\hat{Y}=0,0003x+0,03$	85,68	0,003
PIDN	0,73	1,97	2,63	3,15	4,07	$\hat{Y}=0,01x+0,94$	97,77	0,032
CIDN	1,87	1,27	1,57	1,35	1,17	$\hat{Y}=0,00004x^2-0,01x+1,8$	57,51	0,040

¹EPM= erro-padrão da média.

5. CONCLUSÕES

Todas as silagens do presente estudo apresentaram fermentação satisfatória, com recuperação de matéria seca superior a 95%, após o processo fermentativo. Sendo a silagem mista, mais uma opção de uso dessas duas forrageiras, que se apresentam com grande potencial na alimentação animal.

A glicíδια melhora todos atributos fermentativos e nutricionais da silagem de palma forrageira. E palma melhora todos atributos da silagem de glicíδια, sem a necessidade de adição outras fontes de carboidratos solúveis, para favorecer a fermentação desta forrageira.

6. REFERÊNCIAS

ABIDI, S. et al. Silage composed of *Opuntia ficus-indica* F. *Inermis* cladodes, olive cake and wheat bran as alternative feed for barbarine lamb. **Acta Hort.** 995, 297-301, 2013.

ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semiárido brasileiro. **Revista verde (Mossoró – RN)**, v.7, n.4, p.08-14,2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15th Ed. AOAC, Arglington, USA, 1990. 745 p.

ÁVILA, C. L. S. et al. The use of *Lactobacillus* species as starter cultures for enhancing the quality of sugar cane silage. **Journal of Dairy Science**. v. 97, p. 940-951, 2014.

AVILÉS-NIETO, J. N. et al. Digestibilidade de dietas à base de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) suplementadas com quatro níveis de feno de *Gliricídia* sepium em cordeiros ovinos. **Tropical Animal Health and Production** v.45, p.1357-1362, 2013.

AYE, P. A. e ADEGUN, M. K. Digestibility and growth in West African dwarf sheep fed gliricídia – based multinutrient block supplements. **Agriculture and Biology Journal of North America**. v.6, p.1133-1139, 2010.

BARREIROS, D. C. Composição bromatológica da silagem de gliricídia. 2008. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia.

BATISTA, A. M. et al. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production on spineless cacti. **Journal of Science of Food and Agriculture**. v.83, p. 440-445, 2003.

BEM SALEM, H. e NEFZAOU, A. **Forage, fodder, and animal nutrition**. In: Nobel P. S., ed. **Cactus:biology and uses**. Berkeley, CA, USA: Universty of California Press, 199-210. 2002.

BOLSEN, K. K. et al. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfafa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 3066-3083, 1992.

CABRAL JR, C. R. et al. Dinâmica fermentativa da silagem de *Gliricídia sepium*. *Arc Zootec.* 53: 249-252. 2007.

CAI, Y. et al. Effect of applying lactic acid bacteria isolated from forage crops on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 3, p. 520-526, 1999.

CAMPOS, F. et al. Influence of diets with silage from plants adapted to semi-arid conditions on lamb quality and sensory attributes. **Meat Science**. v.124, p.61-68, 2017.

CARVALHO FILHO, O. M. et al. *Gliricídia sepium* – leguminosa promissora para regiões semiáridas. Petrolina: EMBRAPA CPATSA, 16 p., (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnico, 35), 1997.

CHAGAS, E. C. O. et al. Composição química e pH de silagens de forrageiras adaptadas ao semiárido. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 6, 2006. Petrolina. **Anais...** Petrolina: CNPA. p.567-570.

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.

CORSATO, C. E. et al. Teores de carboidratos em órgãos lenhosos do caqui em clima tropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p.414-418, 2008.

COSTA, B. M. et al. Avaliação de folhas de *Gliricídia sepium* (JACQ.) Walp por ovinos. **Arch. Zootec.**58: 33 – 41, 2009.

COSTA, R. G. et al. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v.102, p.13–17, 2012.

COUTINHO, J. J. O. et al. Efeito de aditivo em silagens de leguminosas forrageiras. **Ciência et Praxis** v. 8, n. 15, 2015.

ÇÜREK, M. e ÖZEN, N. Feed value of cactus and cactus silage. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**. v.28, p.633-639, 2004.

DESSIMONI, G. V. et al. Composição bromatológica, mineral e fatores antinutricionais da palma forrageira. **Tecnol. E Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.8, n.3, p.51-55, 2014.

DÍAZ, M. S. S. et al. *Opuntia spp.*: characterization and benefits in chronic diseases. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**. p.17, 2017.

DRIEHUIS, F. e 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 JR., J. C. B. et al. Forage potential of cacti on drylands. **Acta Horticulturae (ISHS)**, Leuven, v. 1. n. 1067-24, p. 181-186, 2015.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry**, v.28, n.3, p. 350-356, 1956.

EDVAN, R. L. et al. Perdas e composição bromatológica de silagem de gliricídia contendo diferentes níveis de vagem de aLIGaroba. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.7, n.2, p.63-68, 2013.

EDVAN, R. L. et al. Análise de crescimento da gliricídia submetida a diferentes manejos de corte. *Arch. Zootec.* v. 65, n. 250, p. 166, 2016.

FELIX, S. C. R. et al. Intake, performance, and carcass characteristics of lambs fed spineless cactus replacing wheat bran. **Trop Anim Health Prod.**, v.48, p.465–468, 2016.

FERREIRA, D. F. SISVAR. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2011.

FERREIRA, M. A. et al. Palma forrageira e ureia na alimentação de vacas leiteiras. Editora UFRPE: Universidade Federal Rural de Recife, p. 40. 2011.

FRANÇA, A. F. S. et al. Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 3, p. 383-391, 2011.

GAMA, T. C. M. et al. Composição bromatológica, digestibilidade “in vitro” e produção de biomassa de leguminosas forrageiras lenhosas cultivadas em solo arenoso. **Rev Bras Saúde Prod Anim** 10: 560-572, 2009.

GOLDSTEIN, G. et al. Differences in Water Relations Parameters For the Chlorenchyma and the Parenchyma of *Opuntia-Ficus-Indica* Under Wet Versus Dry Conditions. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p.95-107, 1991.

GÓMEZ, M. E. et al. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente protéica. Cali: CIPAV, 129p, 1995.

GUEVARA-ARAUZA, J. C. et al. Prebiotic Effect of Mucilage and Pectic-derived Oligosaccharides from Nopal (*Opuntia ficus-indica*). **Food Sci. Biotechnol.** v.21, p. 997-1003, 2012

GRÜNWALDT, J. M. et al. Cacti (*Opuntia sps.*) as forage in Argentina dry lands Cactus (*Opuntia sps.*) como forraje en las tierras secas de Argentina. **Rev. FCA UNCUIYO**. v.47n.1, p.263-28, 2015.

GUSHA, J. et al. Effect of feeding cactus legume silages on nitrogen retention, in digestibility and microbial protein synthesis goats. **Animal Feed Science and Technology**, n. 206, p. 1-7, 2015.

GUSHA, J. et al. 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.

GUSHA, J. et al. 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.

HABIBI, Y. et al. Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. **Carbohydrate Research**, v. 339, n. 6, p. 1119–1127, 2004.

HABIBI, Y.; LUCIA, Lucian, A.; ROJAS, O. J. Cellulose nanocrystals: chemistry, self-assembly, and applications. **Chemical reviews**, v. 110, n. 6, p. 3479-3500, 2010.

HALL, M. B. Recent advanced in non-ndf carbohydrates for the nutrition of lactating cows. **SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE: Novos conceitos em nutrição**, v. 2, p. 139-148, 2001.

HERNANDEZ, P. L. **Suplementación con ensilado de nopal (*Opuntia spp.*) em caprinos**. 2012. 59 f. Tesis (Título em Ingeniero Agronomo Zootecnista) – Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, México.

HURTADO, D. I. et al. Valor nutricional de la morera (*Morus sp.*), atarratón (*Gliricidia sepium*), pasto india (*Panicum áximum*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). *vet.zootec.* 6(1): 56-65, 2012.

JUMA, H. K. et al. Effects of supplementing maize stover with clitoria, gliricidia and mucuna on performance of lactating Jersey cows in coastal lowland Kenya. *Trop. Subtrop. Agroecos.* 6: 1-8, 2006.

KUNG JR., L. et al. Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1479-1486, 2000.

KUNG Jr., L. e RANJIT, N. K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 1149-1155, 2001.

KUNG, L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives. **Agronomy**, v. 42, p. 305-360, 2003.

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

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

LIMA, G. F. C. **Reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido: palma, fenos e silagem**. Natal: EMPARN, p.53, v.08, 2010. (Circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar; 7)

LIMA, G. F. C. et al. Effect of different cutting intensities on morphological

characteristics and productivity of irrigated *Nopalea* forage cactus. **Acta Horticulturae (ISHS)**, Leuven, v. 1, n. 1067-35, p. 253-258, 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. 1992. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

LINS, S. E. B. et al. Spineless cactus as a replacement for wheat bran in sugar cane-based diets for sheep: intake, digestibility, and ruminal parameters. **R. Bras. Zootec.**, 45(1):26-31, 2016.

LOWRY, J. B. Toxic factors and problems: methods of alleviating them in animals. In: Devendra, C. (ed.), Shrubs and Tree Fodders for Farm animals. *Proceedings...* Workshop in Denpasar, Indonesia, p. 76-88, 1990.

MAJDOUB, H.; ROUDESLI, S.; DERATINE, A. Polysaccharides from prickly pear *nopals ficus indica*: extraction, characterization and polyelectrolyte behaviour. **J. Polym Int.**, 50:552-560, 2001.

MAJDOUB, H. et al. Water retention capacity of polysaccharides from prickly pear *nopals ficus indica* and *opuntia littoralis* physical-chemical approach. **J. Polym Environ.**, 18:451-458, 2010.

MASSAFERA D. A. et al. Replacement of aruana grass by gliricidia (*Gliricidia sepium*) on silage quality. **R. Bras. Zootec.**, n.44, p.231-239, 2015.

MATOS L. V. et al. Plantio de Leguminosas Arbóreas para Produção de Moirões Vivos e Construção de Cercas Ecológicas. Comunicado Técnico: Embrapa Agrobiologia, 2005.

MCGARVIE, D. e PAROLE, H. The mucilage OF *Opuntia ficus-indica*. **Carbohydrate Research**, v.69,n. 17 p.1-179, 1979.

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, n. 6, p. 1217-1240, 2002.

MOKOBOKI, K. et al. Effects of molasses levels and growing conditions on nutritive

value and fermentation quality of *Opuntia cladodes* silage. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 28, n. 3, p. 4488-4495, 2016.

MONTEIRO, C. C. F. et al. Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill cv. Gigante) and urea in the diets of Holstein x Gyr heifers. **Tropical Animal Health and Production**, 46, 1149-1154, 2014.

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

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE et al. **Nutrient requirements of beef cattle**. National Academies Press, 2016.

NETO, J. M. C. et al. Avaliação microbiana preparado a partir de suco fermentados de palma forrageira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2017. Santos, SP. 2017.

NEUMANN, M. et al. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 2, 2010.

NOGUEIRA, M. S. et al. Ensilagem de palma forrageira. In: SANTOS, E. M. et al. (Org.) Ensilagem de plantas forrageiras para o semiárido. São Luís: EDUFMA, 2016. Cap. 8.

NORTON, B. W. et al. The nutritive value of tree legumes. **Forage tree legumes in tropical agriculture.**, p. 177-191, 1994.

ODUGUWA, B. O. et al. Potencial de alimentação de cascas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) ensiladas com *Leucaena leucocephala* e *Gliricídia sepium* avaliadas com cabras-anãs da África Ocidental. **Tropical Animal Health and Production** 45: 1363-1368, 2013.

PAULINO, G. M. et al.. 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.

PEREIRA, O. G et al. Perfil fermentativo e recuperação de matéria seca de silagem de soja tratadas com inoculantes e melaço-em-pó. In: **II Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte**, Viçosa, MG. 2000.

PEREIRA, R. C. et al. efeitos da inclusão de forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) DeWit) na qualidade da silagem de milho (*Zea mays* L.). **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 924-930, 2004.

PHILLIP, L. E.; FELLNER, V. Effects of bacterial inoculation of high-moisture ear corn on its aerobic stability, digestion, and utilization for growth by beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 10, p. 3178-3187, 1992.

PINOS-RODRÍGUES, J. M. et al. Effects of cladode age on biomass yield and nutritional value of intensively produced spineless cactus for ruminants. **South African Journal of Animal Science**. v.3 p.40, 2010.

PIRHOFER-WALZL, K., K. Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. **Grass and Forage Science**. v.66, p.415–423, 2011.

PITT, R. E.; MUCK, R. E.; PICKERING, N. B. A model of aerobic fungal growth in silage. **Grass and Forage Science**, v. 46, n. 3, p. 301-312, 1991.

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

PRIMO, J. T. A. **Dinâmica de água no solo e eficiência no uso de água em clones de palma forrageira no semiárido pernambucano**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada – Serra Talhada, 2013.

RIBEIRO, E. M. O. et al. 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. S. et al. Spineless cactus associated with Tifton hay or sugarcane bagasse may replace corn silage in sheep diets. **Tropical Animal Health Production**. v.49, p.995-1000, 2017.

RIDWAN, R. et al. Fermentation characteristics and microbial diversity of tropical grass-legumes silages. **Asian Australas, Journal Animal Science**. v.28, p.511-518, 2015.

RODRIGUES, A. M. et al. Nutritional value of *Opuntia ficus-indica* cladodes from 70

portuguese ecotypes. **BuLiGarian Journal of Agricultural Science**, v. 22, n. 1, p. 40-45, 2016.

RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, S. et al. Extraction and characterization of mucilage from wild species of *opuntia*. **Journal of Food Process Engineering**. v.37, p.285–292, 2014.

ROTH,G., UNDERSANDER, D. Silage additives. In: **Corn Silage Production Management and Feeding**. MADISON: Madison American Society of Agronomy, p. 27-29, 1995.

SALES, A. T. et al. Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no Curimatú Paraibano. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.7, n.1, p.19-24, 2013.

SANTANA NETO, J. A. et al. Leguminosas adaptadas como alternativa alimentar para ovinos no semiárido – revisão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.14, n.2, p.191-200, 2015

SANTOS, E. M. et al. Effect of regrowth interval and a microbial inoculant on the fermentation profile and dry matter recovery of guinea grass silages. **Journal of Dairy Science**. v. 97, p. 4423-4432, 2014.

SEGLAR, B. Fermentation analysis and silage quality testing. 2003.

SEPÚLVEDA, E. et al. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia spp.* **Journal of Arid Environments**, v. 68, p. 534-545, 2007.

SIQUEIRA, G. R. et al. Instabilidade aeróbia de silagens: efeitos e possibilidades de prevenção. **Volumosos na produção de ruminantes. Jaboticabal: Funep**, p. 25-60, 2005.

SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 7, p. 446 3562–3577, 1992.

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

SUAREZ, A. L. R. **Suplementación de ovinos con ensilaje de nopal (*Opuntia spp.*) adicionado com Melaza y urea**. 2012. 61 f. Tesis (Título em Ingeniero Agronomo Zootecnista) – Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, México.

TJANDRAATMADJA, M. et al. Ensilage of tropical grasses mixed with legumes and molasses. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 10:82-87, 1994.

TRACHTEN, S. e MAYER, A. M. Composition and properties of *Opuntia ficus-indica* mucilage. **Photochemistry**. v.20, n.12, p.2665-2668, 1981.

TOSI, Paulo et al. Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Taiwan A-148, ensilado com diferentes técnicas de redução de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 947-954, 1999.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University Press, 1994.

VAN SOEST, P. J. et al. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WEISS, W. P. 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61, Ithaca. *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, 1999. p. 176-185.

WILSON, J. R. Organization of forage plant tissues. **Forage cell wall structure and digestibility**, n. foragecellwalls, p. 1-32, 1993.

WOOLFORD, M. K. Microbiological screening of food preservatives, cold sterilants and specific antimicrobial agents as potential silage additives. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.26, p.229-237, 1975.

ZANINE, A. M. et al. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Archivos de zootecnia**, v. 55, n. 209, 2006.