



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

FRANCISCO NAYSSON DE SOUSA SANTOS

**SILAGENS DE RAÇÕES COMPLETAS A BASE DE PALMA FORRAGEIRA
SOBRE O PERFIL FERMENTATIVO, DIVERSIDADE TAXONÔMICA,
PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO DO LEITE E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE
CABRAS EM LACTAÇÃO**

AREIA

2021

FRANCISCO NAYSSON DE SOUSA SANTOS

**SILAGENS DE RAÇÕES COMPLETAS A BASE DE PALMA FORRAGEIRA
SOBRE O PERFIL FERMENTATIVO, DIVERSIDADE TAXONÔMICA,
PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO DO LEITE E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE
CABRAS EM LACTAÇÃO**

Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Linha de Pesquisa: Produção de Ruminantes, Forragicultura e Pastagens

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Edson Mauro Santos (CCA/UFPB) – Orientador Principal

Prof^a. Dra. Juliana Silva de Oliveira (CCA/UFPB)

Prof. Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo (EMBRAPA/CPATSA)

AREIA

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237s Santos, Francisco Naysson de Sousa.

Silagens de rações completas a base de palma forrageira sobre o perfil fermentativo, diversidade taxonômica, produção, composição do leite e avaliação econômica de cabras em lactação / Francisco Naysson de Sousa Santos.

- Areia, 2021.

107 f. : il.

Orientação: Edson Mauro Santos.

Coorientação: Juliana Silva de Oliveira, Gherman Garcia Leal de Araújo.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Consórcio de culturas. 3. Indicadores financeiros. 4. *Gliricidia sepium*. 5. Sequenciamento. 6. *Opuntia stricta* Haw. I. Santos, Edson Mauro. II. Oliveira, Juliana Silva de. III. Araújo, Gherman Garcia Leal de. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.2)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE

TÍTULO: Silagens de rações completas a base de palma forrageira sobre o perfil fermentativo, diversidade taxonômica, produção, composição do leite e avaliação econômica de cabras em lactação

AUTOR: Francisco Naysson de Sousa Santos

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edson Mauro Santos

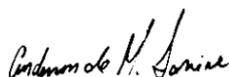
JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:



Prof. Dr. Edson Mauro Santos
Presidente
Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. Anderson de Moura Zanine
Examinador
Universidade Federal do Maranhão



Profª. Drª. Betina Raquel Cunha dos Santos
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. Fleming Sena Campos
Examinador
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco



Profª. Drª. Rosane Claudia Rodrigues
Examinadora
Universidade Federal do Maranhão

Areia, 08 de Fevereiro de 2021

*Á Deus digno de todo louvor e promessa,
aos meus pais, **Pedro e Eliete** que serão sempre minha fonte de inspiração,
Aos meus irmãos, **Nayrone e Nayrane** símbolo de fraternidade e união
Aos meus avós materno, **Erasmão e Maria**, minhas fontes inesgotável de sabedoria
Á minha avó paterna **Maria Vieira** (In memoriam), foi uma grande mulher, meu eterno anjo*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À **DEUS Pai, Filho e Espírito Santo** por toda graça alcançada, Grande é o **SENHOR** e muito digno de ser louvado, a sua Grandeza é insondável.

À **Universidade Federal da Paraíba** pela oportunidade da realização do doutoramento, foi ótimo conviver e aprender com tanta gente especial e competente. Aos professores e funcionários, minha gratidão e respeito.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**) pela concessão da bolsa, tornando possível a realização da minha formação.

À minha família, em especial à minha mãe **Eliete** e meu pai **Pedro**, seres humanos incríveis que me faltam adjetivos para nomeá-los e que fizeram da minha caminhada, um trilho de força e perseverança, obrigado por acreditarem tanto em mim, por serem meus maiores pilares e exemplos de seres humanos. Aos meus amados irmãos **Nayrane** e **Nayrane** por caminharem junto de mim, e entenderem a minha ausência, a distância nunca diminuiu a importância. Foi por mim, foi por nós e essa vitória é nossa. Minha gente, Deus é Maravilhoso em tudo, e eu posso provar.

Ao meu orientador **Edson Mauro Santos**, um ser humano incrível, pai, professor, forte e corajoso, a quem devo muito mais do que só conhecimentos acadêmicos, simplesmente não tenho palavras para expressar a minha gratidão. Obrigado pelos conselhos valiosos dos quais eu levarei para a vida toda, as oportunidades que o senhor me deu. Só me resta orar para que Deus em sua eterna misericórdia e amor lhe retribuam aquilo que eu não puder oferecer. A você meu coração diz: muito obrigado, você fez muita diferença em minha vida! Deu-o fez grande Professor Edson Mauro, e me orgulho de ter sido seu orientado.

À minha coorientadora **Juliana Silva de Oliveira**, pelo qual tenho um carinho e uma admiração enorme, cuidadora, mãe, amiga e nutricionista de ruminantes (das melhores). É um exemplo de ser humano, e dona de um coração lindo e uma luz extraordinária. Obrigado pelos valiosos conselhos, que irão servir para toda vida, por sempre me acolher tão bem, pelas ótimas conversas regadas com o bom vinho. A senhora é um ser de muita luz professora, faz bem danado para as pessoas, Deus abençoe sempre.

Aos membros da banca examinadora, Professor **Anderson de Moura Zanine**, ao amigo Dr. **Fleming Sena Campos**, Professora **Rosane Cláudia Rodrigues** e Professora **Betina Raquel Cunha dos Santos**, pelas valiosas contribuições para com este trabalho.

Ao **Laboratório de Produtos de Origem Animal (LAPOA)** da Universidade Federal da Paraíba por abrir suas portas, e pelo grande apoio nas nossas análises de metagenômica, e

por sempre nos socorrer quando necessário. A frente, o Professor **Celso Bruno Oliveira**, Professora **Patrícia Emília Naves Givisiez** e Professor **Paulo Sérgio de Azevedo** e toda equipe que tornou possível: **Priscylla Carvalho**, **Núbia Vieira**, **Maylane Brito**, **Larissa Dias** e **Mateus Lacerda** na construção dos dados.

Ao **Instituto Nacional do Semiárido (INSA)**, por nos abrirem as portas, tornando possível a realização do experimento e por todo suporte nas análises laboratoriais. Na oportunidade, deixo a minha gratidão ao núcleo de produção animal, na pessoa do Dr. **Geovergue Rodrigues Medeiros** e **Romildo Neves**, agradeço ao núcleo de produção vegetal na pessoa da querida Dra. **Jucilene Silva Araújo**, do estimado amigo Dr. **Elder Cunha de Lira** pelo grande suporte nas análises do consórcio e pelas dúvidas sanadas, ao Dr. **José Thyago Aires Souza** por todo suporte no campo.

À **Embrapa Semiárido** através do Dr. **Gherman Garcial Araújo**, pela coorientação, pelo apoio na construção deste trabalho, bem como valiosas contribuições para o enriquecimento do mesmo. Obrigado Professor!

À família **GEF- Grupo de Estudos em Forragicultura**, por não medirem esforços para que fosse possível a construção da minha Tese, e ainda ressalto: podem contar comigo. Em especial eu expesso o meu agradecimento aos que passaram pelo grupo e que me acolheram: **Gildênia**, **Kleytiane**, **Zé Maria**, **Alex**, **Ana Cecília**, **Karen** e ao meu estimado irmãozinho **Gabriel Ferreira** por todo apoio nas análises e tabulação dos dados. Agradeço aos que atuam nos dias de hoje (a posteridade) e que me fazem sentir em casa, sinto tantas saudades de vocês: **Guilherme Leite**, **Alyne Coutinho**, **Danillo Marte**, **Paloma Gabriela**, **Yohana Rosaly**, **Lavínia Sousa**, **Evandra Justino**, **Liliane Santana**, **Mikaelle Dutra**, **Izabele Pontes**, **Daiane Gonçalves**, **Antoniél Florêncio**, **Mauricio Azevedo**, **Hactus Souto**, **Rafael Lopes**, **Thays Lira**, **Nelquides Viana**, **Diego Francisco** (o painho) e **Arinaldo Fernandes**. E os caba da firma (GEF)? Esquecesse foi? Claro que não, aqui eu deixo o meu grande agradecimento aos amigos **Diego Sousa**, **Gilberto Sobral**, **Paulo Jr.** e o amigo **Túlio Montenegro**, tamo junto né minha firma, saibam que podem contar comigo. Eu gostaria de tecer mais a respeito de cada um, porém, vocês sabem que eu vou ter que imprimir a tese aí é mais folha, saibam que vocês moram no meu coração. Família GEF eu amo todos vocês.

Ao amigo e Dr. **Alexandre Perazzo** eu deixo o meu obrigado mais que especial, obrigado por todo apoio e pela amizade, você é uma pessoa excepcional, dono de um coração que não cabe no peito, muito obrigado, meu amigo. Deus abençoe sempre.

Quero deixar a minha eterna gratidão à Família Viana no sítio algodão pelo apoio incondicional, em especial a minha querida amiga dona **Ângela Braz**, que me acolheu tão bem,

obrigado pelo carinho e pela luz que você carrega, estará sempre em minhas orações e no meu coração, ao Sr. **Nivaldo Viana** pelas conversas e por sempre fazer a gente rir nas primeiras horas do dia, na salinha de ordenha, faz tanta diferença no dia de uma pessoa que está longe da família. Aos meninos **Nelquides, Natan e Melk e MariÂngela** e aos pequenos: **Isadora, Lara e João Pedro**. A **Silvana** e ao **Samuel** pelo carinho e apoio durante nossa passagem pelo Cariri Paraibano, sempre tendo o cuidado com o nosso bem-estar. Ao **Zé Marcos** e sua esposa **Deane**, pelo apoio e ajuda nunca negada, ao **Josebel** e sua família pelas ótimas conversas, ótima companhia e pelo apoio.

Aos colegas de doutorado por dividirem suas bagagens e por tornarem a sala de aula mais descontraída, alegre e mais leve, são mais do que nomes, são seres humanos com histórias de muita força, fé e abdicção. Deixo a vocês o meu muito obrigado, respeito e minha admiração, foi um prazer conhecê-los. **Iara Tamires, Francisca Fernanda, Larissa Moraes, Patrícia Rodrigues, Jonathan Madison, Thiago de Assis, Danillo Marte**, e as minhas migas **Edwilka Cavalcante e Maylane Brito** pelos nossos encontros em castelo, em casa, para esfriar a cabeça e conversas sempre agradáveis, obrigado pelo apoio, pela amizade e por serem essas pessoas ótimas, me orgulha muito terem vocês como amigas, vocês têm um lugar cativante no meu coração.

Agradeço aquela família de irmãos que Deus preparou para mim, e foi aqui, na Paraíba que eu aprendi que para se ter laços de irmandade, não precisamos ter ou dividir o mesmo DNA ou RNA. Só precisamos de cumplicidade, amor, respeito e compreensão. Agradeço a vocês meus queridos irmãos: **Danillo Marte, Guilherme Leite e Thiago de Assis** (coloquei em ordem alfabética para não ter erro), eu não tenho palavras para expressar a minha gratidão e o meu amor por vocês, dividimos o mesmo teto, fomos companheiros uns dos outros e sempre estendendo a mão. Não posso deixar de mencionar aqui suas esposas, afinal o que seria de vocês sem elas, **Angélica Almeida e Yasmim Marte** deixo o meu agradecimento mais que especial a essas duas mulheres, e eu não poderia esquecer do meu xará **Francisco Marte** uma criança extraordinária e muito abençoada por Deus, e que me trouxe felicidade e inúmeras alegrias quando eu estava na correria da qualificação, obrigado por ser luz meu pequeno, titio te ama.

E por último, não menos importante, os meus irmãos que a vida me deu, e que sempre caminharam comigo dividindo sonhos e experiências, **Ricardo Araújo** (Ricardim), **Clésio Costa, Ivone Rodrigues e Antônio José Temístocles** (Aj). Obrigado pelo colo, pelo afago, pelo respeito e por todo apoio durante a minha caminhada, sem vocês ao meu lado isso tudo não faria sentido, hoje a saudade veio falar comigo, e só me falou de vocês. Amo muito vocês.

O último ano assim como esse, foi marcado por momentos em que tivemos de nos distanciarmos das pessoas, até mesmo daqueles que amamos. Momento de provação exige muito de nós. Sabedoria e discernimento é preciso. Na esperança de encontrar todos bem, e na esperança de um bom tempo, **Eu deixo aqui a minha eterna gratidão a todos e que Deus abençoe ricamente a vida de cada um.**

O carrossel nunca para de girar

Chega um momento que é mais do que um jogo e aí ou você dá um passo pra frente, ou dá as costas e vai embora. Eu poderia desistir, mas aí é que está: eu adoro o campo onde eu jogo.

Meredith Grey

SILAGENS DE RAÇÕES COMPLETAS A BASE DE PALMA FORRAGEIRA SOBRE O PERFIL FERMENTATIVO, DIVERSIDADE TAXONÔMICA, PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO DO LEITE E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE CABRAS EM LACTAÇÃO

RESUMO

No primeiro, objetivou-se avaliar as características produtivas e morfométricas da palma forrageira e da gliricídia consorciadas em diferentes espaçamentos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 tratamentos e 6 repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro espaçamentos entre linhas, no plantio da gliricídia: E1 (1,0 m), E2 (1,50 m), E3 (2,0 m) e E4 (3,0 m), com 2,30 m entre plantas. Na palma, analisaram-se a altura, a largura, número total de cladódios da planta, comprimento de cladódios, largura de cladódio, área de cladódio total, produção de matéria verde e seca e eficiência do uso de chuva. Houve diferença significativa somente para altura da planta e largura da planta, apresentando efeito linear crescente ($P < 0,05$), para palma forrageira durante dois ciclos de avaliação. A gliricídia no primeiro ano de consórcio, as variáveis, largura da planta, número de folhas, peso dos ramos, matéria verde e matéria seca da planta apresentaram diferença ($P < 0,05$) nos espaçamentos. A gliricídia pode ser utilizada em consórcio com a palma forrageira em um espaçamento de 1,0 m visto que além de não comprometer o desempenho e produção de matéria verde das duas culturas, aumenta a eficiência do uso da área. No segundo e terceiro ensaio experimental, objetivou-se avaliar os efeitos de níveis de palma forrageira em silagens de ração completa sobre o perfil fermentativo, populações microbianas, estabilidade aeróbia, diversidade taxonômica, as perdas na ensilagem e degradabilidade *in situ* da matéria seca. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4x4 com seis repetições, sendo quatro rações com diferentes proporções de palma forrageira (15; 30; 45 e 60% com base na matéria natural) e quatro períodos de abertura do silo (0, 15, 30 e 60 dias de fermentação). Foi observado efeito de interação ($P < 0,05$) entre as rações e o tempo de abertura para população de mofo e leveduras. Foi observado diferença significativa para o índice de riqueza e diversidade ($P < 0,05$) (teste de Chao1 e Shannon). Os filos bacterianos, mais abundantes foram *Proteobactéria* e *Firmicutes* e os gêneros *Lactobacillus* e *Weissella*. As perdas por gases foram mínimas e sem diferenças entre tratamentos ($P > 0,05$), mantendo-se abaixo de 1% em todas as silagens de ração completa do estudo. Complementarmente, as perdas por efluentes também não foram significativamente diferentes ($P > 0,05$) entre as silagens, sendo observado uma média de 13,6 kg to^{-1} . A palma forrageira pode ser incluída em silagens de ração completa até ao nível de 60%, de forma que atuou positivamente nos indicadores qualitativos das silagens, modulando as comunidades taxonômicas e permitindo a predominância de grupos importantes para preservação da massa silagem e maiores recuperações de matéria seca. No quarto experimento, objetivou-se avaliar o efeito da alimentação de cabras leiteiras com silagens de ração total a base de palma forrageira e feno de capim-buffel sobre a produção e composição do leite bem como sobre os indicadores econômicos da produção de leite. Para o ensaio experimental, foram utilizadas oito cabras leiteiras mestiças, múltiparas em lactação com $40 \pm 2,0$ kg de peso corporal. Distribuídos em quadrado latino duplo 4x4, balanceadas de acordo com o período de lactação. Foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) quanto a produção de leite e teores de gordura no leite. O índice de lucratividade se apresentou positivo apenas para a dieta com 30% de inclusão de feno de capim-buffel, apresentando um valor de 1,6 R\$, enquanto a taxa de rentabilidade ficou em 60%. As dietas com 30% de feno de capim-buffel promoveram aumento na produção de leite e alterações nos percentuais de gordura. A simulação para produção de 100 cabras leiteiras ao ano proporcionou receitas superiores aos custos de produção, resultando em indicadores econômicos positivos para todos os cenários avaliados.

Palavras-chave: consórcio de culturas; indicadores financeiros; *Gliricidia sepium* sequenciamento; *Opuntia stricta* Haw.

**TOTAL MIXED RATIONS BASED ON FORAGE CACTUS ON THE
FERMENTATION PROFILE, TAXONOMIC DIVERSITY, PRODUCTION, MILK
COMPOSITION AND ECONOMIC EVALUATION OF LACTATING GOATS**

ABSTRACT

The first aimed to evaluate the productive and morphometric characteristics of forage cactus and gliricidia intercropped at different spacings. The experimental design was in randomized blocks with 4 treatments and 6 replications. The treatments consisted of four spacings between rows, in the planting of gliricidia: E1 (1.0 m), E2 (1.50 m), E3 (2.0 m) and E4 (3.0 m), with 2, 30 m between plants. In the palm, the height, width, total number of cladodes in the plant, length of cladodes, cladode width, total cladode area were analyzed, green and dry matter production, rain use efficiency. There was a significant difference only for plant height and plant width, with increasing linear effect ($P < 0.05$), for forage cactus during two evaluation cycles. The gliricidia in the first year of intercropping, the variables, planar width, number of leaves, weight of branches, green matter and plant dry matter presented differences ($P < 0.05$) in the spacings. The gliricidia can be used in intercropping with the forage cactus at a spacing of 1.0 m since, in addition to not compromising the performance and production of green matter of the two crops, it increases the efficiency of the use of the area. In the second and third experimental trial, the objective was to evaluate the effects of forage cactus levels in complete feed silages on the fermentation profile, microbial populations, aerobic stability, taxonomic diversity, silage losses and in situ degradability of dry matter. The design used was completely randomized, in a 4x4 factorial arrangement with six replications, four rations with different proportions of forage cactus (15; 30; 45 and 60% based on natural matter) and four silo opening periods (0, 15, 30 and 60 days of fermentation). An interaction effect ($P < 0.05$) was observed between the rations and the opening time for mold and yeast population. A significant difference was observed for the richness and diversity index ($P < 0.05$) (Chao1 and Shannon test). The most abundant bacterial phyla were *Proteobacteria* and *Firmicutes* and the genera *Lactobacillus* and *Weissella*. Gas losses were minimal and without differences between treatments ($P > 0.05$), remaining below 1% in all complete feed silages in the study. In addition, effluent losses were not significantly different ($P > 0.05$) between the silages, with an average of 13.6 kg tol^{-1} being observed. Forage cactus can be included in complete feed silages up to the 60% level, so it acted positively on the qualitative indicators of the silages, modulating the taxonomic communities and allowing the predominance of important groups for the preservation of the silage mass and greater recovery of matter dry. In the fourth experiment, the objective was to evaluate the effect of feeding dairy goats with total ration silage based on forage cactus and buffel grass hay on milk production and composition as well as on the economic indicators of milk production. For the experimental trial, eight crossbred, lactating multiparous dairy goats with 40 ± 2.0 kg of body weight were used. Distributed in a 4x4 double latin square, balanced according to the lactation period. There was a significant difference ($P > 0.05$) regarding milk production and milk fat content. The profitability index was positive only for the diet with 30% inclusion of buffel grass hay, presenting a value of 1.6 R\$, while the profitability rate was 60%. Diets with 30% of buffel grass hay promoted an increase in milk production and alterations in the percentage of fat. The simulation to produce 100 dairy goats per year provided revenues higher than production costs, resulting in positive economic indicators for all evaluated scenarios.

Keywords: crop intercropping; financial indicators; *Gliricidia sepium*; sequencing; *Opuntia stricta* Haw.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1- Características produtivas e morfométricas da palma forrageira e gliricidia consorciadas em diferentes espaçamentos

Tabela 1 - Atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm da área experimental	31
Tabela 2 - Características morfométricas e produtivas da palma forrageira em consórcio com Gliricidia em diferentes espaçamentos	33
Tabela 3 - Características morfométricas e produtivas da Gliricidia cultivada em consórcio com palma forrageira em diferentes espaçamentos	34
Tabela 4 - Valores médios de eficiência do uso da chuva- EUC (kg MS ha ⁻¹ /mm) de palma forrageira e Gliricidia (1º ciclo e 2º ciclo) cultivadas em consórcio em função de diferentes espaçamentos	35

Capítulo 2- Perfil fermentativo, populações microbianas, diversidade taxonômica e estabilidade aeróbia de silagens de ração completa a base de palma forrageira e gliricidia

Tabela 1 - Proporções de ingredientes nas silagens experimentais e composição química das dietas com base na matéria seca (MS).....	47
Tabela 2 - Potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), proteína bruta (PB), contagem de bactérias ácido láctico (BAL), mofo e leveduras (ML) (log ₁₀ cfua /g silage) em silagens de ração completa a base de palma e gliricidia.....	51
Tabela 3 - Concentrações de ácidos orgânicos (g kg ⁻¹ MS) das silagens de ração completa à base de palma e gliricidia	52

Capítulo 3- Perdas na ensilagem, composição química e degradabilidade ruminal de silagens de rações completas a base de palma e gliricidia

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes nas silagens experimentais (%MS) e composição química das dietas (g/kg ⁻¹ MS).....	72
Tabela 2 - Concentração de Carboidratos Solúveis, nitrogênio amoniacal, recuperação de matéria seca e perdas por gases e efluentes em silagens de ração total a base de palma forrageira e gliricidia	75

Tabela 3 - Composição físico-química de silagens de ração total a base de palma forrageira e gliricídia..... 76

Tabela 4 - Degradabilidade *in situ* da matéria seca de silagens de ração total a base de palma forrageira e gliricídia 76

Capítulo 4- Silagens de rações totais a base de palma forrageira e capim-buffel para cabras em lactação

Tabela 1 - Proporções dos ingredientes nas silagens experimentais com base na matéria seca 95

Tabela 2 - Produção e composição do leite de cabras alimentadas com silagens de ração completa contendo diferentes teores de feno de capim-buffel na dieta..... 98

Tabela 3 - Custos anuais (R\$) de produção de um sistema em confinamento de cabras em lactação 98

Tabela 4 - Indicadores econômicos (R\$) da produção de cabras leiteiras em confinamento alimentadas com silagens de ração completa com teores de feno de capim- buffel 99

Tabela 5 - Análise financeira da produção de cabras leiteiras em confinamento alimentadas com silagens de ração completa com teores de feno de capim- buffel 99

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1- Características produtivas e morfométricas da palma forrageira e gliricidia consorciadas em diferentes espaçamentos

Figura 1- Precipitação pluviométrica (mm) durante o período experimental 30

Capítulo 2- Perfil fermentativo, populações microbianas, diversidade taxonômica e estabilidade aeróbia de silagens de ração completa a base de palma forrageira e gliricidia

Figura 1-Estabilidade aeróbia de silagens de ração completa à base de palma e gliricidia expostas por 96 horas ao oxigênio..... 53

Figura 2-Índice de riqueza (Chao1) das silagens de ração completa à base de palma e gliricidia em diferentes períodos de fermentação. BE = antes da ensilagem (15% e 60% de palma na silagem; AE = após 60 dias de ensilagem (15%, 45% e 60% de palma na silagem) 54

Figura 3-Índice de diversidade (Shannon-Wiener) de silagens de ração completa à base de palma e gliricidia em diferentes períodos de fermentação. BE = antes da ensilagem (15% e 60% de palma na silagem; AE = após 60 dias de ensilagem (15%, 45% e 60% de palma na silagem) 55

Figura 4-Análise das coordenadas principais (PCoA) Distâncias ponderadas do UniFrac para a comunidade bacteriana de silagens de ração completa à base de palma e gliricidia para os períodos de fermentação de 0 e 60 dias 56

Figura 5-Afiliações taxonômicas ao nível do filo de comunidades bacterianas de silagens de ração completa à base palma e Gliricidia em diferentes períodos de fermentação. BE = antes da ensilagem (15% e 60% de palma na silagem; AE = após 60 dias de ensilagem (15, 45% e 60% de palma na silagem)..... 57

Figura 6-Afiliações taxonômicas ao nível de gênero de comunidades bacterianas de comunidades bacterianas de silagens de ração completa à base de palma e gliricidia em diferentes períodos de fermentação. BE = antes da ensilagem (15% e 60% de palma na silagem; AE= após 60 dias de ensilagem (15%, 45% e 60% de palma na silagem)..... 57

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	16
CAPÍTULO I - Características produtivas e morfométricas da palma forrageira e gliricidia consorciadas em diferentes espaçamentos	
1 INTRODUÇÃO.....	29
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
2.1 <i>Mensurações na Gliricídia sepium</i>	32
2.2 <i>Corte e avaliações na palma forrageira</i>	31
2.3 <i>Delineamento experimental e análise estatística</i>	33
3 RESULTADOS.....	33
4 DISCUSSÃO.....	35
5 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
CAPÍTULO II - Perfil fermentativo, populações microbianas, diversidade taxonômica e estabilidade aeróbia de silagens de ração completa a base de palma forrageira e gliricidia	
1 INTRODUÇÃO.....	45
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
2.1 <i>Considerações locais de execução do experimento</i>	46
2.2 <i>Avaliações de pH, ácidos orgânicos e populações microbianas</i>	47
2.3 <i>Avaliação da estabilidade aeróbia</i>	48
2.4 <i>Análise de composição química</i>	48
2.5 <i>Análise da comunidade bacteriana de silagens por metataxonomia do gene rRNA ribossomal 16S utilizando sequenciamento de alto desempenho</i>	49
2.6 <i>Processamento de dados de sequenciamento</i>	49
2.7 <i>Análise estatística</i>	50
3 RESULTADOS.....	50
4 DISCUSSÃO.....	58
5 CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

CAPÍTULO III - Perdas na ensilagem, composição química e degradabilidade ruminal de silagens de rações completas a base de Palma e Gliricídia

1 INTRODUÇÃO	69
2 MATERIAL E MÉTODOS	71
2.1 <i>Considerações locais de execução do experimento</i>	71
2.2 <i>Perdas, composição química e análises laboratoriais das silagens</i>	73
2.3 <i>Degradabilidade in situ</i>	74
2.4 <i>Análise estatística</i>	75
3 RESULTADOS	75
4 DISCUSSÃO	77
5 CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

CAPÍTULO IV - Silagens de rações totais a base de palma forrageira e capim-buffel para cabras em lactação

1 INTRODUÇÃO	93
2 MATERIAL E MÉTODOS	94
2.1 <i>Local de execução e período experimental</i>	94
2.2 <i>Manejo dos animais e dietas experimentais</i>	94
2.3 <i>Produção e composição do leite</i>	95
2.4 <i>Avaliação econômica</i>	96
2.5 <i>Delineamento experimental e análise estatística</i>	97
3 RESULTADOS	97
4 DISCUSSÃO	100
5 CONCLUSÃO	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES	107
-------------------------------------------------	------------

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Ao longo do tempo, a pecuária tem se constituído como uma das principais atividades no quesito econômico e social no semiárido nordestino, sendo os pastos nativos ou cultivados, a base alimentar de grande maioria dos rebanhos. Porém, os índices produtivos desses rebanhos ainda são baixos, e um desses entraves é a estacionalidade que reduz a disponibilidade de forragem nos períodos de maior déficit hídrico.

Dessa forma, o sucesso da pecuária nesse cenário fica exclusivamente dependente do uso de tecnologias na tentativa de amortizar os efeitos da sazonalidade. Assim, dentre as tecnologias capazes de contribuir para esse avanço tecnológico, o cultivo em consórcio de culturas agrícolas, podendo estar associado a conservação de alimentos através do processo de ensilagem, podem ser alternativas práticas para a melhoria dos índices zootécnicos dos ruminantes.

Outrossim, para se elevar a eficiência da produção animal em terras áridas e semiáridas, recomenda-se a utilização de recursos forrageiros que sejam adaptados às condições edafoclimáticas, que em monocultivos ou em consórcios de culturas, aliado a práticas agronômicas adequadas, podem aumentar a possibilidade de sucesso dos sistemas de produção (ARAÚJO et al., 2003). E nesse quesito, a palma forrageira tem se destacado como um importante recurso alimentar, pois trata-se de uma planta que atende aos requisitos edafoclimáticos, com a capacidade de suportar períodos prolongados de estiagem.

Poucas plantas excedem a importância social, econômica e ambiental que a palma forrageira possui nos sistemas de produção, quando comparada a outras plantas forrageiras, o gênero *Opuntia* tem satisfeito vários desafios da região semiárida, apresentando boas respostas produtivas em função das suas propriedades fisiológicas, obedecendo o metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), o qual lhe confere maior eficiência no uso da água (SANTOS et al., 2013).

No semiárido nordestino, sua ampla utilização nos períodos de estiagem, se justifica pelas seguintes características: rica em água e mucilagem que serve de suporte hídrico para os animais, boa digestibilidade da matéria seca, alta produtividade etc. No entanto, Santos et al. (2018) afirmaram que a maioria dos objetos de estudo avaliando a palma forrageira, tenham se atentado apenas no seu cultivo exclusivo, ou seja, em monocultivo e dispensando as práticas de manejo bem como tratamentos culturais (adubação, consórcios e espaçamentos de cultivo). Sendo assim, torna-se premente o desenvolvimento de estratégias voltadas para o manejo da palma, que possam contribuir definitivamente para o incremento da produção de forragem, como por exemplo, o sistema de cultivo em consórcio.

Pensando nisto, Miranda (2018), levantou a hipótese de que a utilização de uma leguminosa arbórea e palma, ambas adaptada as condições da região, parece ser uma alternativa promissora para os sistemas de produção em terras semiáridas. Ainda segundo o mesmo autor, a introdução de leguminosas arbóreas como a gliricídia [*Gliricidia sepim* (Jacq.) Steud.] em cultivos de palma forrageira, podem aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção animal, pois complementar a dieta dos ruminantes em conjunto com a palma forrageira, fornecendo fibra e proteína, contribuiria ainda com a ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio (N₂) além do potencial de incremento nos teores de matéria orgânica no solo.

Introduzida no Brasil na década de 70 para fins de sombreamento de culturas de cacau no litoral baiano, a gliricídia é nativa da América Central, com destruições pelas regiões tropicais da América do Sul, Caribe, África e Ásia. Porém, foi somente na década de 80 sua introdução no Semiárido Nordestino, nos Estados de Pernambuco e Sergipe, para fins de alimentação animal (ANDRADE et al., 2015). Conhecida como uma planta perene, caducifólia e de porte médio, devido a sua flexibilidade de usos tem sido classificada como uma espécie de grande interesse econômico, sendo cultivada, por exemplo em sistemas silvipastoris (APOLINÁRIO et al., 2016), em sistemas agroflorestais com milho e feijão, capim-buffel e palma forrageira.

Neste aspecto, a prática agrícola do consórcio entre plantas é muito utilizada nas regiões tropicais como estratégia para mitigar os efeitos da irregularidade do clima que afetam diretamente a produção de alimentos, além de aumentar a eficiência do uso da terra. Essa prática é fundamentada basicamente na exploração simultânea de duas ou mais culturas na mesma área de plantio, ocorrendo intensificação da exploração agrícola tanto no tempo como no espaço (AZEVEDO et al., 2007).

Entre os aspectos básicos na consorciação entre culturas devem ser consideradas como as mais importantes a escolha das espécies que vão compor o sistema, a escolha do melhor arranjo de plantio e a definição da população de plantas. Estes aspectos são fundamentais para que o sistema de consórcio atinja níveis tecnológicos desejados, e que não esteja fadado ao fracasso garantindo bons rendimentos (OLIVEIRA FILHO et al., 2016).

Em casos de consórcios que envolvem a incorporação de árvores no sistema de cultivo, é importante destacar que estas espécies requerem os mesmos recursos que as culturas associadas, e que dessa forma podem levar a dois eventos conhecidos no ramo da Fisiologia Vegetal, classificados em: complementariedade ou competição. Entre as interações competitivas da associação em cultivo destacam-se a competição por luz, água e nutrientes, por outro lado a complementariedade se relaciona com o suprimento de nutrientes dentro da zona

radicular das culturas através da entrada de N_2 por meio da fixação biológica, redução das perdas de nutrientes por lixiviação devido à absorção das camadas mais profundas (MARIN et al., 2007).

O tipo de interação e sua magnitude que ocorrem entre as diferentes espécies, dependem das condições locais, das características das plantas utilizadas, do manejo, eficiência do uso da água e da densidade de espaçamento entre as plantas. Tomando como referência a escolha da densidade de cultivo adequada, essa técnica tem sido classificada como uma das práticas utilizadas para obter maior produtividade em cultivos.

Dessa forma, Assis et al. (2014) reportaram que a redução dos espaços entre fileiras de plantas e o aumento da quantidade de plantas por área, buscam um aumento na produção, partindo do princípio de que estas espécies apresentem sistemas radiculares, parte aérea morfológicamente compatíveis e que a distância espacial e temporal seja diferente, possibilitando o aumento na eficiência do uso da terra, sendo capaz de sustentar a produção dos dois componentes vegetais em bases sustentáveis.

Em trabalhos conduzidos por Santos et al. (2018) mostraram que quando avaliaram palma forrageira e gliricídia em consórcio, o sistema foi capaz de produzir em média $7,3 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa em matéria seca. Os autores classificaram esse tipo de cultivo, como uma estratégia para promover uma maior estabilização na produção de biomassa para a alimentação animal, além do fato de que a lenha que é produzida pela gliricídia tem sido utilizada pelas famílias como uma renda extra.

E para maximizar o uso do palmal juntamente com a gliricídia, o excedente da produção em consórcio pode servir tanto como a lenha advindo da gliricídia, como também se tem a opção de estocar a produção de biomassa das culturas dentro do silo por meio da ensilagem, dessa forma o produto do consórcio, serviriam como excelente fonte de fibra, proteína e energia para os animais.

A ensilagem, apesar de não ser uma técnica difundida em algumas regiões, é favorável, pois, além de conservar o alimento, permite preservar o que há de mais valioso na época seca do ano que é a água, contribuindo assim, para produção de carne e leite no período de escassez. O conceito de silagem é baseado no princípio da preservação das características nutricionais da forragem a partir da acidificação da massa ensilada. Esta acidificação ocorre através das atividades de bactérias lácticas, que fermentam carboidratos solúveis a ácidos orgânicos, principalmente ácido lático, em meio anaeróbico (SANTOS et al., 2010).

E para que essa técnica se torne eficiente, Macêdo et al. (2019) citaram que é preciso que algumas características sejam investigadas, como por exemplo, as características da

forageira a ser cultivada e a qualidade da silagem que se irá produzir. Pois o entendimento dos eventos que ocorrem durante o processo de ensilagem é essencial para a obtenção de volumosos conservados de qualidade. Esses autores ainda acreditam que, durante o processo fermentativo, poderá haver mudanças no valor nutricional durante as etapas da ensilagem, abertura e ainda fenômenos microbiológicos inerentes a forrageira utilizada.

Dessa forma, para obtenção de silagens de boa qualidade alguns fatores são apontados como determinantes, dentre eles estão a própria técnica de ensilar relacionada ao dimensionamento do silo, tamanho de partícula da massa ensilada, vedação do silo, compactação dentre outros fatores, como também depende das propriedades intrínsecas do próprio alimento tais quais o teor de matéria seca (MS), população microbiana epifítica das plantas, concentração de carboidratos solúveis (CS), capacidade tampão (CT), que determinam as principais características da capacidade e qualidade de fermentação dos ingredientes alimentares (DRIEHUIS e VAN WIKSELLAR, 2000).

Para que ocorra um padrão de fermentação adequado, os teores de MS devem se situarem em torno de 28 a 40%, valores acima disso poderão desencadear problemas de compactação o que levaria ao desenvolvimento de microrganismos aeróbios e anaeróbios facultativos promovendo prejuízos do material ensilado (JOBIM et al., 2007). Já os CS o valor mínimo necessário recomendado por McDonald (1991) para uma fermentação láctica eficiente de silagens varia em torno de 6 a 8% com base MS.

Plantas que geralmente apresentam concentrações de CS acima do mínimo requerido, podem refletir em perdas de qualidade no momento da abertura do silo. Quando a silagem é exposta ao oxigênio, os CS residuais e o excesso de ácido láctico que foi produzido na fermentação, estarão prontamente disponíveis para serem utilizados por microrganismos deterioradores da massa ensilada e que de alguma forma ocasionará em perdas de nutrientes e baixa estabilidade aeróbia, dessa forma torna imprescindível o uso de recursos para contornar essa situação, como por exemplo o uso de aditivos químicos ou biológicos oriundos de culturas lácticas, ou até mesmo plantas forrageiras de composições diferentes com o objetivo de equilibrar o produto final.

A relação entre CS e CT influencia no perfil fermentativo em silagens, principalmente quando leguminosas são ensiladas de forma isolada. Segundo Ávila et al. (2009) a CT é definida como a resistência que a massa ensilada possui em relação ao abaixamento do pH quando ácidos fortes são liberados no meio, podendo variar em função de várias características como teor de nitrogênio, sais minerais, ácidos orgânicos, CS dentre outras características.

Atualmente, tem se verificado o surgimento de tecnologias para favorecer e otimizar a utilização de determinadas forrageiras nesse processo de conservação, tornando possível a participação de leguminosas e, conseqüentemente, melhor explorar o potencial alimentício e produtivo destas plantas, como por exemplo, a palma forrageira e a glirícidia, ambas se complementariam dentro silo (BRITO et al., 2020).

Nesse sentido, surge um outro conceito de utilização de silagens, que é comum em outros países e que traz consigo um modelo de rações completamente misturadas na forma de silagem. Silagens de rações completas (RC), ou *Total Mixed Ration* (TMR), é uma tecnologia que consiste na formação de uma mistura homogênea pela combinação de ingredientes dentro do silo, minimizando a ocorrência da seleção dos ingredientes por parte dos animais, que promove melhorias no desempenho dos rebanhos, além de diminuir custos quando comparada as rações convencionais.

As vantagens de se fornecer o alimento na forma de silagem de ração completa consistem em melhorar a eficiência de energia e de proteínas da dieta no rúmen, além de estabilizar as atividades microbianas. Outra vantagem apontada por aqueles que vêm utilizando esta alternativa é o fato de se oferecer um alimento mais homogêneo ao longo do tempo, pois não há mistura diária de ingredientes concentrados (BERNARDES, 2015).

Na escolha de ingredientes para se produzir silagens de ração total, a capacidade de permitir a conservação das silagens e a aceitação pelo animal devem ser considerados. Além disso, o uso e proporção de inclusão de certos ingredientes também podem ser alterados de acordo o preço e a disponibilidade sazonal (GUSMÃO, 2017).

Essa combinação de ingredientes também é uma forma alternativa de aproveitamento de forrageiras com altos teores de umidade, direcionando para um bom perfil fermentativo que confere qualidade ao produto (MACÊDO et al., 2018). Nesse sentido, os autores categorizaram a palma forrageira como uma opção a ser ensilada tanto pela adaptação em regiões semiáridas, quanto pelo grande aporte em água para o suprimento animal, e que dessa forma é certamente algo excepcional que merece ser fonte de estudo. Em suma, Rodrigues et al. (2016) chamam atenção quanto ao uso exclusivo de palma forrageira, devido à baixa concentração de fibra e proteína, e ao elevado teor de umidade esse alimento possui alta taxa de passagem, além de reduzirem os percentuais de gordura no leite dessa forma deve-se associar a palma com uma fonte de fibra fisicamente efetiva que desempenhe um adequado funcionamento do rúmen do animal como também deve ser enriquecida com uma fonte de proteína, o que validaria a utilização de silagens no setor caprino leiteiro em propriedades do semiárido.

No caso de rações a base de palma forrageira e gliricídia representa a vantagem de aproveitar essas duas forrageiras em sistemas de cultivo consorciados, onde se tem demonstrado aumento da produtividade por área, além de produzir tanto palma forrageira quanto uma leguminosa, que atende as exigências em fibra e proteína para os animais ruminantes, otimizando o sistema de produção do ponto de vista nutricional e econômico.

Em se tratando da palma forrageira, a mesma tem sido apontada pelo fornecimento de substratos fermentescíveis as bactérias lácticas, que os convertem em ácidos orgânicos, os quais asseguram a preservação da massa ensilada. Como o processo fermentativo é extremamente dependente da comunidade de microrganismos associados, o estudo dessa dinâmica de diversidade e como ela muda com o período de fermentação, torna-se essencial. E para isso, técnicas que vão além da microbiologia convencional se tornam de grande importância nos estudos com silagens, como por exemplo o sequenciamento de amostras através do material genético.

A incorporação de dados de diversidade taxonômica ao estudo da microbiologia de silagens tem sido útil em responder de que forma vários fatores podem afetar a fermentação. Muck (2013) afirmou que os estudos indicam a influência de fatores no curso da fermentação mesmo quando não utilizando um inoculante bacteriano na ensilagem, ou seja, o silo é um ambiente de grandes eventos biológicos. Dessa forma, o sequenciamento por meio do gene 16S RNA ribossomal, tem sido um advento do sequenciamento de próxima geração (NGS- *next generation sequencing*) com o propósito de determinar de maneira minuciosa as comunidades de microrganismos que compõem as silagens. Carvalho (2014) cita que por meio do sequenciamento, tem-se descoberto grupos de microrganismos nunca reportados em silagens, assim como, revelado alterações nas comunidades em função de tempos de armazenamento e principalmente maturidade fisiológica das plantas ensiladas.

Todavia, não há estudos publicados acerca da estrutura e composição bacteriana em silagens de rações completas a base de palma forrageira acessados por meio da técnica de sequenciamento, embora a palma já seja amplamente utilizada em silagens em várias partes do mundo. Um maior entendimento da ecologia microbiana durante a ensilagem, por meio da caracterização da comunidade bacteriana presente, colaborará com um maior controle do processo, e finalmente direcionará estratégias para que ocorra a modulação e persistência de um microbioma mais favorável ao processo fermentativo desejado.

Diante do exposto, objetivou-se investigar as respostas produtivas do consórcio entre gliricídia e palma forrageira, bem como avaliar silagens de rações totais a base de palma

forrageira e glicídica sobre a dinâmica fermentativa e a degradabilidade ruminal *in situ*, e ainda, avaliar os indicadores econômicos de um sistema de produção de cabras de leite em confinamento, submetidas à dietas com silagens de rações totais a base de palma forrageira com crescentes proporções de feno de capim-buffel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, B.M. da. S.; SOUZA, S. F.; SANTOS, C. M.C.; MEDEIROS, S.S.; MOTA, P. S. S.; CURADO, F.F. Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em Sistemas Agropecuários Sustentáveis. **Scientia Plena**, v. 11, n. 4, p.1-7, 2015.
- APOLINÁRIO, V.X.; DUBEUX JR, J.C.B.; LIRA, M.A.; SAMPAIO, E. V.S.B.; AMORIM, S.O.; SILVA, N.G.; MUIR, J.P. Arboreal Legume Little Nutrient Contribution to a Tropical Silvopasture. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 6, p.2478-2484, 2016.
- ARAÚJO, G.G.L.; CAVALCANTI, N.B.; DANTAS, F.R. ; CUNHA, A.P.; SOUZA, C.M.S.; GARZIERA, R. Valor nutritivo e o consumo voluntario do feno de Umbuzeiro (*Spondias tuberosa Arruda*) por caprinos e ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40,2003, Santa Maria. Anais.. Santa Maria: SBZ,2003. 1 CD-ROM.
- ASSIS, R.T.; ZINELI, V.P.; SILVA, R.E. COSTA, W.C.A.; OLIGATO, I.; Arranjo espacial de plantas na cultura da soja. Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH) - Araxá - MG, **Circular técnica**, n. 4, 7 p., 2014.
- ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; TAVARES, V.B.; SANTOS, I.P.A. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-Tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 648-654, 2006.
- AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W.; LEÃO, A. B. Arranjos de fileiras no consórcio mamoneira com milho no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 11, n. 2, p. 97-105, 2007.
- BRITO, G.S.M.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G.G L.; OLIVEIRA, J. S.; ZANINE, A.M.; PERAZZO, A.F.; CAMPOS, F.S.; LIMA, A.G.V.O.; CAVALCANTI, H.S. Mixed silages of cactus pear and gliricidia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**, v. 10 n. 6834, 2020.
- CARVALHO, P.A. **Influência de genótipo e maturidade na diversidade microbológica em milho grão para silagem**. Piracicaba, 2014. 95p: il. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2014.
- DRIEHUIS, F.; VAN 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. 80, p. 711-718, 2000.
- GUSMÃO, J. O. **Silagens de dieta completa contendo o capim-elefante como fonte de forragem**. 48 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

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

MACÊDO, A.J.S.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.L.; EDVAN, R.L.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F, SÁ, W.C.CS.; PEREIRA, D.M. Silagens em forma de dieta à base de palma forrageira e capim-buffel. **African Journal of Range & Forage Science** v. 2, n. 1, 2018.

MACÊDO, A.J.S.; SILVA, A.L.; RODRIGUES, T.C.G.; PEREIRA, G.A.; RAMOS, J.P.F.; BEZERRA, H.F.C. Produção e Utilização de Rações na Forma de Silagem na Alimentação de Ruminantes. *In*: SANTOS, Edson Mauro; PARENTE, Henrique Nunes; OLIVEIRA, Juliana Silva; PARENTE, Michelle de Oliveira Maia (org.). **Ensilagem no Nordeste do Brasil**. 2.ed. São Luís: EDUFMA, 2019. p. 377-438.

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

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. The biochemistry of silage. 2ed. Marlow: **Chalcombe Publicatins**, p. 340, 1991.

MIRANDA, K. R. **Contribuição de Leguminosas Arbóreas em Consorcio com Palma Forrageira Fertilizada com diferentes esterco**s. 2018. 80p. Tese (doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE.

MUCK, R.E. Recent advances in silage microbiology. **Agricultural and Food Science**, Helsinki, v. 22, p.3-15, 2013.

OLIVEIRA FILHO, A. F.; BEZERRA, F. T. C.; PITOMBEIRA, J.B.; DUTRA, A. S.; BARROS, G. L. Agronomic and biological efficiency in the castor bean intercropped with cowpea or maize. **Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 4, p. 729-736, 2016.

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

SANTOS, A. F.; PEREZ-MARIN, A.M.; SARMENTO, M.I.A. Produtividade da palma forrageira em aleias com Gliricidia sepium sob adubação orgânica em diferentes espaçamentos no Semiárido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n.3, p.276-281, 2018.

SANTOS, D.C.; SILVA, M.C.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; LIRA, M.A.; SILVA, M. Estratégias para Uso de Cactáceas em Zonas Semiáridas: Novas Cultivares e uso Sustentável das Espécies Nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15,n. 2, p.111-121, 2013.

SANTOS, M V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JR, J.C.B. et al. **Palma forrageira** In: Plantas forrageiras. 1 ed., Viçosa: Editora UFV, único, p. 459-493. 2010

CAPÍTULO I

**Características produtivas e morfométricas da palma forrageira e glirícidia
consorciadas em diferentes espaçamentos**

RESUMO

Objetivou-se avaliar as características produtivas e morfométricas da palma forrageira e gliricídia consorciadas em diferentes espaçamentos. Para o consórcio foram utilizadas a palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) e a gliricídia (*Gliricidia sepium*). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 tratamentos e 6 repetições. Os tratamentos aplicados foram quatro espaçamentos na linha, para a Gliricídia: E1 (1,0 m), E2 (1,5 m), E3 (2,0 m) e E4 (3,0 m), com 2,30 m entre linhas. Na palma, analisou-se a altura (AP), a largura (LP), número total de cladódios da planta (NCP), comprimento de cladódios (CC), largura de cladódio (LC), área de cladódio total (ACT), produção de matéria verde (PMV) e seca (PMS) e eficiência do uso de chuva (EUC). Na gliricídia avaliou-se a altura da planta (ALP), largura (LP), diâmetro (DP), número de folhas (NF), peso de planta (PP) e peso dos ramos (PR). Houve diferença significativa somente para AP e LP, apresentando efeito linear crescente ($P < 0,05$), para palma forrageira durante dois ciclos de avaliação. Com relação as respostas da gliricídia no primeiro ano de consórcio, as variáveis, largura da planta, número de folhas, peso dos ramos, matéria verde e matéria seca apresentaram diferença ($P < 0,05$) dentre os espaçamentos. Foi observado diferença significativa ($P > 0,05$) quanto a eficiência do uso da chuva pela palma e gliricídia em consórcio nos dois ciclos de avaliação. Quando se analisou a palma frente aos espaçamentos da gliricídia, a maior média se deu no espaçamento de 3, seguido do espaçamento de 2 (10.50 e 10.24 kg MS⁻¹/mm respectivamente) ou seja, os espaçamentos menos adensado aumentaram a EUC. Na comparação entre os espaçamentos, a gliricídia apresentou a maior média no espaçamento de 1m, com valores de 1,57 kg MS⁻¹/mm no primeiro ciclo de avaliação. Já no segundo ciclo, o espaçamento 3m foi inferior (1,05 kg MS⁻¹/mm) aos demais espaçamentos, porém, quando se compara os dois ciclos, observou-se que a gliricídia foi mais eficiente no uso da chuva no segundo ciclo de avaliação do que no primeiro ciclo. A gliricídia pode ser utilizada em consorcio com a palma forrageira em um espaçamento de 1,0 m visto que além de não comprometer o desempenho e produção de matéria verde das duas culturas, aumenta a eficiência do uso da área.

Palavras chave: densidade de cultivo, produção de forragem, sazonalidade

ABSTRACT

The objective was to evaluate the productive and morphometric characteristics of forage cactus and gliricidia intercropped at different spacings. For the intercropping, forage cactus Ear of Mexican Elephant (*Opuntia stricta* Haw) and gliricidia (*Gliricidia sepium*) were used. The experimental design was in randomized blocks with 4 treatments and 6 replications. The treatments applied were four row spacings for Gliricidia: E1 (1.0 m), E2 (1.5 m), E3 (2.0 m) and E4 (3.0 m), with 2.30 m between lines. In the palm, we analyzed the height (AP), width (LP), total number of cladodes in the plant (NCP), length of cladodes (CC), cladode width (LC), total cladode area (ACT), green matter production (PMV) and dry matter (PMS) and rain use efficiency (EUC). For gliricidia, plant height (ALP), width (LP), diameter (DP), number of leaves (NF), plant weight (PP) and weight of branches (PR) were evaluated. There was a significant difference only for AP and LP, with an increasing linear effect ($P < 0.05$), for cactus forage during two evaluation cycles. Regarding the responses of gliricidia in the first year of intercropping, the variables, plant width, number of leaves, weight of branches, green matter and dry matter showed differences ($P < 0.05$) among the spacings. A significant difference ($P > 0.05$) was observed regarding the efficiency of rain use by palm and gliricidia in consortium in the two evaluation cycles. When the palm was analyzed in relation to the gliricidia spacings, the highest average occurred in the spacing of 3, followed by the spacing of 2 (10.50 and 10.24 kg DM-1/mm respectively), that is, the less dense spacing increased the EUC. When comparing the spacings, gliricidia had the highest average in the 1m spacing, with values of 1.57 kg DM-1/mm in the first evaluation cycle. In the second cycle, the 3m spacing was lower (1.05 kg DM-1/mm) than the other spacings, however, when comparing the two cycles, it was observed that gliricidia was more efficient in the use of rain in the second cycle evaluation than in the first cycle. The gliricidia can be used in intercropping with the forage cactus at a spacing of 1.0 m since, in addition to not compromising the performance and production of green matter of the two crops, it increases the efficiency of the use of the area.

Keywords: crop density, forage production, seasonality

1 INTRODUÇÃO

As pastagens cultivadas brasileiras correspondem a 117,7 milhões de hectares (IBGE 2017), sendo que aproximadamente 50% delas são consideradas altamente degradadas (Dias-Filho 2014). No entanto, sistemas aprimorados oferecem alternativas com benefícios, sem necessidade de abertura de novas áreas, e especialmente devido à sua capacidade de recuperar áreas degradadas e intensificar o uso da terra. Sistemas de cultivo em consórcio, são uma forma de sistemas agroflorestais que permitem o manejo e o uso eficiente dos recursos naturais, seguindo os princípios da intensificação sustentável (CHARÁ et al., 2019).

A hipótese de que a utilização de espécies forrageiras como as cactáceas e leguminosas arbóreas adaptadas as condições de clima e solo da região, parece ser uma alternativa promissora para os sistemas de produção em regiões semiáridas, por incrementar a produção de forragem, madeira e potencializar a utilização dos recursos da terra. Nesse mesmo sentido, Gonçalves et al. (2007), relataram que a associação de espécies de sistemas radiculares, parte aérea morfológicamente compatíveis e que a distância espacial e temporal em termo de fisiologia sejam diferentes, possibilita o aumento na eficiência do uso da terra e é capaz de sustentar a produção dos dois componentes em bases sustentáveis.

As leguminosas oferecem inúmeras vantagens quando incorporadas em agroecossistemas, incluindo fixação biológica de nitrogênio e reciclagem de nutrientes via deposição de serapilheira (MUIR et al., 2019). A gliricídia tem se destacado tanto no processo de recuperação de solos, quanto tem sido apontada como excelente banco de proteína para os rebanhos, além de ser utilizada como fonte de lenha para as propriedades. Ainda, as raízes de gliricídia mantêm simbiose com fungos micorrízicos arbusculares (JALONEN et al., 2013) e com bactérias do gênero *Rhizobium*, possibilitando a fixação biológica de nitrogênio e transferência de nutrientes do solo para a planta. Em estudos no semiárido paraibano, Martins et al., (2015) relataram que no sistema agroflorestral com capim- buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) e palma forrageira [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.], as folhas de gliricídia adicionaram 40 kg ha⁻¹ de N fixado biologicamente.

Já a palma forrageira, se destaca como um importante recurso forrageiro adaptado às condições edafoclimáticas dessa região, suportando períodos de estiagem em função das suas propriedades fisiológicas, caracterizadas pelo metabolismo ácido das crassuláceas. Essas características morfofisiológicas auxiliam a cultura na alta eficiência no uso de água e nutrientes, maximizando com seu rendimento produtivo e adaptativo. Por apresentarem cladódios suculentos, essas plantas são capazes de permanecer túrgidas em períodos de escassez de água e manter sua fotossíntese em escala normal (LIGUORI et al., 2013).

Explorar o potencial dessas duas culturas cultivadas em consórcio é fundamental para o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis. A nossa hipótese é que essas duas espécies forrageiras possam ser cultivadas no mesmo espaço sem haver competição pelos mesmos recursos (água, nutrientes do solo, entre outros) e que não comprometa desempenho de ambos, por se tratar de espécies com diferenças temporais nos mecanismos fisiológicos. Face ao exposto, objetivou-se avaliar as respostas produtivas e morfométricas de um sistema em consórcio composto por glirícidia e palma forrageira na região de Agreste no estado da Paraíba.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA) localizado em Campina Grande-Paraíba, situado na Mesorregião do Agreste paraibano, com Latitude 07° 13' 50" S, longitude 35° 52' 52" W e Altitude 551m. O clima é classificado como do tipo Aw'i, segundo a classificação climática de Koppen e é considerado como seco sub-úmido.

O período experimental ocorreu entre junho de 2016 e abril de 2018. Os dados mensais de precipitação foram coletados da Estação Meteorológica do INSA em todo o período de condução do experimento (Figura 1).

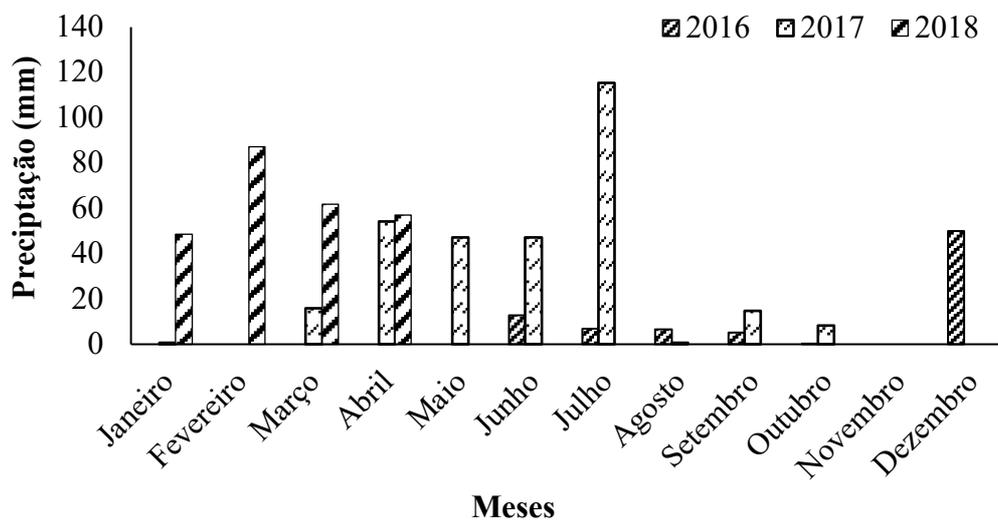


Figura 1- Precipitação pluviométrica (mm) durante o período experimental

O solo da área experimental foi classificado como Planossolo Nátrico (EMBRAPA, 2013). Para análise da caracterização química do solo, procedeu-se a coleta em uma camada de profundidade 0-20 cm. Em seguida, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de física

e química do solo da Universidade Federal da Paraíba, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm da área experimental

pH	P	S - SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	MO
H ₂ O (1:2,5)	-----	mg/dm ³	-----		-----		cmol _c /dm ³	-----			--- g/kg -
5,4	5,23	-	94,58	0,12	3,43	0,25	1,43	2,28	4,07	7,50	7,30
5,4	3,30	-	98,09	0,11	3,37	0,20	3,34	0,32	4,02	7,39	6,46

Para o consórcio foram utilizadas a palma forrageira Orelha de elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) e a gliricídia (*Gliricidia sepium*). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 tratamentos e 6 repetições. Os tratamentos aplicados foram quatro espaçamentos na linha, para a gliricídia: E1 (1,0 m), E2 (1,5 m), E3 (2,0 m) e E4 (3,0 m), com 2,30 m entre linhas. A palma foi plantada em fileiras duplas de 1,5 x 0,8 x 0,5m e a gliricídia plantada nas entrelinhas da palma. A área total do experimento foi de 2.371,4 m² (28,4 x 83,5 m) e cada parcela de 92,4 m² (12 x 7,7 m), compostas, cada uma, por 200 plantas de palma e 39, 27, 21 e 15 de gliricídia, conforme o tratamento. Para efeito de avaliação foram marcadas 10 plantas de palma e quatro de gliricídia em cada parcela, respectivamente.

O preparo do solo foi realizado por meio de arado e posterior abertura de covas. A palma semente, obtida de um campo de multiplicação da Estação Experimental do INSA, foi colocada à sombra por um período de oito dias, objetivando a cicatrização dos cortes. A gliricídia foi plantada por mudas, provenientes do viveiro da Estação Experimental. Foram realizados tratamentos culturais como controle de ervas espontâneas através de capinas e/ou roços

2.1 Corte e avaliações na Palma Forrageira

Foi realizada a colheita da palma deixando os cladódios primários e secundários e da gliricídia com um corte de 70 cm do nível do solo, e realizadas as mensurações biométricas, em que foram selecionadas ao acaso dez plantas de palma e quatro de gliricídia. Na palma, analisou-se a altura (AP), a largura (LP), número total de cladódios da planta (NCP). A altura foi mensurada desde a superfície do solo até o cladódio mais alto, já a largura foi obtida através da utilização das suas duas maiores dimensões, sendo que em ambas as variáveis foram aferidas com auxílio de fita métrica.

Para os cladódios, foram mensurados os dados quanto ao comprimento de cladódios (CC), largura de cladódio (LC), área de cladódio total (ACT), peso médio de cladódio mensurado através da pesagem de todos os cladódios da planta, excetuando-se o cladódio basal, e dividindo

pelo número de cladódio da planta e, com base nos valores obtidos, estimada a produtividade de massa verde em toneladas por hectare

A produtividade de massa seca obtida retirando-se amostras de cladódios de cada tratamento após a pesagem da massa verde e das diferentes ordens (primárias, secundárias, terciárias etc.). As amostras foram fracionadas em partes menores, aumentando sua área de contato e colocadas para desidratar em local protegido e ventilado, em seguida foram levadas a estufa de circulação de ar e submetidas a uma temperatura de $\pm 65^{\circ}\text{C}$ por um período de 120 horas, para secagem do material. Após a secagem as amostras foram pesadas e a partir dos dados de pesagem do material seco calculou-se o teor de massa seca da planta, a produtividade de matéria seca obtida pela equação 1: $\text{PMS} = \text{PMV} * \% \text{MS}$ Em que: PMS = Produtividade de matéria seca PMV = Produtividade de matéria verde.

A área fotossintética ativa foi obtida pela soma das áreas de cladódio por ordem, proposta por Pinto et al. (2002), e multiplicada pelo número de cladódios por ordem. O comprimento e largura do cladódio foram obtidos pela medição dos mesmos por ordem de surgimento com auxílio de fita métrica.

$$\text{AC} = \text{CC} \times \text{LC} \times 0,693$$

$$\text{AFA} = [(\text{AC1} \times \text{N1}) + (\text{AC2} \times \text{N2}) + \dots + (\text{ACn} \times \text{Nn})]$$

Em que: CC: comprimento do cladódio (cm); LC: largura do cladódio (cm); AC: área do cladódio (cm²); AFA: área fotossintética ativa (cm²); ACn: área do cladódio de “n” ordem (cm²); e Nn: número de cladódios de “n” ordem.

2.2 Mensurações na *Gliricídia sepium*

Na gliricídia avaliou-se altura e largura de plantas com auxílio de uma régua graduada, diâmetro de caule utilizando um paquímetro digital, número de folhas e ramos, através da contagem dos mesmos e em seguida realizou-se um corte de padronização a 0,50 m de altura do nível solo, a partir deste material colhido determinou-se o peso fresco da planta, ramos e folhas. Em seguida as amostras foram levadas a estufa de circulação de ar e submetidas a uma temperatura de $\pm 65^{\circ}\text{C}$ por um período de 72 horas, para secagem do material.

Após a secagem as amostras foram pesadas, e a partir destes valores calculou-se o teor de massa seca da planta (Peso seco/Peso verde x 100). A produtividade de massa seca total foi obtida pela multiplicação das produções de massa fresca pelos respectivos teores de massa seca. Estimando desta forma a produtividade por hectare para a cultura.

A eficiência de uso da chuva (EUC) dada em kg MS ha⁻¹ mm⁻¹ foi estimada pela equação proposta por Souza et al., (2019), sendo: $EUC = PMS \text{ (kg/ha}^{-1}\text{) / PA}$, em que: PMS= produção de matéria seca, PA = precipitação acumulada durante o período experimental.

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software Statistical Analysis System 9.4 (SAS 2002), de acordo com o modelo estatístico abaixo:

$$y_{ij} = m + b_j + t_i + e_{ij}$$

Em que: y_{ij} é o valor observado da característica estudada, no tratamento i ($i = 1, 2, \dots, I$) e no bloco (ou repetição) j ($j = 1, 2, \dots, J$); m é a média geral (de todas as observações) do experimento; t_i é o efeito do tratamento i ; e_{ij} é o erro associado à observação y_{ij} ou efeito dos fatores não controlados sobre ela.

3 RESULTADOS

Houve diferença significativa somente para largura de planta (LP) (Tabela 1). Entre os espaçamentos avaliados, o espaçamento com 3 m apresentou maior largura (77,82 cm) quando comparado aos outros espaçamentos. As demais variáveis semelhantes entre si.

Tabela 2- Características morfométricas e produtivas da palma forrageira em consórcio com gliricídia em diferentes espaçamentos

Variáveis	Espaçamentos				EPM	P valor
	1,0	1,5	2,0	3,0		
AP (cm)	63,98	64,55	63,10	66,07	8,24	0.432
LP (cm)	69,03 B	68,63 B	70,07 AB	77,82 A	12,87	0.020
NC (Unid)	8,80	9,05	8,58	9,77	3,38	0.557
PP (g/Kg)	4643,33	4424,83	4518,17	4922,67	2016,16	0.792
PD (g/Kg)	527,25	496,77	521,79	519,74	113,05	0.735
MVt/ha ⁻¹	80,75	76,95	78,58	85,61	35,06	0.792
MS (%)	6,34	6,62	6,36	6,52	0,33	0.502
MSt/ha ⁻¹	5,15	5,03	4,99	5,59	2,25	0.714
CD (g/Kg)	20,41	20,60	20,28	21,07	2,10	0.492
LD (cm)	26,05	26,24	25,65	26,82	2,38	0.296
ACT (cm)	374,41	380,81	366,99	398,79	70,05	0.340
AFA (cm)	6672,96	6948,40	6373,80	7693,82	2856,22	0.322

Altura de planta (AP), largura(LP), número de cladódios (NC), peso da planta (PP); peso de cladódios (PD) comprimento de cladódio (CD), largura de cladódio (LD), área total de cladódio (ACT), área fotossintética ativa (AFA); EPM= Erro padrão da média Médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

Com relação as respostas da gliricídia no primeiro ano de consórcio, as variáveis, largura de planta (LP), número de folhas (NF), peso dos ramos (PR), matéria verde (MvPlan) e

matéria seca por planta (MSPlan) apresentaram diferença ($P<0,05$) dentre os espaçamentos (Tabela 3). A LP foi maior no espaçamento 2m ($P=0.040$) em comparação aos outros espaçamentos, enquanto o NF foi maior para o espaçamento 1m ($P=0.023$), da mesma forma que a MSPlan ($P<.0001$) e MvPlan ($P=0.023$) por planta apresentaram o mesmo comportamento.

Tabela 3 -Características morfométricas e produtivas da gliricídia cultivada em consórcio com palma forrageira em diferentes espaçamentos

Variáveis	1º Ciclo				EPM	P valor
	Espaçamentos (metros)					
	1	1,5	2	3		
ALP	120,17	116,71	126,38	115,25	35,14	0.619
LP	162,92C	162,88C	191,92A	169,92B	44,62	0.040
DP	2,74	3,30	3,27	2,94	1,07	0.131
NF	20,85A	17,19AB	19,44AB	17,10B	5,51	0.023
PP	0,96	0,84	1,12	0,90	0,48	0.131
PF	0,54	0,50	0,60	0,51	0,26	0.430
PR	0,28AB	0,22B	0,36 ^a	0,25AB	0,19	0.030
MvPlan	4.170A	2.513B	2.434B	1.298C	1525,45	<.0001
MSPlan	1.135A	621,62B	632,35B	312,86C	383,16	0.023
2º Ciclo						
ALP	119,42	111,17	119,08	117,00	24,61	0.540
LP	149,25	161,92	169,33	173,92	40,78	0.105
Diâm	18,70	18,06	18,38	19,85	5,97	0.672
NF	30,53	31,08	35,04	34,38	14,21	0.511
PP	0,97B	1,30AB	1,48A	1,59 ^a	0,65	0.001
PF	0,55B	0,75AB	0,79AB	0,86 ^a	0,39	0.020
PR	0,41B	0,55AB	0,69A	0,73 ^a	0,31	0.000
MvPlankg	4.191A	3.881A	3.217AB	2.300B	1.718,22	0.000
MSPlantkg	1.377	1.328	1.016	1.207	798,89	0.308

ALP= Largura de planta (cm); LP= Largura de planta (cm); Diâm= diâmetro de planta (cm); NF= Número de folhas (unid); PP= Peso da planta (g/kg); PF= peso das folhas (g/kg); PR= peso dos ramos (g/kg), MvPlan= Matéria verde da planta; MSPlant= Matéria seca da planta. EPM= erro padrão da média. Médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Já com relação ao segundo ano (ciclo), foi observado diferença ($P<0,05$) quanto ao PP, PF, PR e MvPlan Os maiores valores foram observados no espaçamento 3, exceto a produção de matéria verde por planta, que apresentou maiores valores nos espaçamentos 1 e 1,5 respectivamente.

Foi observado diferença significativa ($P>0,05$) quanto a eficiência do uso da chuva pela palma e gliricídia em consórcio nos dois ciclos de avaliação, bem como a eficiência total (Tabela 4). Quando se analisou a palma frente aos espaçamentos da gliricídia, a maior média se deu no espaçamento de 3 m, seguido do espaçamento de 2 m (10,50 e 10,24 kg MS⁻¹/mm respectivamente) ou seja, os espaçamentos menos adensado aumentaram a EUC.

Tabela 4-Valores médios de eficiência do uso da chuva- EUC (kg MS ^{ha-1} /mm) de palma forrageira e gliricídia (1º ciclo e 2º ciclo) cultivadas em consorcio em função de diferentes espaçamentos

Variáveis	Espaçamentos				EPM	P valor
	1	1,5	2	3		
Palma	9,79 C	9,83 C	10,24 B	10,50 A	0,049	<0,0001
Gliricídia (1º ciclo)	1,57 A	0,96 B	0,93 B	0,76 B	0,068	<0,0001
Gliricídia (2º ciclo)	2,50 A	2,21 A	1,94 A	1,05 B	0,114	<0,0001

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p > 0.05$); EUC: Eficiência do uso da chuva total; EPM: Erro padrão da média.

Na comparação entre os espaçamentos, a gliricídia apresentou a maior média no espaçamento de 1m, com valores de 1,57 kg MS⁻¹/mm no primeiro ciclo de avaliação. Já no segundo ciclo, o espaçamento 3m foi inferior (1,05 kg MS⁻¹/mm) aos demais espaçamentos, porém, quando se compara os dois ciclos, observou-se que a gliricídia foi mais eficiente no uso da chuva no segundo ciclo de avaliação do que no primeiro ciclo.

4 DISCUSSÃO

O principal efeito dos espaçamentos foi em características de crescimento da palma forrageira como, largura da planta, por exemplo, característica essa que possui uma relação positiva com a produtividade de matéria verde. As maiores LP estão relacionadas ao maior espaçamento, muito embora tenha sido observado efeito na AP (Tabela 2). Existe uma complementariedade entre a fisiologia da palma e da leguminosa, a palma apresenta um sistema radicular de raízes superficiais, dessa maneira absorvem água em níveis mais superficiais do solo.

Mesmo em condições de espaçamento adensados de gliricídia, essas particularidades da palma tenham prevalecido, e dessa forma expressando o máximo de crescimento. Uma vez que, a taxa fotossintética da palma é um fator necessariamente ligado ao ângulo de disposição dos cladódios que interfere na interceptação luminosa, o que contribui para o acúmulo de biomassa na palma (SALES et al., 2003). Houborg et al. (2011) reportaram que quando culturas no sistema de consórcio, apresentam morfologia e arranjo arquitetônico das folhas do dossel diferentes, as taxas fotossintéticas não são comprometidas por não haver competição por luz. Ainda, a palma e a gliricídia apresentam diferentes índices de área foliar, conseqüentemente suas eficiências no uso da radiação são variadas, e dessa forma não prejudicou o crescimento das duas no consórcio.

O espaçamento utilizado para o cultivo da palma pode ser classificado como adensado, dentre os outros espaçamentos (1,5m x 0,8m x 0,5m) logo, a produtividade de matéria verde da palma não foi comprometida. Os valores observados nesta pesquisa (80,47 de MV t/ha⁻¹), são superiores aos observados por Santos et al. (2018) quando avaliaram palma e gliricídia em cultivos de alamedas e

obtiveram de até 58,47 de MV t/ha⁻¹. Confirmando que a palma respondeu de forma satisfatório nessas condições de cultivo, ressaltando ainda que, o volume de chuva foi satisfatório para a média de produção, além de que as condições de solo e clima podem favorecer a resposta do consórcio. Lopes et al. (2007) observaram que a palma é uma planta que para ter bons rendimentos, o solo a ser cultivada deve ser de boa qualidade, tendo em vista que em plantios adensados ocorre maior extração de nutrientes devido ao grande número de plantas por área.

Em comparação aos dois anos de avaliação, a gliricídia respondeu de forma melhor no segundo ciclo, com grande capacidade de rebrotação, comprovado pelo incremento de matéria verde nos menores espaçamentos, e pelo número de folhas que não variou entre os espaçamentos, destacando que, a mesma já se encontrava estabelecida ao local no segundo ciclo em comparação ao primeiro. Provavelmente a planta tenha passado por um estresse hídrico no momento inicial de seu estabelecimento (primeiro ciclo), após o corte as reservas residuais foram suficientes para repor a parte aérea para o segundo ciclo de avaliação.

Edvan et al. (2016) destacaram que esse evento pode ocorrer em plantas arbóreas que necessitam de maior tempo para se desenvolverem e se adaptarem ao manejo de corte, diferentemente do que é observado no crescimento das gramíneas. Um ponto que deve ser levado em consideração é que a gliricídia apresenta um crescimento limitado em condições de baixa precipitação, podendo acarretar na queda dos ramos mais velhos. Como pôde ser observado, o segundo ciclo de avaliação apresentou maior precipitação pluviométrica o que aliado ao fato da planta já se apresentar bem estabelecida, favoreceu sua produtividade. Nestas condições, Barreto et al. (2014) afirmaram que a gliricídia apresenta grande capacidade de rebrota, chegando a recompor toda sua parte aérea quatro meses após o corte, o que torna possível a realização de três cortes por ano.

Os efeitos sobre o rendimento nos menores espaçamentos são claros, independente do ciclo de avaliação. Informações acerca da densidade ideal de plantio de gliricídia são poucos reportados na literatura, porém Man et al. (1993) estudaram o efeito de diferentes espaçamentos entre plantas sobre a produtividade e crescimento de quatro espécies arbóreas, dentre elas a gliricídia, e esses autores observaram que os efeitos dos espaçamentos impostos foram mais claros no rendimento de biomassa total, com maiores rendimentos 20,1 t/ha nos espaçamentos mais próximos.

Da mesma forma que, Karin et al. (1991), avaliaram a gliricídia em diferentes espaçamentos observaram que produção de ramos e biomassa total foram afetados pelos espaçamentos, ressaltando que quanto menor o espaçamento, maior será o rendimento por hectare, o que é um ponto positivo para o cultivo de duas culturas simultaneamente. O que categoriza o sistema de cultivo em consórcio uma excelente estratégia tanto para a produção animal quanto para a otimização no uso da terra e produção de madeira.

Ressaltando que a palma não foi influenciada pela densidade da gliricídia, e que dessa forma não houve competição entre as duas. Em regiões de má distribuição de chuvas, como o semiárido por exemplo, essa tecnologia pode ser encarada como um novo modelo para produção de biomassa, assegurando a produção dos rebanhos, tendo em vista que o suporte forrageiro advém da caatinga.

Ao considerar a produção de biomassa da caatinga, estima-se que a produção de matéria seca seja de 4 t ha^{-1} , mas apenas 280 kg ha^{-1} pode ser considerado suporte forrageiro (LEITE, 2000). Dessa forma, será possível ter um excelente banco de proteína como forma de promover uma maior estabilização na produção de forragem para alimentação animal, e ao mesmo tempo uma fonte de água e energia advinda da palma forrageira. A palma apresentou maior EUC no espaçamento de 3m demonstrando ser mais eficiente, enquanto se mostrou ser mais eficiente no menor espaçamento (1m) nos dois ciclos.

Em comparação a palma é mais eficiente no aproveitamento da água, logo, plantas que obedecem ao metabolismo CAM possui uma eficiência no uso da água em até 11 vezes maior do que plantas de fisiologia C3. Ramos et al. (2011), avaliaram crescimento vegetativo de *Opuntia* em diferentes espaçamentos de plantio, observaram maior EUC na palma forrageira em espaçamentos mais adensados, com uma maior quantidade de biomassa produzida, demonstrando o potencial da palma a aumentos no arranjo mais adensado, com maior aproveitamento da chuva. Perazzo et al., (2013), ressaltaram que essa variável é de grande importância para a região semiárida, pois a mesma reflete a capacidade da palma em acumular reservas orgânicas mesmo estando em condições de escassez e irregularidade hídrica.

A eficiência de uso total da chuva apresentou diferença ($P>0,05$) onde, o espaçamento 1m foi superior aos outros espaçamentos, uma vez que este corresponde a soma dos dois ciclos de avaliação. De maneira geral, a gliricídia respondeu melhor nos menores espaçamentos, comprovado pela alta EUC. Outrossim, a EUC está diretamente ligada com a produção de matéria seca total, dessa forma refletiu em maiores produções de biomassa no menor espaçamento. Assim, a diferença na eficiência do uso de água é determinante para produtividade das duas culturas em consórcio, assim a gliricídia é totalmente influenciada pela densidade de plantio.

O que aponta para um ponto positivo, indicando que não houve competição intraespecífica nos menores espaçamentos, ou competição por parte dos dois componentes vegetais em cultivo. Da mesma forma que esse evento também se aplicou para palma forrageira frente aos espaçamentos da gliricídia, ou seja, maiores produções de acordo com o aproveitamento da água da chuva.

5 CONCLUSÃO

A gliricídia pode ser utilizada em consórcio com a palma forrageira em um espaçamento de 1,0 m visto que além de não comprometer o desempenho e produção de matéria verde das duas culturas, é capaz de aumentar a eficiência do uso da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRES SOUZA, J.T.; da SILVA RIBEIRO, J.E.; de FARIAS RAMOS, J.P.; HAUSS de SOUSA, W.; SILVA ARAÚJO, J.; FERREIRA COSTA LIMA, G. e ALVES DIAS, J. Rendimento quântico e eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no Semiárido brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, v. 68, n.262, p. 272-277. 2019

ANDRADE, H.S.; MANESCHY, R.Q.; BRITO, M.A.; SILVA JUNIOR, D.R.C.; ASSIS, R.T.; ZINELI, V.P.; SILVA, R.E. COSTA, W.C.A.; OLIGATO, I.; Arranjo espacial de plantas na cultura da soja. Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH) - Araxá - MG, **Circular técnica**, n. 4, 7 p., 2014

ASSIS, R.T.; ZINELI, V.P.; SILVA, R.E. COSTA, W.C.A.; OLIGATO, I.; Arranjo espacial de plantas na cultura da soja. Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH) - Araxá - MG, **Circular técnica**, n. 4, 7 p., 2014.

BAGGIO, A.J. Possibilidade de *Gliricidia sepium* (Jacq) Steud. Para uso em Sistemas Agroflorestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n. 1, p-214-245, 1984

BARRETO, A.C.; FERNANDES, F. M. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, 2014.

CHARÁ, J.; REYES, E.; PERI, P. Sistemas silvipastoris e sua contribuição para a melhoria do uso de recursos e objetivos de desenvolvimento sustentável: Evidências da América Latina. FAO, CIPAV e Agri Benchmark, Cali, Colômbia, 2019.

Dias-Filho MB (2014) Diagnóstico de Pastagens no Brasil. Documentos 36.

Edvan, R.L.; Carneiro, M.S.S.; da Silva, E.B.;Albuquerque, D.R.; Pereira, E.S.; Bezerra, L.R; da Silva, A.L.; de Araújo, M.J. Análise de crescimento da gliricídia submetida a diferentes manejos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, n.250, p.163-169, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA-EMBRAPA. (Brasília, DF). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

GONÇALVES, W. G., JIMENEZ, R. L., ARAÚJO FILHO, J. V. D., ASSIS, R. L. D., SILVA, G. P., Pires, F. R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, v.26, n. 1, p. 67-75, 2007.

IBGE (2017) Censo Agropecuário 2017. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão Instituto. Rio de Janeiro. pp 1–108.

JALONEN, R.; TIMONE, S.; SIERRA, J.; NYGREN, P. Arbuscular mycorrhizal symbiose in a cut-and-carry forage production system of legume tree *Gliricidia sepium* and fodder grass *Dichanthium aristatum*. **Agroforest Systems**, v.87, n.2, p.319-330, 2013.

KARIM, A.B.; SAVILL, P.S. Effect of spacing on growth and biomass production of *Gliricidia sepium* (jacq) walp in an alley cropping system in Sierra Leone. **Agroforest Systems**, v.16, p. 213–222, 1991.

LEITE, E. R.; VASCONCELOS, V. R. Estratégias de alimentação de caprinos e ovinos em pastejo no nordeste do Brasil. In: Simpósio internacional sobre caprinos e ovinos de corte I, 2000. João pessoa. Anais... 2000. João Pessoa: EMEPA-PB. P 71-80.

LEITE, M.L.M.V.; SILVA, D.S.S.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W.E. Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p.192-200, 2014.

LIGUORI, G.; INGLESE, G.; PERNICE, F.; SORTINO, G.; INGLESE, P. CO₂ uptake of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. whole trees and single cladodes, in relation to plant water status and cladode age. **Italian Journal of Agronomy**, v. 8, n. 1, p. 14-20, 2013.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C. E VASCONCELOS, M. F. Cultivo da palma forrageira In: LOPES, E. B. (Ed.). **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. Paraíba: EMEPA/FAEPA, 2007. p. 11-33

MAN, V. N.; HAO, N.V. Effect of plant spacing on the growth and yield of four legume trees in the grey soil of Eastern South Vietnam. **Livestock Reseach for Rural Development**, v.5, n.1, p. 16-24, 1993.

MARTINS, J.C.R.; FREITAS, A.D.S de; MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V. de S.B. Nitrogen symbiotically fixed by cowpea and gliricidia in traditional and agroforestry systems under semiarid conditions. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.50, n.2, p.178-184, 2015.

MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife, PE: Editora Universitária UFPE, 2005. 258 p.

MUIR, J.P.; SANTOS, M.V.F.; CUNHA, M.V. Value of endemic legumes for livestock production on Caatinga rangelands. **Brazilian Journal Agricultural Science**, v.14, p.1–12, 2019.

PANTOJA, M.S. Massa de forragem e qualidade nutricional da gliricídia em Marabá, Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 1834, 2013.

PERAZZO, A.F.; SANTOS, E.M.; PINHO, R.M.A.; CAMPOS, F.S.; RAMOS, J.P.F.; AQUINO, M.M.; SILVA, T.C.; BEZERRA, H. F.C. Características agrônômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. **Ciência Rural**, v. 43, n. 10, p. 1771-1776, 2013.

PINTO, M. S. C. et al. Estimativa do peso da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) a partir de medidas dos cladódios. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2002. Recife-PE. Anais... Recife-PE: SBZ, v. 1, 2002. p.54-54.

RAMOS, J.P de F.; LEITE, M.L.M.V.; OLIVEIRA JUNIOR, S.; NASCIMENTO, J.P.; SANTOS, E.M. Crescimento vegetativo de opuntia ficus-indica em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatiga**, v. 24, n. 3, p.41-48, 2011.

SALES, A.T.; ANDRADE, A.P.; SILVA, D.S. et al. Taxa de crescimento relativo de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.1, p.340-346, 2003.

SANTOS, A. F.; PEREZ-MARIN, A.M.; SARMENTO, M.I.A. Produtividade da palma forrageira em aleias com *Gliricidia sepium* sob adubação orgânica em diferentes espaçamentos no Semiárido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n.3, p.276-281, 2018.

SILVA,N.G.M.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; MELLO, A.C.L.;SILVA,M.C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.11, p.2389-2397, 2010

CAPÍTULO II

Perfil fermentativo, populações microbianas, diversidade taxonômica e estabilidade aeróbia de silagens de ração completa a base de palma forrageira e gliricídia

RESUMO

Objetivou-se investigar os efeitos de níveis de palma forrageira em silagens de ração completa sobre o perfil fermentativo, populações microbianas, estabilidade aeróbia e diversidade taxonômica. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4x4 com seis repetições, sendo quatro rações com diferentes níveis de palma forrageira (15; 30; 45 e 60% na matéria seca) e quatro períodos de abertura (0, 15, 30 e 60 dias de fermentação). Não foi observado efeito de interação para o pH, BAL, N-NH₃ e PB (P< 0,05), porém com relação aos tempos de abertura foram verificados maiores valores de pH para o tempo 0 e menores valores para o tempo 60 (P<0,05). Foi observado efeito de interação (P<0,05) entre as rações e tempo de abertura para população de mofos e leveduras. Houve efeito (P<0,05) de interação para os teores de ácido acético, onde as dietas 15%, 30%, 45% e 60% apresentaram valores superiores no período de 60 dias (0,44, 0,41, 0,35 e 0,40 g kg⁻¹ MS, respectivamente). As silagens permaneceram estáveis durante o período de 96 horas de exposição ao oxigênio, ou seja, não houve registro elevação de temperatura em 2^oC em comparação com a temperatura ambiente durante todo o período avaliado. Quando se analisaram os tratamentos dentro do período, as dietas com 15% de palma no momento da ensilagem apresentaram uma microbiota mais rica, entretanto, à medida que aumentou o nível de palma forrageira nas dietas o índice de riqueza diminuiu. Não foi observada diferença (P<0,05) entre as dietas após o período de fermentação. Foi observado diferença significativa para o índice de riqueza e diversidade (P<0,05) (Chao1 e Shannon). Os filos bacterianos, mais abundantes foram *Proteobactéria* e *Firmicutes* e os gêneros *Lactobacillus* e *Weissella*. A palma forrageira pode ser incluída em silagens de ração completa até ao nível de 60%, de forma que atuou positivamente nos indicadores qualitativos das silagens, modulando as comunidades taxonômicas e permitindo a predominância de grupos importantes para preservação da massa ensilada.

Palavras-chave: ácido láctico, bactéria láctica, estabilidade aeróbia, sequenciamento.

ABSTRACT

The objective was to investigate the effects of forage cactus levels in complete feed silages on the fermentation profile, microbial populations, aerobic stability and taxonomic diversity. The design used was completely randomized, in a 4x4 factorial arrangement with six replications, four diets with different levels of forage cactus (15; 30; 45 and 60% in dry matter) and four opening periods (0, 15, 30 and 60 days of fermentation). No interaction effect was observed for pH, LAB, N-NH₃ and CP (P<0.05), but with respect to opening times, higher pH values were verified for time 0 and lower values for time 60 (P<0.05). An interaction effect (P<0.05) was observed between the rations and opening time for mold and yeast population. There was an interaction effect (P<0.05) for the acetic acid contents, where the 15%, 30%, 45% and 60% diets showed higher values in the period of 60 days (0.44, 0.41, 0.35 and 0.40 g kg⁻¹ MS, respectively). The silages remained stable during the 96-hour period of exposure to oxygen, that is, there was no record of an increase in temperature at 2^oC compared to the ambient temperature during the entire period evaluated. When the treatments within the period were analyzed, the diets with 15% of cactus at the time of ensiling presented a richer microbiota, however, as the level of forage cactus in the diets increased, the richness index decreased. There was no difference (P<0.05) between diets after the fermentation period. A significant difference was observed for the richness and diversity index (P<0.05) (Chao1 and Shannon). The most abundant bacterial phyla were *Proteobacteria* and *Firmicutes* and the genera *Lactobacillus* and *Weissella*. Forage cactus can be included in complete feed silages up to the 60% level, so it acted positively on the qualitative indicators of the silages, modulating the taxonomic communities and allowing the predominance of important groups for the preservation of the ensiled mass.

Keywords: lactic acid, lactic bacteria, aerobic stability, sequencing.

1 INTRODUÇÃO

As novas tecnologias que otimizam a técnica da conservação de alimentos através da ensilagem, tem sido alvo de pesquisas em diversas partes do planeta, com o objetivo de melhorar o aproveitamento dos recursos alimentares e intensificar a produção de ruminantes. Neste sentido, a utilização de silagens de ração total torna-se uma alternativa que atende esse requisito, por se tratar de uma técnica que traz consigo uma proposta de se ter a formação de uma mistura homogênea pela combinação de ingredientes dentro do silo, minimizando a ocorrência da seleção dos ingredientes por parte dos animais, que promove melhorias no desempenho dos rebanhos, além de diminuir custos quando comparada as rações convencionais.

As vantagens de se fornecer o alimento na forma de silagem de ração completa consistem em melhorar a eficiência energética e proteica rúmen, além de estabilizar as atividades microbianas. No caso de silagens á base de palma e gliricídia, essa técnica aproveita a co-ensilagem de uma cactácea e uma leguminosa, que garantem o equilíbrio da necessidade de fibra e proteína dos ruminantes, otimizando assim o sistema de produção do ponto de vista nutricional.

Com objetivo de ensilar plantas forrageiras com alto teor de umidade para criar silagens na forma de ração, Macêdo et al. (2018) categorizaram a *Opuntia* como uma opção a ser ensilada tanto para adaptação em semiáridas e por seu baixo teor de MS, para fornecer uma fonte de água para o animal. Além disso, a palma contribui para o fornecimento de substratos fermentáveis para bactérias de ácido láctico, que os convertem em ácidos orgânicos, garantindo a preservação da massa ensilada

Como o processo fermentativo é extremamente dependente da comunidade de microrganismos associados, o estudo dessa diversidade torna-se essencial e como esta muda ao longo do período de fermentação. Todavia, não há estudos publicados acerca da estrutura e composição bacteriana em silagens de rações completas a base de palma forrageira acessados por meio da técnica de sequenciamento, embora a palma já seja amplamente utilizada em silagens em várias partes do mundo.

Assim, objetivou-se investigar os efeitos de níveis de palma forrageira em silagens de ração completa a base de palma forrageira e gliricídia sobre o perfil fermentativo, populações microbianas, estabilidade aeróbia e diversidade taxonômica das silagens.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Considerações locais de execução do experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Forragicultura pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, inserida na microrregião do Brejo Paraibano, situado pelas coordenadas geográficas 6° 58' 12" de latitude Sul, 35° 42' 15" de longitude Oeste de Greenwich e 619 m de altitude. A palma utilizada foi a da variedade Orelha de Elefante mexicana (*Opuntia spp*) e a gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4x4 com quatro repetições, sendo quatro níveis de palma forrageira nas rações (15, 30, 45 e 60%) com base na matéria seca e quatro períodos de abertura (0, 15, 30 e 60 dias de fermentação) totalizando 64 unidades experimentais. As rações foram formuladas para atender os requisitos nutricionais de cordeiros para um ganho de peso diário de 200 g (NRC, 2007), incluindo os seguintes ingredientes: palma forrageira, gliricídia, farelo de soja e farelo de milho em mistura completa (Tabela 1).

Foram confeccionados 64 silos experimentais (15 cm de diâmetro × 40 cm de altura) cloreto de polivinilo (PVC) e selados hermeticamente. No fundo dos silos adicionou-se 1 kg de areia para captura dos efluentes. A palma forrageira e a gliricídia foram colhidas de uma área de plantio consorciado de 2.371,4 m². A palma foi cultivada em espaçamento duplo, 1,5 x 0,5 metros, e a gliricídia na entrelinha da palma, utilizando espaçamento entre plantas de 1,5 m , após um ano de implantação.

As plantas foram colhidas manualmente e picadas em forrageira estacionária (PP-35, Pinheiro máquinas, Itapira, São Paulo, Brasil) com tamanhos de partícula de aproximadamente 2,0 cm. Em seguida os silos experimentais foram fechados com tampa de PVC dotados de válvulas tipo Bunsen, lacrados com fita adesiva e acondicionados sob temperatura ambiente. A cada período de abertura 4 silos de cada tratamento foram abertos.

Tabela 1-Proporções de ingredientes nas silagens experimentais e composição química dos ingredientes e dietas com base na matéria seca (MS)

Ingredientes	Palma nas silagens (% MS)			
	15	30	45	60
Palma	15,7	30,1	43,4	55,7
Gliricídia	64,8	51,2	38,7	27,0
Farelo de Soja	0,0	0,9	1,7	2,5
Milho	18,7	17,1	15,5	14,1
Suplemento mineral	0,4	0,4	0,4	0,4
Cloreto de amônia	0,3	0,3	0,3	0,3
Composição nutricional dos ingredientes (g kg ⁻¹ MS)				
Item	Palma	Gliricídia	Farelo de Soja	Milho
Matéria seca	63,40	247,55	884,60	880,93
Proteína bruta	43,36	170,92	452,10	88,90
Extrato etéreo	0,40	0,90	19,40	33,50
Fibra em detergente neutro	260,44	465,33	147,82	169,55
Carboidratos não fibrosos	590,84	310,27	275,62	610,12
Composição físico-química das rações (g kg ⁻¹ MS)				
Matéria seca	474,1	496,8	465,3	432,4
Proteína bruta	140,08	140,47	140,85	141,23
Extrato etéreo	57,36	53,54	49,72	45,90
Fibra em detergente neutro	283,00	269,60	256,20	242,80
Carboidratos Solúveis	92,00	96,48	99,00	99,20

2.2 Avaliações de pH, ácidos orgânicos e populações microbianas

Os valores de pH foram determinados pela coleta de uma amostra de aproximadamente 25 g do material ensilado de cada tratamento e adicionado 100 mL de água. A leitura foi realizada após 1 h, de acordo com a metodologia descrita por Bolsen et al. (1992), utilizando-se um potenciômetro. A análise de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Detmann et al. (2012). Para a análise de ácidos orgânicos [ácido láctico (AL), ácido acético (AA), ácido propiônico (AP)] utilizou-se um Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), marca SHIMADZU (Fabricado em Dallas, Texas, Estados Unidos da América), modelo SPD-10^a VP acoplado ao Detector Ultra Violeta (UV) utilizando-

se um comprimento de ondas: 210 nm; Coluna: C18 (Fase Reversa); Marca: SUPELCO; Medida: 30 cm × 4,5 mm de diâmetro; Fluxo na Coluna de 0,6 ml/minuto; Pressão na Coluna: 87 Kgf; Fase Móvel: Água em 1% de Ácido Sulfúrico e Volume Injetado: 10 ul, será retirado 10 g de amostras que serão diluídas em 90 mL de água destilada e filtradas através de papel de filtro Whatman (KUNG JR e RANJIT, 2001).

Para avaliação das populações microbianas, coletaram-se 25g de amostra fresca de silagens extraídas de acordo com o período de abertura predefinido, adicionadas em duzentos e vinte e cinco mililitros (225 mL) de água destilada. Para a contagem de bactérias lácticas (BAL), as amostras foram plaqueadas em MRS (Difco) utilizando placas de Petri e incubadas a 37 ° C durante 48 hs antes da contagem. Os mofos e leveduras (ML) foram quantificados por meio da técnica de *pour-plating* em ágar batata dextrose (Difco) que foi acidificada pela adição de 1,5% de ácido tartárico a 10% (p / v) e as placas foram incubadas a 25 ° C por 5 dias. As colônias foram contadas a partir de placas de diluições apropriadas contendo 30 a 300 ufc.

2.3 Avaliação da estabilidade aeróbia

O ensaio de estabilidade aeróbia foi avaliado por meio de monitoramento da temperatura interna das silagens expostas ao ar. As amostras de silagem foram colocadas sem compactação em silos experimentais de PVC sem tampa e mantidas em ambiente fechado com temperatura controlada (25°C). As temperaturas foram verificadas a cada trinta minutos por meio de termômetros (digital de imersão) posicionados no centro da massa de silagem, durante um período de 96 horas. Foi considerado o início da deterioração quando a temperatura interna das silagens atingiu 2°C acima da temperatura ambiente (KUNG JR et al., 2000).

2.4 Análise da composição química

As amostras das dietas e dos respectivos ingredientes utilizados na formulação das rações experimentais foram secas em estufa de ventilação de ar forçado a 55°C por 72 horas, moídas em um moinho de facas (moinho Willey, Arthur H. Thomas, PA, EUA) com uma tela de 1 mm e armazenados em recipientes de plástico para determinação de matéria seca (MS) {AOAC (1990); método 934.01}, Extrato etéreo (EE; AOAC, 2005, método número 920.39). A proteína bruta (PB) foi calculada determinando o teor de nitrogênio total usando a técnica micro-Kjeldhal {AOAC (1990); método 920.87} e usando um fator de conversão fixo (6,25). A concentração de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foi determinada através da metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemist {AOAC (1990); método 973.18}, com α -amilase.

2.5 Análise da comunidade bacteriana de silagens por metataxônomia do gene *rRNA* ribossomal 16S utilizando sequenciamento de alto desempenho

As análises de comunidade bacteriana foram realizadas no material antes da ensilagem e após 60 dias após a ensilagem. Três dos quatros tratamentos foram escolhidos para representar o menor nível (15%), níveis intermediários (45%) e o mais alto (60%) de palma. A extração do DNA das amostras de silagens foram realizadas utilizando-se o kit comercial (Power Soil DNA Isolation kit, MoBio, Carlsbad, CA), conforme recomendação do fabricante, A região V3-V4 do gene RNAr 16S foi amplificada por PCR (95 ° C por 3 min, seguido por 25 ciclos a 95 ° C por 30 s, 55 ° C por 30 s e 72 ° C por 30 s e uma extensão final a 72 durante 5 min) utilizando os iniciadores 16S Amplicon PCR Forward Primer = 3' TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAGCCTACGGGNGGCWGCAG' e 16S Amplicon PCR Reverse Primer = 5' - GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAGGACTACHVGGGTATCTAATCC 3'. As reações de PCR foram realizadas em triplicada, em volume final de 25µL contendo 12.5 µL de 2x kapa hifi hotstart readmix, 5 µL de cada primer e 2.5 ng de DNA molde. Os produtos de PCR purificados foram quantificados por fluorometria utilizando Qubit 3.0 (Life Invitrogen).

A biblioteca foi preparada usando os adaptadores do “Nextera XT sample Prep Kit” (Illumina). Posteriormente, os fragmentos de DNA foram purificados com Agencourt AMPure XP reagent (Beckman). Após a purificação, a biblioteca foi validada no Fragment Analyser (Agilent Technologies). Foi realizado o sequenciamento *paired-end* em Miseq utilizando o kit V2 para 2 x 250 pb (Illumina), de acordo com recomendações do fabricante.

2.6 Processamento de dados de sequenciamento

As sequências brutas, desmultiplexadas e em pares, foram submetidas ao processamento pela plataforma QIIME 2 v.19.7 (BOLYEN et al. 2018), onde foram unidas, selecionadas pelos tamanhos máximo e mínimo (200-500 pb), Phred score mínimo de 20 e de-replicadas, por meio do VSEARCH (ROGNES, T. et al, 2016). Sequências quiméricas foram removidas utilizando o UCHIME (EDGAR, RC. et al, 2011). O agrupamento (*clusterization*) foi realizado pelo método *De Novo*, com 99% de similaridade entre os grupos centroídes, no qual foi possível obter as OTUs (*Operational Taxonomic Unit*). O número de sequências por amostra foi normalizado em 14900 *reads*, a fim de efetuar as análises de diversidade ecológica alfa (riqueza uniformidade) e beta (análise de componentes principais); alinhadas pelo mafft

(KATOH et al, 2002) e, então, utilizadas para a construção da árvore filogenética pelo fasttree2 (PRICE et al, 2010). As visualizações da composição taxonômica, mormente à abundância relativa e à alfa diversidade, foram realizadas pelo pacote phyloseq v.1.8.2 (MCMURDIE e HOLMES, 2013) do programa R v.3.5.7. A classificação taxonômica foi atribuída utilizando o método Naïve Bayes sobre o banco de dados treinados do SILVA v. 132 com 99% para região V3-V4 (QUAST, C. et al, 2013).

A avaliação da diversidade alfa foi feita por meio da estimativa dos índices ecológicos de riqueza e de uniformidade das comunidades, respectivamente, Chao1 e Shannon. Já para a diversidade beta, procedeu-se através da visualização gráfica da Análise Componentes Principais (PcoA – Principal Coordinate Analysis), sendo a métrica qualitativa não-ponderada (*unweighted*) de eleição para a montagem da matriz de distância base para a análise, gerada do Unifrac (LOZUPONE, C. e KNIGHT, R., 2005).

2.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade, utilizando-se o SAS® System for Windows™ 9.4 (Instituto SAS Inc., Cary - NC: USA), de acordo com o modelo estatístico abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta \times ij) + \sum_{ijk}$$

Onde: Y_{ijk} = variável dependente, μ = média geral, α_i = efeito fixo dos níveis de palma forrageira, β_j = efeito do j-ésimo tempo, $\alpha\beta \times ij$ = interação entre os níveis de palma e o tempo, \sum_{ijk} = erro aleatório associado com cada observação.

Os índices de diversidade alfa foram avaliados por meio do teste Kruskal-Wallis pareado, enquanto a dissimilaridade entre os tratamentos foi averiguada pelo método permutacional multivariada (PERMANOVA).

3. RESULTADOS

3.1 Populações microbianas e perfil fermentativo

Não foi observado efeito de interação para o pH, BAL, N-NH₃ e PB (P < 0,05), porém com relação aos tempos de abertura, foram verificados maiores valores de pH para o tempo 0 e menores valores para o tempo 60 (P < 0,05) (Tabela 2). Por outro lado, maiores valores de BAL foram observados nos tempos de 30 e 60 dias em todas as dietas, e como esperado, menores valores no momento da ensilagem em todas as silagens. Vale ressaltar que essas populações

estabilizaram no período de 30 dias.

Tabela 2- Potencial hidrogenionico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH₃), proteína bruta (PB), conatgem de bacterias ácido láctico (BAL), mofos e leveduras (ML) (log¹⁰ cfua /g silagem) em silagens de ração completa a base de palma e gliricídia

Palma (%)	Período de abertura (dias)				Média	EPM	P-valor		
	0	15	30	60			Palma	Temp	Palm*Temp
pH									
15%	5,42	4,26	4,20	4,00	4,46 ^{AB}				
30%	5,45	4,12	4,04	4,00	4,39 ^A				
45%	5,23	4,09	4,04	4,02	4,17 ^{BC}	0,052	0,001	<0,000	0,105
60%	5,13	4,03	4,00	4,00	4,11 ^C				
Média	5,29 ^a	4,12 ^b	4,07 ^b	4,00 ^c					
N-NH ₃ (%N total)									
15%	0,037	0,039	0,042	0,053	0,043 ^A				
30%	0,037	0,044	0,052	0,052	0,046 ^A				
45%	0,049	0,054	0,052	0,053	0,052 ^A	0,001	0,185	0,000	0,228
60%	0,038	0,057	0,058	0,059	0,053 ^A				
Média	0,041 ^b	0,04 ^{ab}	0,051 ^a	0,055 ^a					
PB (g/kg ⁻¹ MS)									
15%	144,6	142,4	141,0	139,6	141,9 ^A				
30%	142,2	140,0	140,0	138,8	140,2 ^A				
45%	143,0	142,5	141,0	138,0	141,1 ^A	0,11	0,274	0,362	0,069
60%	140,9	140,0	139,8	130,84	139,7 ^A				
Média	142,7 ^a	141,2 ^a	140,4 ^a	138,7 ^a					
BAL									
15%	5,1	5,6	7,0	7,3	6,3 ^A				
30%	5,1	5,6	6,9	7,3	6,2 ^A				
45%	5,4	5,5	6,5	7,3	6,2 ^A	0,27	0,867	<0,000	0,996
60%	4,4	5,4	6,5	7,4	6,0 ^A				
Média	5,0 ^b	5,5 ^b	6,7 ^a	7,4 ^a					
ML									
15%	7,0 ^{Aa}	5,1 ^{Aa}	3,9 ^{Ab}	2,3 ^{Ac}	4,6				
30%	6,6 ^{Aa}	4,7 ^{Ab}	3,0 ^{Ac}	3,6 ^{Ac}	4,5				
45%	5,5 ^{Aa}	4,0 ^{Aa}	3,3 ^{Ab}	3,8 ^{Ab}	4,1	0,18	0,370	<0,000	0,007
60%	5,5 ^{Aa}	5,2 ^{Aa}	3,7 ^{Ab}	3,6 ^{Ab}	4,5				
Média	6,2	4,7	3,5	3,3					

Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas e letras minúsculas nas linhas diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. ^a unidades formadoras de colônias; EPM: erro padrão da média.

Foi observado efeito de interação (P<0,05) entre os fatores para a população de ML. As dietas no momento da ensilagem apresentaram maiores médias (6,21 log¹⁰ufc/g de silagem) quando comparadas com as dietas nos outros tempos de abertura, entretanto não apresentaram

diferença significativa ($P>0,05$) nos níveis. Logo após, as dietas apresentaram valores de desenvolvimento ML baixos e ao longo dos períodos de abertura, esses valores diminuíram, permanecendo em torno de 3,5-3,3 log ufc/g.

Houve efeito de interação ($P<0,05$) nos teores de ácido láctico (Tabela 3). Valores mais altos foram observados para as dietas com 60% de palma aos 60 dias (3,98g/ kg de matéria seca). Além disso, valores mais baixos foram observados no dia 0 para todos os níveis de palma estudados, com média (0,96g / g kg⁻¹ MS). Efeito de interação ($P<0,05$) foi observado para os teores de ácido acético, onde as dietas 15%, 30%,45% e 60% apresentaram maiores valores no período de 60 dias (0,44, 0,41,0,35 e 0,40 g kg⁻¹ MS, respetivamente) quando comparado com os demais períodos de abertura. Ocorreu variação para o ácido propiônico ($P <0,05$), nas dietas avaliadas e períodos de abertura. No entanto, maiores valores foram observados nas dietas com 15% de palma no período de 30 dias (0,62 g kg⁻¹ MS), seguida da dieta com 30% de palma no período de 60 dias (0,35 g kg⁻¹ MS).

Tabela 3-Concentrações de ácidos orgânicos (g kg⁻¹ MS) das silagens de ração completa à base de palma e gliricídia

Palma (%)	Período de abertura (dias)				Média	EPM	p-value		
	0	15	30	60			Palma	Temp	Palm*Temp
Ácido láctico									
15%	1,66 ^{Ab}	2,93 ^{Aa}	2,48 ^{Ba}	3,02 ^{Ba}	2,52	0,071	0,063	<0,001	<0,001
30%	0,83 ^{Bb}	2,99 ^{Aa}	2,96 ^{ABa}	3,01 ^{Ba}	2,45				
45%	0,93 ^{Ab}	2,81 ^{Aa}	3,27 ^{Aa}	3,01 ^{Ba}	2,51				
60%	0,43 ^{Bb}	3,23 ^{Aa}	3,56 ^{Aa}	3,98 ^{Aa}	2,81				
Média	0,96	2,99	3,07	3,25					
Ácido acético									
15%	0,30 ^{Ab}	0,30 ^{ABb}	0,62 ^{Aa}	0,44 ^{Ab}	0,42	0,015	<0,001	<0,001	<0,001
30%	0,17 ^{ABc}	0,29 ^{Bb}	0,32 ^{Ba}	0,41 ^{Aa}	0,30				
45%	0,15 ^{ABc}	0,29 ^{Bb}	0,28 ^{Bb}	0,35 ^{Aa}	0,27				
60%	0,07 ^{Bb}	0,36 ^{Aa}	0,34 ^{Ba}	0,40 ^{Aa}	0,29				
Média	0,17	0,31	0,39	0,40					
Ácido propiônico									
15%	0,32 ^{Ab}	0,13 ^{Ac}	0,62 ^{Aa}	0,49 ^{Ab}	0,39	0,03	<0,001	<0,001	0,027
30%	0,15 ^{Bb}	0,13 ^{Ab}	0,41 ^{Ba}	0,35 ^{Aa}	0,26				
45%	0,12 ^{Ba}	0,07 ^{Bb}	0,11 ^{Ca}	0,17 ^{BCa}	0,11				
60%	0,07 ^{Cb}	0,16 ^{Aa}	0,22 ^{Ba}	0,19 ^{BCa}	0,16				
Média	0,16	0,12	0,34	0,30					

MS = Matéria Seca; Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas e letras minúsculas nas linhas diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. SEM: Erro padrão da média.

O mesmo comportamento foi observado quanto aos teores de ácido acético ($P<0,05$) porém, valores menores quando comparado ao ácido láctico. A dieta com 15% de palma foi aquela que apresentou maiores valores nos períodos crescentes de abertura, muito embora tenha reduzido

no período de 60 dias quando comparado ao período de 30 dias.

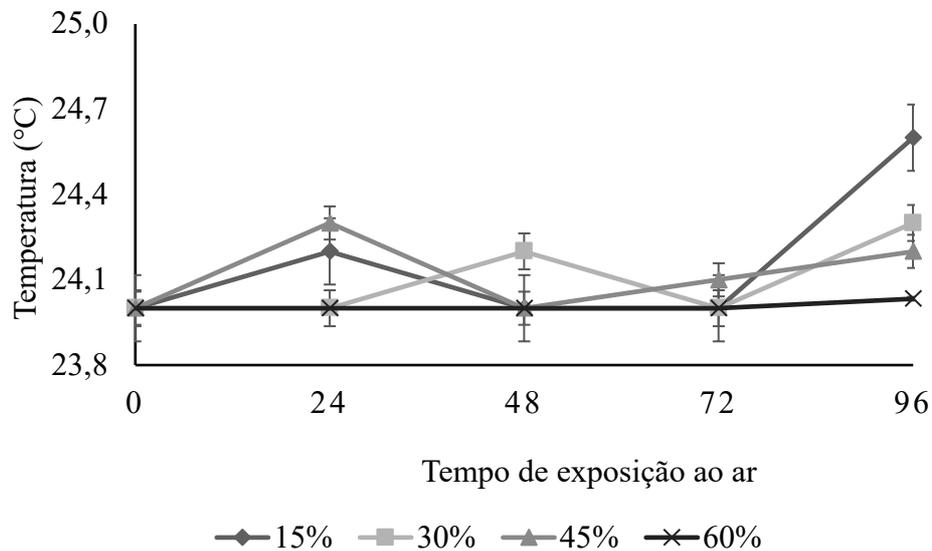


Figura 1-Estabilidade aeróbia de silagens de ração completa à base de palma e gliricídia expostas por 96 horas ao oxigênio

Os resultados para avaliação da estabilidade aeróbia são apresentados na figura 1. Os dados mostraram que as silagens permaneceram estáveis durante o período de 96 horas de exposição ao oxigênio, ou seja, não houve elevação de temperatura em 2°C em comparação com a temperatura ambiente durante todo o período avaliado.

3.2 Diversidade Taxonômica

O nível de 45% no momento da ensilagem não foi incluído na análise devido este não ter apresentado uma quantidade significativa de sequências, valores inferiores a 3000 leituras. Foi observado diferença significativa para o índice de riqueza ($P < 0,05$) (Chao1), esse índice revelou que os grupos taxonômicos se diferenciaram quando se comparam os períodos de fermentação (Figura 2).

Quando se analisaram os tratamentos dentro do período, as dietas com 15% de palma no momento da ensilagem apresentaram uma microbiota mais rica, entretanto, à medida que aumentou o nível de palma forrageira nas dietas o índice de riqueza diminuiu. Não foi observada diferença ($P < 0,05$) entre as dietas após o período de fermentação.

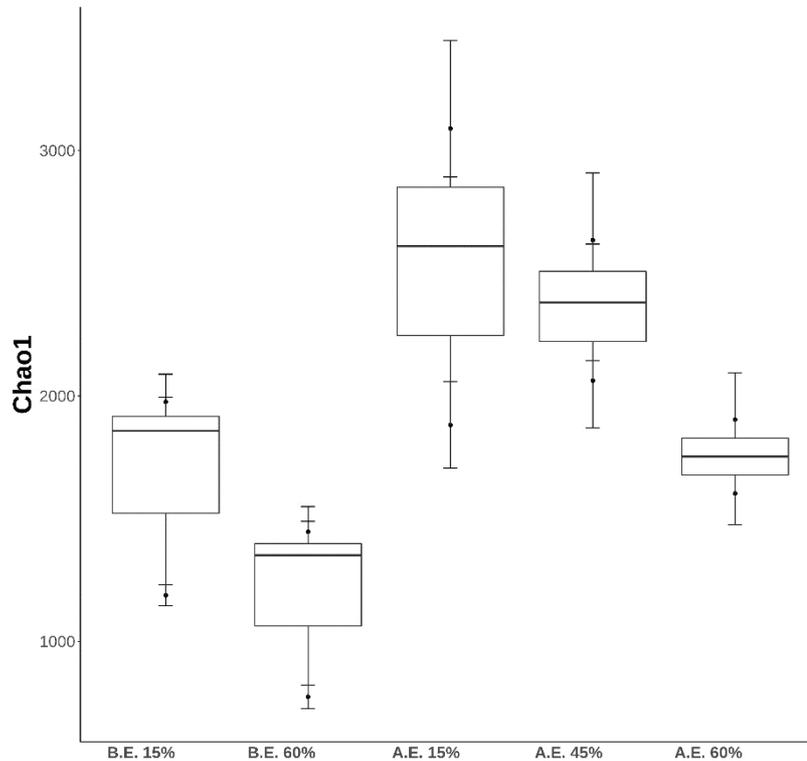


Figura 2-Índice de riqueza (Chao1) das silagens de ração completa à base de palma e gliricidia em diferentes períodos de fermentação. BE = antes da ensilagem (15% e 60% de palma na silagem; AE = após 60 dias de ensilagem (15%, 45% e 60% de palma na silagem)

Com relação a diversidade (índice de Shannon), seguiu o mesmo comportamento e dessa forma a comunidade bacteriana no momento da ensilagem se apresenta com uma diversidade superior ($P < 0,05$). Os resultados da pesquisa, também mostraram que houve considerável redução na diversidade da comunidade bacteriana sobre efeito da fermentação ao longo do tempo, independente dos níveis de palma nas dietas (Figura 3).

De forma exploratória, a distribuição espacial das amostras de silagens pela análise de componentes principais (PCoA), mostrou diferença significativa ($P < 0,05$) entre os períodos de fermentação, e pouca dissimilaridade entre os tratamentos propostos, apesar de ter sido observado separação entre as amostras considerando os tratamentos (Figura 4).

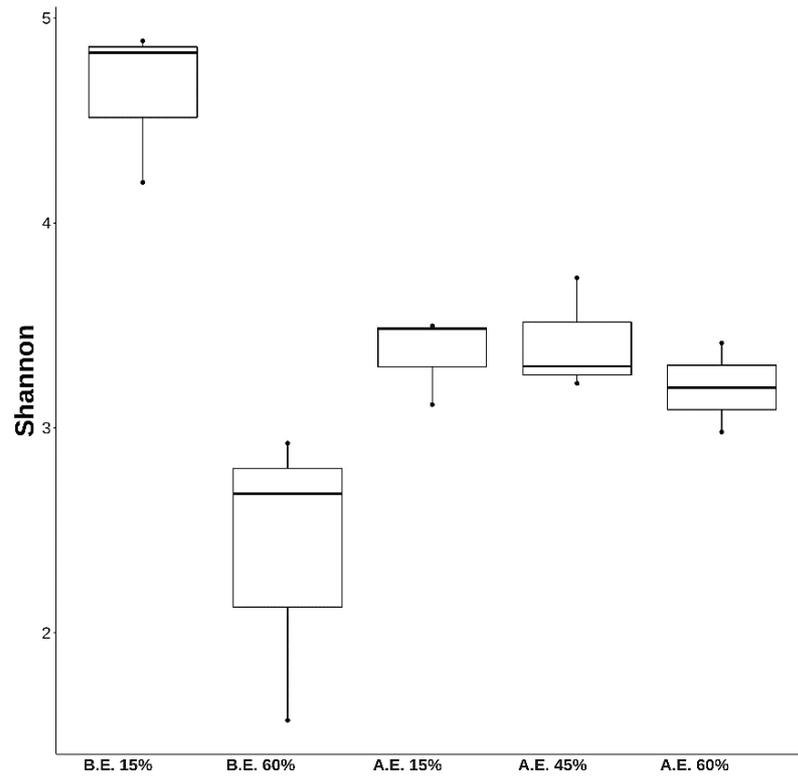


Figura 3-Índice de diversidade (Shannon-Wiener) de silagens de ração completa à base de palma e gliricídia em diferentes períodos de fermentação. BE = antes da ensilagem (15% e 60% de palma na silagem; AE = após 60 dias de ensilagem (15%, 45% e 60% de palma na silagem)

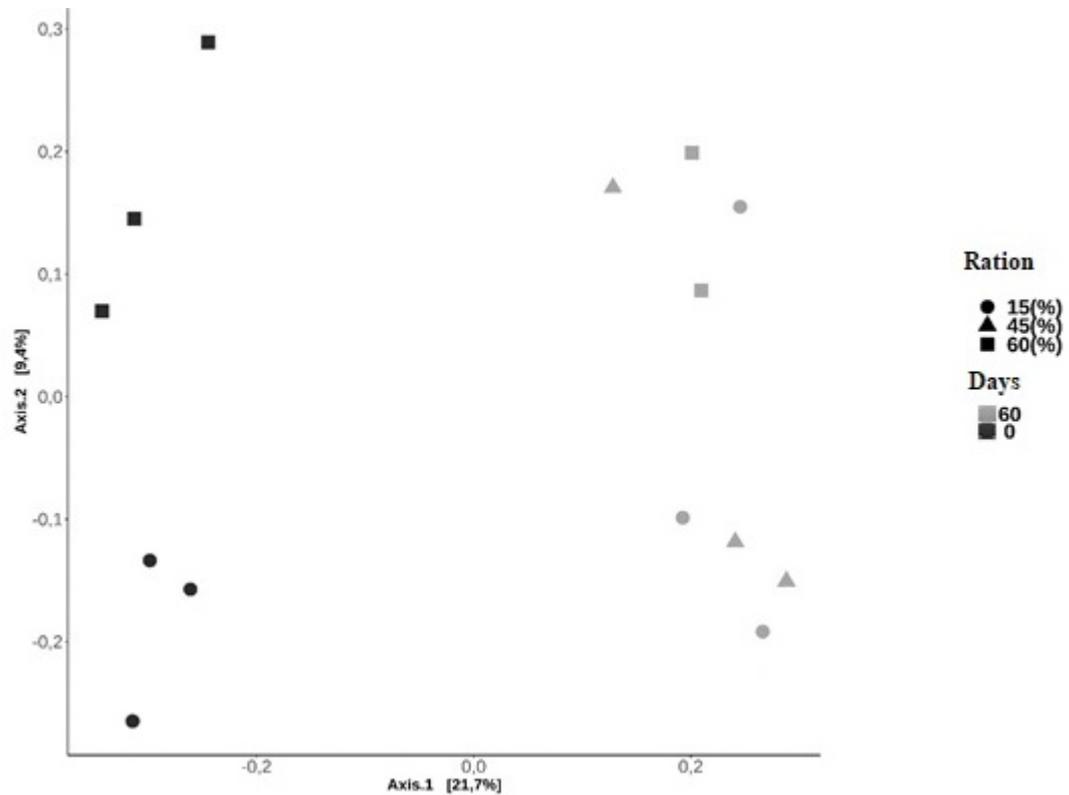


Figura 4-Análise das coordenadas principais (PCoA) Distâncias ponderadas do UniFrac para a comunidade bacteriana de silagens de ração completa à base de palma e gliricidia para os períodos de fermentação de 0 e 60 dias

Em geral, a profundidade taxonômica das comunidades bacterianas foi caracterizada pela ocorrência de dois filos bacterianos, sendo que os mais abundantes *Proteobactéria* e *Firmicutes* (Figura 5). Quanto ao gênero, nove tipos de gêneros foram identificados, em que os mais abundantes foram *Dickeya*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Lactobacillus* e *Weissella* (Figura 6).

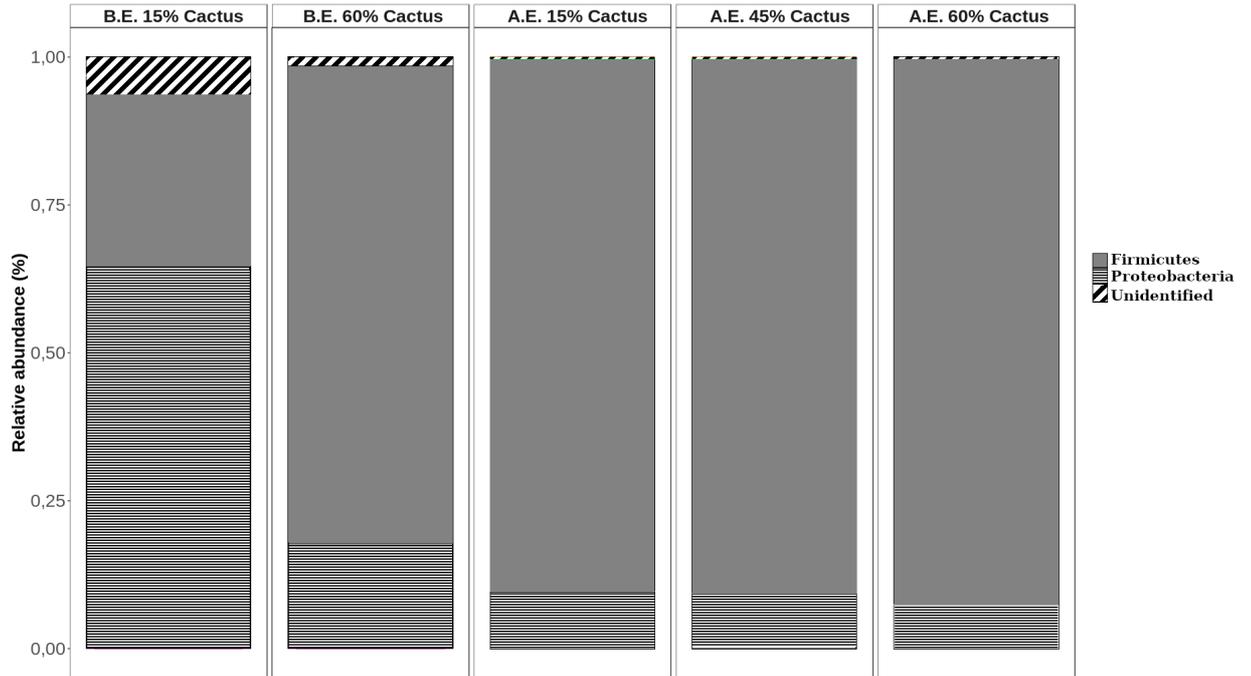


Figura 5-Afiliações taxonômicas ao nível do filo de comunidades bacterianas de silagens de ração completa à base palma e Gliricidia em diferentes períodos de fermentação. BE = antes da ensilagem (15% e 60% de palma na silagem; AE = após 60 dias de ensilagem (15, 45% e 60% de palma na silagem)

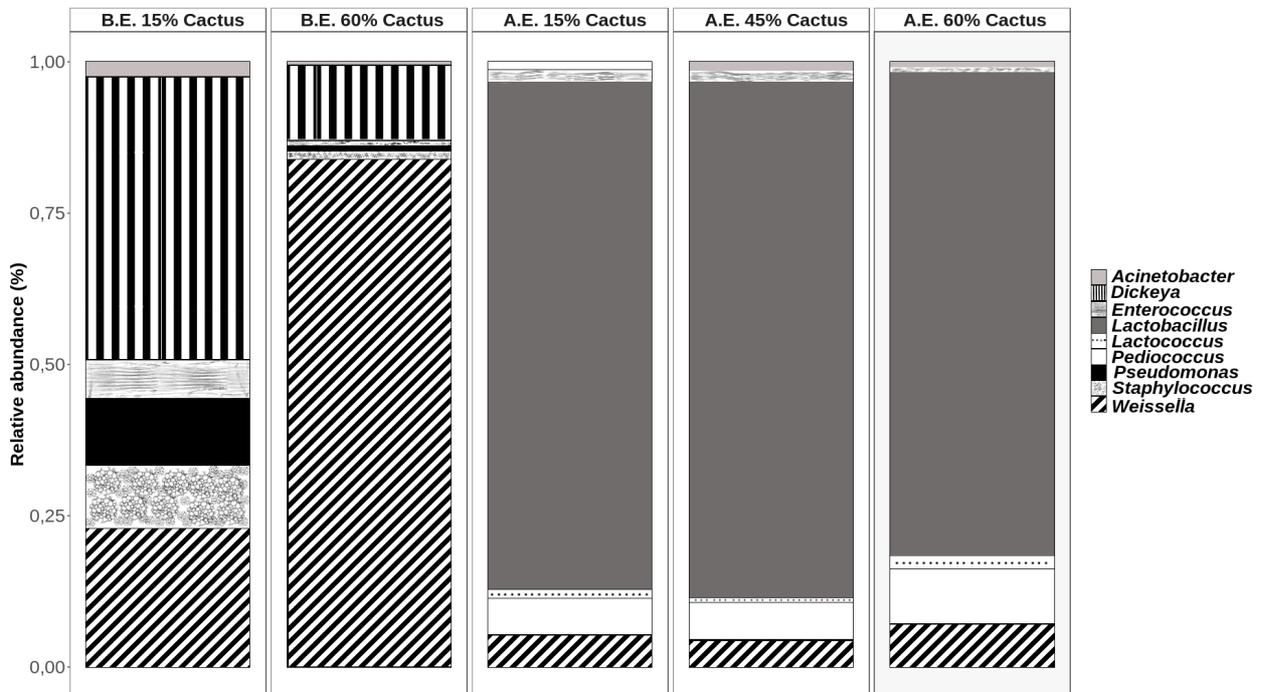


Figura 6-Afiliações taxonômicas ao nível de gênero de comunidades bacterianas de silagens de ração completa à base de palma e gliricidia em diferentes períodos de fermentação. BE = antes da ensilagem (15% e 60% de palma na silagem; AE= após 60 dias de ensilagem (15%, 45% e 60% de palma na silagem)

Com relação ao período de fermentação (60 dias), as silagens apresentaram a mesma composição taxonômica em gêneros. O gênero *Lactobacillus* foi o mais abundante e comum para todos os níveis avaliados (95%), seguindo de *Prevotella* e *Weissella* (0,2%). Foi clara a variação da estrutura das comunidades bacterianas compondo amostras contrastantes no momento da ensilagem e após passar o período de fermentação.

4 DISCUSSÃO

4.1 Populações microbianas e perfil fermentativo

O processo fermentativo que acontece em silagens com palma compondo silagens de ração completa, é similar ao que ocorre em outros tipos de silagens. E dessa forma, os valores obtidos neste estudo estão de acordo com os valores propostos por McDonald et al. (1991), em silagens de milho.

Essas silagens são de boa qualidade e com adequada fermentação, pois todas as silagens apresentaram pH satisfatório, em torno de 4 independente do período de abertura. Além disso, os teores de N-NH₃ variaram de 0,041 a 0,055 (% N total). Costa et al. (2016) afirmaram que silagens bem fermentadas devem apresentar níveis abaixo de 100g/ kg de nitrogênio total). Em relação aos valores de proteína bruta, as silagens mostraram valores adequados para uma dieta que atende os requerimentos nutricionais de cordeiros, como indicado pelo NRC (2007), que recomenda cerca de 130g para um ganho de peso de 200 g/dia.

Todas as dietas apresentaram resultados semelhantes para a propagação de bactérias do ácido lático. De maneira geral, o ambiente do silo por si é um fator limitante ao crescimento de certos microrganismos, podendo ser explicado em função das alterações das condições presentes no interior.

As BAL são predominantes pois constituem a microbiota essencial para a fermentação da silagem, sendo geralmente presentes nas forragens em população 1000 vezes menor que seus competidores, fungos e enterobactérias, mas podem se multiplicar rapidamente após a ensilagem quando o oxigênio é totalmente expulso (McDONALD et al., 1991).

Esses resultados são corroborados pelos achados de Chekir et al. (2013) ao avaliarem o perfil de fermentação de silagens de ração completa a base de palma, soro de leite e grãos de cevada com diferentes proporções de palma, onde encontraram padrão de fermentação adequado, com valores de pH dentro do intervalo adequado e predominância de BAL. A palma forrageira além de ser rica em água e carboidratos não fibrosos, possui concentrações elevadas de pectina, que proporcionam elevadas taxas de fermentação e, conseqüentemente, uma liberação rápida de açúcares solúveis, que são, por sua vez, eficientemente utilizados pelos

grupos microbianos, especialmente BAL (TEGEGNE et al., 2007).

De forma esperada, as contagens de ML foram maiores nos primeiros momentos da ensilagem, e em seguida essas populações diminuíram em razão da anaerobiose e pela intensa fermentação láctica no interior do silo. As silagens na forma de ração neste experimento apresentaram indicadores características fermentativas adequadas. Consequentemente, mofos e leveduras causaram pouco dano ao processo de fermentação.

De acordo com França et al. (2011) a relação entre ácido láctico e acético, entre outros, são parâmetros de grande valor na avaliação do processo de fermentação de uma silagem. As silagens são produzidas objetivando uma quantidade proporcionalmente maior de ácido láctico em comparação com ácido acético, indicando qualidade de fermentação da massa ensilada, entretanto é desejável a presença do ácido acético que irá contribuir na inibição de leveduras e assim assegurar elevada estabilidade aeróbia das silagens após a abertura dos silos. Os valores de ácido acético observados para todas as rações corroboram com o mínimo para assegurar o controle de leveduras e elevada estabilidade aeróbia das silagens (McDONALD et al., 1999).

A provável explicação para os adequados teores de ácido acético das silagens pode ser a ocorrência de elevadas populações de BAL heterofermentadoras, em função da redução menos acentuada do pH ao longo do período de fermentação. Isso explica a predominância do gênero *Weissella* nas silagens. Resultados semelhantes foram observados por Macêdo et al. (2018) em silagens de rações a base de palma forrageira. Quanto aos teores de ácido propiônico, as dietas apresentaram valores variados nos tempos de abertura, observando-se maiores médias para as dietas 15 e 30% de palma tanto no momento da ensilagem (tempo 0) quanto nos períodos de 15 e 30 dias de abertura, enquanto para o tempo de 60 dias não houve diferenças. Valores de ácido propiônico acima do limite estabelecido indicam degradação do ácido láctico, o que não foi evidenciado no presente trabalho visto que os teores de ácido propiônico ficaram abaixo de 0,5 e os valores de ácido láctico foram bem superiores.

O ácido propiônico ocorre em menor escala, como reportado por Muck (2010) e é produzido por bactérias propiônicas e BAL heterofermentativas com potencial antifúngico, durante a fase inicial e final da ensilagem, o ácido propiônico por sua vez, pode eficazmente contribuir para atividade de microrganismos indesejáveis.

As análises dos resultados obtidos na avaliação de estabilidade aeróbia mostraram que a palma quando incluída em dietas de ração completa, cumpriu sua função de desencadear a fermentação láctica e acética e que reflete em melhor padrão fermentativo, da mesma forma que o ácido acético também produzido durante a fermentação, cumpriu um papel importante ao garantir estabilidade aeróbia nas silagens.

Nesse mesmo sentido, Wang e Nishino. (2013) observaram que silagem de ração completa possui alta estabilidade aeróbia após abertura do silo, o que auxilia a conservação da massa verde e que por sua vez, viabiliza a técnica da ensilagem de rações completas como mistura única dentro do silo.

Neste panorama, uma característica interessante para silagens com inclusões de palma nas rações seria a concentração de acético, favorecendo o crescimento de BAL heterofermentativa pelo lento declínio do pH das silagens, devido à presença de substâncias tamponantes, como oxálico, málico, cítrico, ácido malônico, succínico e tartárico resultante do metabolismo ácido das crassuláceas (ABIDI et al., 2009; PETERA et al., 2015; ISAAC, 2016).

Alguns destes ácidos podem exercer ação antifúngica, que está associada as concentrações de ácido acético que garante alta estabilidade aeróbia da silagem quando se tem a palma como um componente das rações. Esses resultados corroboram com os achados por Pereira et al. (2020), quando expuseram silagens de *Nopallea ssp* ao oxigênio por 96 horas, e que também não observaram quebra da estabilidade aeróbia.

4.2 Diversidade Taxonômica

A microbiota das amostras no momento da ensilagem é bastante rica e diversa, sendo a descrição da comunidade adequada, a partir do número de sequências obtidas. A diversidade, bem como a riqueza de bactérias encontradas a nível de campo já é bem conhecida, e a redução desses índices da comunidade de bactérias, apresenta relação direta com a alteração nas condições ambientais de um (micro) ecossistema que pode representar um tipo de perturbação a sua comunidade, e dessa forma exercer pressão seletiva sobre o microbioma, fato que explica a baixa diversidade dentro do período de fermentação.

Em resultados de estudos conduzidos por Kraut-Cohen et al. (2016) os autores observaram que a microbiota de silagens de um silo trincheira em escala agrícola, em que silagens bem fermentadas apresentaram baixa diversidade taxonômica, enquanto silagens que não apresentaram um perfil fermentativo adequado, apresentaram uma microbiota altamente diversificada.

Outrossim, o impacto dessa perturbação dependerá de sua frequência e intensidade com que a mesma ocorreu, e dessa forma, a interação entre os microrganismos dentro do silo pode se dar por competição pelo mesmo substrato ou fonte de energia, o que acarreta uma redução de sobrevivência de comunidades.

A estrutura da população de bactérias associadas as silagens nos diferentes períodos de fermentação, variou e foi evidenciado nas análises de PCoA. Dessa forma, foi marcante o

efeito do período de fermentação na dissimilaridade dos grupos bacterianos, com uma separação nítida das amostras provenientes de silagens fermentadas aos 60 dias. Resultados semelhantes foram observados por Bao et al. (2016), quando avaliaram a qualidade da silagem de *Mendicago sativa* e o monitoramento da composição bacteriana.

A variação apresentada conforme o período de fermentação, pode ser atribuída provavelmente pela condição de anaerobiose estabelecida dentro do silo, que por sua vez possibilitou a predominância de comunidades específicas e altamente especializadas em BAL.

Após 60 dias de fermentação houve uma predominância do filo *Firmicutes*, que aumentou com a inclusão de palma nas silagens em todos os níveis avaliados. Esse filo engloba grupos importantes como os das bactérias do ácido láctico. Normalmente, membros das Proteobactéria dominam o microbiota bacteriano de silagens no momento da ensilagem, o que demonstra a existência de uma correlação negativa, da proporção desse filo com o avanço do período de fermentação, dessa forma o inverso acontece quando se considera o filo *Firmicutes*.

No sentido de caracterização dos grupos de bactérias em nível de filo em diferentes períodos de fermentação, Romero et al. (2017) reportaram maior predominância do filo *Fermicutes* (99,8%) enquanto *Proteobacteria* representou apenas 0,07% do total de sequências, após 217 dias de fermentação. No entanto, os dados sobre composição taxonômica em silagens de palma forrageira são inexistentes. Os resultados da presente pesquisa demonstram um padrão taxonômico que resulta em silagem bem fermentadas dominadas pelo filo *Firmicutes*.

Os gêneros observados no momento da ensilagem não prosperaram nas silagens fermentadas aos 60 dias, exceto o gênero *Weissella*. E dessa forma, o ambiente do silo por si só foi um fator limitante ao crescimento de certos grupos de microrganismos, comprovado pela sucessão dos gêneros *Lactobacillus* e *Weissella*, também denominadas bactérias lácticas, que apresentam atuação essencial no processo fermentativo, para conservação da massa ensilada.

O desaparecimento de certos grupos de bactérias durante o processo de fermentação foi descrito por Pahlow et al. (2003) ao reportarem que muitos desses gêneros presentes no material ensilado são bactérias aeróbias facultativas e não contribuem com a preservação da silagem, e dessa forma tem crescimento inibido logo após o fechamento do silo. Nesse sentido, um fator importante a considerar em silagens de palma forrageira é a alta densidade obtida em função da presença de mucilagem, que agrega as partículas da planta, expelindo rapidamente o oxigênio do silo, contribuindo também para inibição de populações indesejadas.

Existem similaridades consideráveis entre os gêneros dominantes no processo fermentativo quando se comparam diferentes estudos, na maioria dos casos, bactérias ácido lácticas (BAL) como *Lactobacillus*, *Pediococcus*, e *Lactococcus*, costumam ser as

predominantes (SCHMIDT et al., 2008; WANG et al., 2011). Porém, estes resultados não foram observados no presente trabalho, uma vez que a composição taxonômica irá depender não só do processo fermentativo, como também do componente vegetal e do substrato que ele oferece na utilização pelas bactérias no seu metabolismo.

Portanto, Pereira et al. (2020), relataram a ocorrência do gênero *Weissella* quando avaliaram o isolamento e identificação de bactérias ácido lácticas em silagens de palma forrageira e seus efeitos na fermentação e estabilidade aeróbica. Os autores reportaram a sobrevivência desse grupo de bactéria nas condições ácidas do silo, muito embora não pertencentes ao grupo dos maiores produtores de ácido acético, esse gênero foi essencial na inibição de microrganismos indesejáveis no material ensilado, que melhorou a estabilidade aeróbica das silagens.

Provavelmente a ocorrência de sucessão de um microbioma dominado por *Proteobacteria*, para um microbioma dominado por *Firmicutes* principalmente pelo gênero *Lactobacillus* foi fundamental para garantir a conservação de silagens de ração completa a base de palma forrageira. Porém, há um déficit na literatura de trabalhos com silagens de palma forrageira no diz respeito ao sequenciamento. Estudos devem ser realizados para explorar o potencial desses microrganismos, a genômica pode agregar valor ao entendimento do processo de ensilagem.

5 CONCLUSÃO

A palma forrageira em combinação com a gliricídia pode ser incluída em silagens de ração completa até ao nível de 60%, de forma que atuou positivamente nos indicadores qualitativos das silagens, e dessa forma resultou em benefício das comunidades taxonômicas, identificando grupos importantes para preservação da massa ensilada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) (1990) *Official Methods of Analysis*, 15th Edn. Arlington, VA, USA: AOAC.

ABIDI, S.; BEM SALEM, H.; MARTÍN-GARCÍA, A.I.; MOLINA-ALCAIDE, E (2009). Ruminal fermentation of spiny (*Opuntia amyclae*) and spineless (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cactus cladodes and diets including cactus. **Animal Feed Science and Technology**, v. 149, p. 333–340, 2009.

BAO, W.; MI, Z.; XU, H.; ZHENG, Y.; KWOK, L.Y.; ZHANG, H.; ZHANG W. Assessing quality of *Medicago sativa* silage by monitoring bacterial composition with single molecule, real-time sequencing technology and various physiological parameters. **Scientific Reports** v. 6, 1-8, 2016.

BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, C.R.; FEYERHERM, A.M.; URBAN, J.E.; AIMUTIS, W.R.E. Effect the silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 11, p. 3066-3083, 1992.

BOLYEN, E.; RIDEOUT, J.R.; DILLON, M.R. Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. **Nature Biotechnology**, v. 37, p. 852–857, 2019.

CARVALHO, C.B.M.; EDVAN, R.L.; CARVALHO, M.L.A.M.; REIS, A.L.A.; NASCIMENTO, R.R. Uso de cactáceas na alimentação animal e seu armazenamento após colheita. **Archivos de Zootecnia** v. 259, p. 440-446, 2018.

CHEKIR, I.; AYED, L.; HAMDY, M.; BEN, SALEM. B. Lactic fermentation to improve the nutritive value of *Opuntia ficus-indica* f. *inermis* cladodes mixed with some agro-industrial by-products. **Acta Horticulture** v. 995, p. 319–324, 2013.

COSTA, R.F.; PIRES, D.A.A.; MOURA, M.M.A.; SALES, E.C.J.; RODRIGUES, J.A.S.; RIGUEIRA, J.P.S. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. **Acta Scientiarum Animal Science** v. 38, p. 127-133, 2016.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.D.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A. **Métodos para análise de alimentos** - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Suprema, Visconde do Rio Branco, 2012.

EDGAR, R.C.; HAAS, B.J.; CLEMENTE, J.C.; QUINCE, C.; KNIGHT, R. UCHIME improves sensitivity and speed of chimera detection. **Bioinformatics** v. 27, p. 2194-2200, 2011.

- FRANÇA, A.F.S.; OLIVEIRA, R.P.; MIYAGI, E.S.; SILVA, A.G.; PERÓN, H.J.M.C.; BASTO, D.C. Fermentative characteristics of sorghum hybrids ensilage under nitrogen rates. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, p. 383–391, 2011.
- ISAAC, A. A. Overview of Cactus (*Opuntia Ficus-Indica* (L): A Myriad of Alternatives. **Studies on Ethno-Medicine** v. 10, p . 195-205, 2016.
- KATOH, K.; MISAWA, K.; KUMA, K. *et al.* MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. **Nucleic Acids Research** v. 30, p. 3059-3066, 2002.
- KRAUT-COHEN, J.; TRIPATHI, V.; CHEN, Y.; GATICA, J.; VOLCHINSKI, V.; SELA, S.; WEIBERG, Z.; CYTRYN, E. Temporal and spatial assessment of microbial communities in comercial silages from bunker silos. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.100, p. 6827-6835, 2016.
- KUNG JR, L.; ROBINSON, J.R.; RANJIT, N.K.; CHEN, J.H.; GOLT, C.M.; PESEK, J.D. 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.; 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. 5, p. 1149-1155, 2001.
- LOZUPONE, C.; KNIGHT, R. UniFrac: a new phylogenetic method for comparing microbial communities. **Applied Environment Microbiology** v. 71, p. 8228-8235, 2005.
- MACÊDO, A.J.S.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.L.; EDVAN, R.L.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F.; SÁ, W.C.C.S.; PEREIRA, D.M. Silages in the form of diet based on spineless cactus and buffelgrass. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 2, p. 1–9, 2018.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. The biochemistry of silage. 2ed. Marlow: **Chalcombe Publicatins**, p. 340, 1991.
- MCITEKA, H. **Fermentation characteristics and nutritional value of *Opuntia ficus-indica* var. *Fuscicaulis cladode* silage**. *MSc dissertation*, University of the Bloemfontein, South Africa, 2008.
- MCMURDIE, P.J.;HOLMES, S. phyloseq: an R package for reproducible interactive analysis and graphics of microbiome census data. **PLoS One**, v.8, p. 1-11, 2013.
- MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183–191, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2007. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids**. Washington, DC: National Academy Press, 2007.

NI,K.; WANG,F.; ZHU, B.; YANG,J.; ZHOU, G.; PAN, Y.; ZHONG, J. Effects of lactic acid bacteria and molasses additives on the microbial community and fermentation quality of soybean silage. **Bioresource Technology** v. 238, p. 706-715, 2017

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. **Microbiology of ensiling**. In: Silage Science and Technology. Madison. Proceedings... Madison: *ASCSSA-SSSA, Agronomy* v. 42, p. 31-93, 2003.

PEREIRA, G.A.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G. L.; OLIVEIRA, J.S.; PINHO, R.M.A.; ZANINE, A.M.; SOUZA, A.F.N.; MACEDO, A.J.S.; NETO, J.M.C.; NASCIMENTO, T.V.C. Isolation and identification of lactic acid bacteria in fresh plants and in silage from *Opuntia* and their effects on the fermentation and aerobic stability of silage. **The Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 684–692, 2020.

PETERA, B.; DELATTRE, C.; PIERRE, G.; WADOUACHI, A.; ELBOUTACHFAITI, R.; ENGEL, E.; POUGHON, L.; MICHAUD, P.; FENORADOSOA, T.A. Characterization of arabinogalactan-rich mucilage from *Cereus triangularis* cladodes. **Carbohydr Polym** 127, p. 372-380, 2015.

PRICE, M.N.; DEHAL, P.S.; ARKIN, A.P. FastTree 2—approximately maximum-likelihood trees for large alignments. **PLoS One**, v. 5:e9490, 2010.

QUAST, C.; PRUESSE, E.; YILMAZ, P.; GERKEN, J.; SCHWEER, T.; YARZA, P.; PEPLIES, J.; GLÖCKNER, F.O. The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. **Nucleic Acids Research**, v. 41, p. 590-596. 2013.

ROGNES, T.; FLOURI, T.; NICHOLS, B.; QUINCE, C.; MAHÉ, F. VSEARCH: a versatile open source tool for metagenomics. **PeerJ**, v. 4:e2584, 2016.

ROMERO, J.J.; JOO, Y.; PARK, J.; TIEZZI, F.; GUTIERREZ-RODRIGUEZ, E.; CASTILHO, M.S. Bacterial and fungal communities, fermentation, and aerobic stability of conventional hybrids and brown midrib hybrids ensiled at low moisture with or without a homo-and heterofermentative inoculant. **Journal of Dairy Science**, v. 4, p. 3057-3076, 2018.

SANTOS, A.F.; MARIN, A.M.P.; ARRUDA SARMENTO, M.I. Produtividade da palma forrageira em aleias com *Gliricidia sepium* sob adubação orgânica em diferentes espaçamentos no Semiárido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.3, p. 276-281, 2018.

SCHMIDT, R.J.; EMARA, M.G.; KUNG JUNIOR, L. The use quantitative real-time polymerase chain reaction assay for identification and enumeration of *Lactobacillus buchneri* in silage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 105, p. 920-929, 2008

TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K.J. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. **Small Ruminant Research**, v. 72, p. 157–164, 2007.

TOIT, A.D.; WIT, M.; HUGO, A. Cultivar and harvest month influence the nutrient content of *Opuntia* spp. cactus pear cladode mucilage extracts. **Molecules**, v. 4, p. 916.201, 2016.

WANG, P.; BAI, C.S.; LIU, L.; CAO, B. H. Effects of lactic acid bacteria inoculant on the fermentation quality of reed grass (*Phragmites australis* Carv. Trin. ex Sterd.) at low temperature. **Acta Agrestia Sinica**, v. 19, p. 127-131, 2011.

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

CAPÍTULO III

Perdas na ensilagem, composição química e degradabilidade ruminal de silagens de rações completas a base de Palma e Gliricídia

RESUMO

Objetivou-se avaliar as perdas na ensilagem, a composição química e degradabilidade *in situ* ruminal da matéria seca de silagens de ração total (TMRsilage) a base de palma forrageira e gliricídia. O delineamento inteiramente casualizado foi utilizado com quatro tratamentos, sendo quatro rações com diferentes níveis de palma (15, 30, 45 e 60% com base na matéria seca [MS]), com quatro repetições. Não se observou diferenças ($P > 0,05$) entre as silagens de ração completa para as concentrações de carboidratos solúveis residuais, que apresentou média geral de 35,83 g/kg de MS. Baixa produção de $N-NH_3$ foi observada para todas as silagens avaliadas, com ausência de efeito ($P > 0,05$) dos níveis de palma forrageira, apresentando média de 0,05 % N total. As perdas por gases foram mínimas e sem diferenças entre tratamentos ($P > 0,05$), mantendo-se abaixo de 1% em todas as silagens de ração completa do estudo. Complementarmente, as perdas por efluentes também não foram significativamente diferentes ($P > 0,05$) entre as silagens, sendo observado uma média de 13,6 kg tol^{-1} . Para a variável de RMS, não foi observado efeito ($P > 0,05$) dos níveis de palma forrageira nas silagens, tendo todas as silagens apresentado alto padrão de RMS, variando de 97,96 a 99,37%. Houve efeito das silagens ($P < 0,05$) sobre os teores de MS e fibra em detergente neutro (FDN), com redução nos teores de FDN devido aos maiores níveis de palma na TMRsilage, enquanto a TMRsilage com 30% de palma forrageira apresentou maior concentração de MS que a silagem com 45%. Quanto aos parâmetros de degradabilidade, observou-se aumento ($P < 0,05$) com o incremento de palma nas TMRsilages. Para a fração solúvel em água (fração *a*) da MS das rações, observou-se o maior percentual para a silagem com maior proporção de palma forrageira (60%), com média de 49,14%, enquanto a TMRsilage com o menor nível de palma forrageira, 15%, apresentou os menores percentuais, com média de 39,41%. Com base nas perdas, composição química e degradabilidade *in situ*, TMRsilages com as mais altas proporções de palma forrageira podem ser recomendados para a produção de silagens com adequados valores nutricionais.

Palavras-chave: degradabilidade ruminal, heterofermentação, mucilagem

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate silage losses, chemical composition and in situ ruminal degradability of dry matter of total mixed rations silages (TMRsilage) based on forage cactus and gliricidia. A completely randomized design was used with four treatments, four diets with different levels of palm (15, 30, 45 and 60% based on dry matter [DM]), with four replications. There were no differences ($P>0.05$) between the complete feed silages for residual soluble carbohydrate concentrations, which had an overall average of 35.83 g/kg of DM. Low $N-NH_3$ production was observed for all silages evaluated, with no effect ($P>0.05$) of forage cactus levels, with an average of 0.05% total N. Gas losses were minimal and without differences between treatments ($P>0.05$), remaining below 1% in all complete feed silages in the study. In addition, effluent losses were not significantly different ($P>0.05$) between the silages, with an average of 13.6 kg to⁻¹ being observed. For the RMS variable, there was no effect ($P>0.05$) of forage cactus levels in the silages, with all silages showing a high standard of RMS, ranging from 97.96 to 99.37%. There was an effect of silages ($P<0.05$) on DM and neutral detergent fiber (NDF) contents, with a reduction in NDF contents due to higher levels of palm in TMRsilage, while TMRsilage with 30% of forage cactus presented higher DM concentration than silage with 45%. As for the degradability parameters, an increase ($P<0.05$) was observed with the increment of forage cactus in TMRsilages. For the water soluble fraction (fraction a) of the DM of the diets, the highest percentage was observed for the silage with the highest proportion of forage cactus (60%), with an average of 49.14%, while the TMRsilage with the lowest level of forage cactus, 15%, had the lowest percentages, with an average of 39.41%. Based on losses, chemical composition and in situ degradability, TMRsilages with the highest proportions of forage cactus can be recommended to produce silages with adequate nutritional values.

Keywords: ruminal degradability, heterofermentation, mucilage

1 INTRODUÇÃO

Nas regiões do mundo que apresentam déficit hídrico, a pecuária é direcionada para adoção e incentivo de produção e alimentação dos animais com forragens adaptadas a essas condições. A palma forrageira é uma cactácea amplamente investigada em regiões semiáridas devido a sua capacidade como fonte de água e energia na alimentação de ruminantes (ALMEIDA, 2012). O seu potencial como material ensilado também já foi avaliado em diversas pesquisas por todo o mundo (ÇÜREK e ÖZEN, 2004; MIRANDA-ROMERO et al., 2018; NOBRE et al., 2018; SOUZA et al., 2020; PEREIRA et al., 2020).

A gliricídia, também se apresenta como uma alternativa a produção forrageira em regiões de escassez hídrica, por possuir alta produção de matéria seca, além de características nutricionais desejáveis, como em média 30% de matéria seca (MS) e de 20 à 30% de proteína bruta (PB) (EDVAN et al., 2016; CAMPOS et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2018).

Mesmo que ambas as forragens, palma forrageira e gliricídia, sejam utilizadas frequentemente para confecção de silagens, estas apresentam características que podem inviabilizar o processo fermentativo quando adotadas de forma isolada. A palma apresenta alta concentração de carboidratos solúveis em água (CSA), o que é favorável a fermentação no silo, entretanto, esta também dispõe de alto teor de umidade, podendo resultar em desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e ocasionar maiores perdas e proteólise (McDONALD et al., 1991). A gliricídia por outro lado, como demais leguminosas forrageiras, não apresenta elevado teor de CSA, além de possuir alta capacidade tampão (PIRHOFER-WALZL et al., 2020), o que dificulta a queda do pH e adequado processo fermentativo.

Uma alternativa seria a ensilagem de ambas forrageiras em conjunto, corrigindo, portanto, os teores de CSA e aumentando a PB e MS para os níveis recomendados. Brito et al. (2020) avaliaram a inclusão de gliricídia em silagens de palma forrageira em cinco níveis (0, 25, 50, 75 e 100%), e concluíram que o incremento de pelo menos 25% de gliricídia é recomendado para melhorar o valor nutritivo das silagens. Entretanto, uma forma mais adequada de potencializar o consumo animal e elevar a qualidade nutricional das silagens, seria a formulação e processo de ensilagem de rações previamente formuladas, conhecida como silagem de ração completa (TMRsilage).

Esta estratégia favorece o manejo alimentar das propriedades rurais, podendo transportar rações prontas para fornecimento em longas distâncias, além de representar a oferta de uma dieta homogênea por um longo período de tempo do confinamento, economizando mão de obra ao evitar misturas diárias de ingredientes concentrados (WEINBERG et al., 2011;

YUAN et al., 2015), bem como a colheita diária das forrageiras palma e gliricídia, como é realizada na adoção de rações completas na forma *in natura*. A homogeneização dos ingredientes da dieta no silo minimizaria também a ocorrência de seleção de ingredientes pelos animais no momento do fornecimento, o que potencializa a eficiência do aproveitamento de energia e proteínas da dieta no rúmen (XU et al., 2007), promovendo melhorias do desempenho e diminuição de custos (ABIDI et al., 2013; MOKOBOKI et al., 2016).

A TMRsilage é uma forma alternativa para aproveitar as forragens e/ou resíduos/subprodutos com altos teores de umidade. Estudos mostram que ensilar rações completas com uma série de ingredientes com alto teor de umidade é possível para realizar uma mistura favorável a exigência nutricional do animal, além de proporcionar adequado processo fermentativo no silo (XU et al., 2007; HU et al., 2015; MACÊDO et al., 2018). Além disso, a formulação de silagens com altas concentrações de palma podem ser viável para estimular o aumento do consumo de ração, dada a sua alta aceitabilidade pelos animais (GUSHA et al., 2013).

Como não são encontradas pesquisas que tenham avaliado a TMRsilages a base de palma forrageira e gliricídia, acredita-se que estas possam apresentar adequado perfil fermentativo, atenuando as perdas e conseqüentemente acarretando alta recuperação de matéria seca (RMS), além de que estas apresentem alto potencial de degradabilidade ruminal, favorecendo, portanto, o desempenho animal. Com isso, objetivou-se com este trabalho, avaliar as perdas na ensilagem, a composição química e degradabilidade *in situ* ruminal da MS de TMRsilages a base de palma forrageira e gliricídia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Considerações locais de execução do experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Forragicultura pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, inserida na microrregião do Brejo paraibano, situado pelas coordenadas geográficas 6° 58' 12" de latitude Sul, 35° 42' 15" de longitude Oeste de Greenwich e 619 m de altitude. A palma utilizada foi a da variedade Orelha de Elefante mexicana (*Opuntia spp*) e a Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, sendo quatro níveis de palma forrageira nas rações (15; 30; 45 e 60% com base na matéria natural (MN) com quatro repetições. As rações foram formuladas para atender os requisitos nutricionais de cordeiros para um ganho de peso diário de 200 g (NRC, 2007), incluindo os

seguintes ingredientes: palma forrageira, gliricidia, farelo de soja e farelo de milho em mistura completa (Tabela 1).

Tabela 1. Proporção dos ingredientes nas dietas experimentais (%MS) e composição química das dietas com base na matéria seca

Ingredientes	Palma nas silagens (% MS)			
	15	30	45	60
Palma	15,7	30,1	43,4	55,7
Gliricídia	64,8	51,2	38,7	27,0
Farelo de Soja	0,0	0,9	1,7	2,5
Milho	18,7	17,1	15,5	14,1
Suplemento mineral	0,4	0,4	0,4	0,4
Cloreto de amônia	0,3	0,3	0,3	0,3

Composição nutricional dos ingredientes (g kg ⁻¹ MS)				
Item	Palma	Gliricídia	Farelo de Soja	Milho
Matéria seca	63,40	247,55	884,60	880,93
Proteína bruta	43,36	170,92	452,10	88,90
Extrato etéreo	0,40	0,90	19,40	33,50
Fibra em detergente neutro	260,44	465,33	147,82	169,55
Carboidratos não fibrosos	590,84	310,27	275,62	610,12

Composição físico-química das rações (g kg ⁻¹ MS)				
Matéria seca	474,1	496,8	465,3	432,4
Proteína bruta	140,08	140,47	140,85	141,23
Extrato etéreo	57,36	53,54	49,72	45,90
Fibra em detergente neutro	283,00	269,60	256,20	242,80
Carboidratos Solúveis	92,00	96,48	99,00	99,20

Foram confeccionados silos experimentais (15 cm de diâmetro × 40 cm de altura) feitos de cloreto de polivinilo (PVC) e selados hermeticamente. No fundo dos silos adicionou-se 1 kg de areia para captura dos efluentes. A palma forrageira e a gliricídia foram colhidas de uma área de plantio consorciado em uma área de 2.371,4 m² a palma foi cultivada em espaçamento duplo, 1,5 x 0,8 x 0,5 metros, e a gliricídia na entrelinha da palma, utilizando 04 espaçamentos entre plantas, 01; 1,5; 02 e 03 metros, após um ano de implantação. As plantas foram colhidas

manualmente e picadas em forrageira estacionária, com tamanhos de partícula de aproximadamente 2x2 cm. Em seguida os silos experimentais foram fechados com tampa de PVC dotados de válvulas tipo Bunsen, lacrados com fita adesiva e acondicionados sob temperatura ambiente. A abertura dos silos ocorreu 60 dias após a ensilagem.

2.2 Perdas, composição química e análises laboratoriais das silagens

Amostras das silagens após a abertura dos silos e dos ingredientes das rações previamente a ensilagem foram secas em estufa ao ar forçado a 55°C por 72 horas, moídas em partículas de 1mm em moinho Wiley (Arthur H Thomas, Filadélfia, PA, EUA), e armazenados em recipientes de plástico para determinação de MS (método 934.01, AOAC, 1990). A concentração de PB foi calculada pela determinação do teor de nitrogênio (N) total, usando a técnica de micro-Kjeldhal (método 920.87, AOAC, 1990) e um fator de conversão fixo (6,25). A concentração de FDN foi determinada seguindo o método 973.18 da AOAC (1990), usando α -amilase, enquanto utilizou-se o método 920.39 da AOAC (1997) para determinação do extrato etéreo (EE).

O teor de Carboidratos solúveis foi determinado pelo método do ácido sulfúrico concentrado, conforme descrito por Dubois et al. (1956). As análises da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foram determinadas de acordo como a metodologia descrita por Detmann et al. (2012).

As perdas por gases (PG) e por efluentes (PE) foram quantificadas usando as equações propostas por Jobim et al. (2007), enquanto que a RMS foi estimada de acordo com Zanine et al. (2006).

$$\text{Perdas por gases: PG} = ((\text{PSf} - \text{Psa}) / (\text{MFf} \times \text{MSf})) \times 100$$

Em que: PG: perda de gases durante o armazenamento (% da MS inicial); PSf: peso do silo na ensilagem; Psa: peso do silo na abertura; MFs: massa de forragem na ensilagem; MSf: teor de MS da forragem ensilada.

$$\text{Perdas por efluentes: PE} = (\text{Pef} \times 1.000) / \text{Mvi},$$

Em que : PE: perdas por efluentes; Pef: peso de efluente (peso do conjunto vazio após a abertura – peso do conjunto vazio antes do enchimento); Mvi: quantidade de massa verde de forragem ensilada.

$$\text{Recuperação de matéria seca: RMS} = ((\text{Mfab} \times \text{MSab}) / (\text{MFfe} \times \text{MSfe})) \times 100$$

Em que: RMS: índice de recuperação de matéria seca; Mfab: massa de forragem na abertura; MSab: teor de MS na abertura; MFfe : massa de forragem no fechamento; MSfe: teor de MS da forragem no fechamento.

2.3 Degradabilidade *in situ*

Para o ensaio de degradabilidade *in situ* da MS, adotou-se um delineamento inteiramente casualizado dispostos em parcelas subdivididas com medidas repetidas no tempo, sendo nas parcelas os níveis de palma nas silagens (15, 30, 45 e 60%) e nas subparcelas os tempos de incubação (6, 24, 48, 72 e 96 horas). Amostras das TMRsilage à base de palma forrageira e gliricídia foram moídas em moinho tipo Willey com peneiras de 5 mm, posteriormente, foram acondicionadas 4 g de cada ingredientes em sacos com dimensões 9,0 × 6,5 cm, confeccionados com TNT gramatura 100 (100 g/m²) na proporção de 15 a 20 mg da mostra por cm² de área de saco (NOCEK, 1988).

Foi utilizado um bovino mestiço Girolando macho, fistulado no rúmen e com peso médio de 600 kg. O período de incubação foi de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, incubados em ordem decrescentes para que todos os sacos fossem retirados ao mesmo tempo e passassem pelo mesmo processo de lavagem. Os sacos do tempo zero ou fração solúvel (fração *a*), foram colocados em banho maria à 39 °C durante uma hora e, posteriormente, lavados juntos aos sacos dos demais tempos que foram incubados no rúmen até que a água se tornasse límpida. Esses procedimentos foram repetidos três vezes, totalizando três períodos de incubação.

A estimativa dos parâmetros da degradabilidade *in situ* foi realizada com base no modelo não linear proposto por Sampaio (1997), a partir de simplificação do modelo exponencial proposto por Ørskov e McDonald (1979), expresso por:

$$DP = A - B \cdot e^{-c \cdot t}$$

Em que, DP = percentagem real do nutriente degradado após t horas de incubação no rúmen; A = potencial máximo de degradação do material no saco de náilon (assíntota); B = fração potencialmente degradável do material que permanece no saco de náilon após o tempo zero; c = taxa de degradação da fração remanescente no saco de náilon após tempo zero; t = tempo de incubação.

A degradabilidade efetiva (DE) constitui à percentagem de material que é realmente degradado no rúmen e foi estimada considerando-se as taxas de passagens de 2, 5 e 8%/h (AFRC, 1993), taxas consideradas para volumosos de baixa qualidade e palhadas ou restolhos culturais; dietas compostas e volumosos de boa qualidade; e dietas ou ingredientes concentrados, respectivamente, utilizando-se a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979):

$$DE = a + \left[\frac{b \times c}{c + k} \right]$$

Em que, DE = Degradação efetiva; a = fração solúvel, rapidamente degradada; b = fração insolúvel, lentamente degradada; c = taxa fracional de degradação de b; k = taxa de passagem.

2.4 Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade, utilizando-se o SAS® System for Windows™ 9.4 (Instituto SAS Inc., Cary - NC: USA), de acordo com o modelo estatístico abaixo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} é a variável dependente do experimento medidas nas unidades experimentais; "i" efeito das dietas; "j" repetições; μ é uma constante global da média da população.

3 RESULTADOS

3.1 Recuperação e perdas de matéria seca

Não se observou diferenças ($P > 0,05$) entre as silagens de ração completa para as concentrações de carboidratos solúveis residuais, que apresentou média geral de 35,83 g/kg de MS (Tabela 2). Baixa produção de N-NH₃ foi observada para todas as silagens avaliadas, com ausência de efeito ($P > 0,05$) dos níveis de palma forrageira, apresentando média de 0,05 % N total.

As perdas por gases foram mínimas e sem diferenças entre tratamentos ($P > 0,05$), mantendo-se abaixo de 1% em todas as silagens de ração completa do estudo. Complementarmente, as perdas por efluentes também não foram significativamente diferentes ($P > 0,05$) entre as silagens, sendo observado uma média de 13,6 kg tol⁻¹.

Para a variável de RMS, não foi observado efeito ($P > 0,05$) dos níveis de palma forrageira nas silagens, tendo todas as silagens apresentado alto padrão de RMS, variando de 97,96 a 99,37%.

Tabela 2. Médias da concentração de carboidratos solúveis, nitrogênio amoniacal e recuperação de matéria seca e perdas por gases e efluentes de silagens de ração total a base de palma forrageira e gliricídia.

Variáveis	Níveis de palma (%)				EPM	P valor
	15	30	45	60		
CSr (g/kg DM)	27,96	37,44	38,55	39,36	5,65	0,49

N-NH ₃ (% N total)	0,05	0,05	0,05	0,06	0,007	0,81
PE kg ton ⁻¹	12,99	14,08	14,46	12,87	8,31	0,99
PG (%)	0,84	0,36	0,63	0,34	0,21	0,33
RMS (%)	97,96	98,79	99,06	99,37	1,03	0,79

CSr= Carboidratos solúveis residuais; PE= Perdas por efluentes; PG= Perdas por gases; RMS= Recuperação de matéria seca; EPM= Erro padrão da média.

3.2 Composição química

Ocorreram diferenças ($P > 0,05$) na composição química das silagens de ração total (Tabela 3). Os conteúdos de FDN reduziram ($P > 0,05$) à medida que a palma forrageira aumentava sua participação nas silagens, com médias variando de 245,33 a 281,70 g kg⁻¹. O maior teor de MS correspondeu a silagem com 30% de palma forrageira (499,14 g kg⁻¹), sendo este superior ($P = 0,02$) ao da silagem com 45% de palma, que apresentou média de 467,35 g kg⁻¹. Os conteúdos de EE e PB não diferiram entre si ($P > 0,05$), apresentando médias gerais de 50,51 e 133,78 g kg⁻¹.

Tabela 3. Composição físico-química de silagens de ração total a base de palma forrageira e gliricídia.

Variáveis (g/kg)	Níveis de palma (%)				EPM	P valor
	15	30	45	60		
PB	135,15	130,46	131,13	138,4	3,36	0,36
FDN	281,70a	261,50b	256,50b	245,33c	2,34	<0,0001
EE	51,03	53,9	48,7	48,4	2,38	0,31
MS	484,76ab	499,14a	467,35b	493,56ab	5,83	0,02

3.3 Degradabilidade *in situ* da matéria seca

A degradabilidade foi analisada pelos seguintes parâmetros: fração solúvel (*a*), fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (*b*), taxa de degradação por hora (fração *c*) e degradabilidade potencial (A) (Tabela 4). Para a fração solúvel em água (fração *a*) da MS das rações, observou-se o maior percentual para a silagem com maior proporção de palma forrageira (60%), com média de 49,14%, enquanto a TMRsilage com o menor nível de palma forrageira, 15%, apresentou os menores percentuais, com média de 39,41%.

Tabela 4. Degradabilidade *in situ* da matéria seca de silagens de ração total a base de palma forrageira e gliricídia.

Níveis	Parâmetros de Degradação				Degradação efetiva (%)		
	A (%)	B (%)	<i>c</i> (%)	PD	2 %/h	5 %/h	8 %/h
15%	39,41	22,96	0,24	62,36	41,86	40,45	40,07
30%	42,03	20,87	0,22	62,91	44,08	42,90	42,58
45%	39,43	37,82	0,39	77,24	45,65	42,19	41,20
60%	49,14	33,42	0,35	82,56	54,09	51,31	50,53

Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável no rúmen (B), taxa de degradação (*c*), degradação potencial (DP).

Quanto a fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (fração *b*), e sua taxa de degradação por hora (fração *c*), o maior percentual foi constatado na silagem com 45% de palma forrageira, com médias de 37,82 e 0,39% respectivamente, seguido da silagem com 60% de palma, com 33,42 e 0,35% respectivamente para fração *b* e fração *c*.

Conseqüentemente aos resultados acima citados, as silagens de ração total com maiores percentuais de palma forrageira (45 e 60%) apresentaram os maiores valores para fração solúvel (A), com médias de 77,24 e 82,56% respectivamente. Estas silagens também apresentaram as maiores médias percentuais para a degradação efetiva nas três taxas de passagem (2%, 5% e 8%/h), resultados estes que ocorrem em consequência das características das frações “A” e “B” apresentadas pelas silagens com maiores teores de palma forrageira.

4 DISCUSSÃO

4.1 Recuperação e perdas de matéria seca

Em resultados publicados anteriormente, referentes as silagens do presente estudo, constata-se que ocorreram também ausências de diferenças para a média dos valores de pH, concentração de ácido acético e contagem de mofos e leveduras, quando adotou-se a substituição crescente da gliricídia pela palma forrageira nas silagens. Complementarmente, os valores de pH dessas silagens permaneceram em uma média de 4,0 (SANTOS et al., 2020), o que representa uma conservação do material apropriada, de acordo com a faixa de 3,8 a 4,2, que indica silagens de boa qualidade e processo de fermentação adequado (MCDONALD et al., 1991). Os teores de N-NH₃ de em média 0,05% auxiliam na comprovação de uma adequada fermentação nas silagens avaliadas, se mantendo bem inferiores ao limite de 10% citado por McDonald et al. (1991), que sinalizam baixa atividade de bactérias clostridiais e menor produção de ácido butírico, conseqüentemente silagens com baixa proteólise.

A fermentação microbiana desejável é realizada pelas bactérias lácticas, que utilizam açúcares como substratos para produção de energia e conseqüentemente produzem ácido lático que é liberado no meio, resultando em queda do pH e silagens com bom padrão fermentativo (CARVALHO et al., 2014) que resultam em baixas perdas por gases e efluentes, e conseqüentemente promovendo altos valores de recuperação de MS. Complementarmente, a mucilagem presente na palma forrageira resulta em diminuição da atividade de água da forrageira devido a suas propriedades osmóticas, absorvendo os fluidos presentes no material ensilado e em consequência auxiliando na redução de perdas por efluentes, controlando o crescimento da população de bactérias do gênero *clostridium* e enterobactérias (SEPÚLVEDA

et al., 2007; GUSHA et al., 2013; DU TOIT et al., 2018), o que explicaria as baixas perdas por efluentes evidenciadas na pesquisa (Tabela 2).

Os danos mínimos a fermentação, provocados por microrganismos deterioradores como bolores e leveduras, que diminuíram sua atividade ao longo dos dias de fermentação (SANTOS et al., 2020), resultaram em RMS acima de 95% para todas as silagens avaliadas na presente pesquisa, sendo, portanto, considerada satisfatória conforme Santos et al. (2013), o que reforça a viabilidade das TMRsilages. Isto está diretamente interligado com os níveis de umidade adequados das silagens, evitando alto desenvolvimento no processo de fermentação, além da já citada mucilagem, que influencia na retenção de líquidos da massa ensilada e reduzem as perdas, o que resulta em aumento da taxa de RMS (MONRROY et al., 2017; MATIAS et al., 2020).

As perdas por gases, que não atingiram 1% da MS, também indicam que as fermentações secundárias indesejáveis não foram tão ocorrentes durante a fermentação, com produções de etanol mínimas, o que é positivo do ponto de vista nutricional por promover ganhos quantitativos devido à menor perda por gases e maior RMS (REN et al., 2018), corroborando a hipótese do presente estudo, de que o efeito complementar das duas forragens em TMRsilages resulta em baixas perdas durante a fermentação.

Algumas pesquisas previamente publicadas avaliaram o potencial de TMRsilages a base de palma forrageira (CHEKIR et al., 2013; MACÊDO et al., 2018) ou em mistura com leguminosas forrageiras (GUSHA et al., 2013; MATIAS et al., 2020; BRITO et al., 2020), onde relataram silagens com potencial fermentativo adequado, independente do percentual de palma forrageira no material ensilado.

Os CSA residuais foram semelhantes para todas as TMRsilages (Tabela 2), mesmo tendo a TMRsilage com 60% de palma apresentado 11,4 g/kg a mais destes nutrientes que a silagem com 15% de palma forrageira, onde a palma forrageira é uma fonte natural de CSA, com concentração de em média 43% superior a gliricídia (BRITO et al., 2020).

Macêdo et al. (2018) estudaram TMRsilages a base de palma forrageira avaliadas 45 dias após a ensilagem, onde estas resultaram de crescentes teores de feno de capim buffel e consequente redução dos demais ingredientes da ração, principalmente o farelo de trigo e palma forrageira. Os autores observaram uma redução no percentual de RMS e CSA, devido as diferenças nas concentrações de carboidratos solúveis na palma e em farelos, quando comparados ao feno de capim-buffel, enquanto o N-NH₃ se manteve semelhante entre as silagens, indicando que não houve aumento de proteólise.

Os teores de CSA residuais na presente pesquisa se mantiveram baixos, valores estes inferiores aos encontrados em outras investigações de silagens com alta participação de palma forrageira na composição (MACÊDO et al., 2018; MOKOBOKI et al., 2016; PEREIRA et al., 2020; BRITO et al., 2020). Concentrações elevadas de CSA residuais, embora sejam nutricionalmente favoráveis, geram preocupações quanto a estabilidade aeróbia do material ensilado, devido a predispor ao crescimento de muitas leveduras que convertem estes nutrientes e o ácido láctico em ácido acético, etanol, CO₂ e calor (MUCK, 2010). Geralmente quanto menor o teor de CSA residual, menor é a ação deterioradora dos microrganismos aeróbios e, portanto, não é recomendável que esses teores sejam muito elevados. (KUNG JR et al., 2018)

A gliricídia, assim como outras leguminosas, apresenta alta capacidade de tamponamento devido à presença de cátions (K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺) que ao entrar em contato com ácidos orgânicos, neutraliza-os, evitando a queda acentuada do pH (PIRHOFER-WALZL et al., 2020). Além disso, a palma forrageira apresenta substâncias tamponantes (ácido oxálico, málico, cítrico, malônico, succínico e tartárico) provenientes do metabolismo CAM (ABIDI et al., 2009; PETERA et al., 2015; ISAAC, 2016).

Estas características indicam, portanto, que as silagens do estudo passaram por uma lenta redução do pH, resultando em uma heterofermentação e favorecendo assim, produção de ácido acético, que possibilitou uma boa estabilidade aeróbia e ausência de deterioração do material até 96 horas após abertura dos silos, como observado por Santos et al. (2020), avaliando as mesmas TMRs desse estudo. Isto é possível devido ao fato do ácido acético e propiônico auxiliarem na inibição de leveduras, favorecendo a estabilidade ao oxigênio após a abertura do silo para fornecimento aos animais. Além disso, algumas dessas substâncias tamponantes presentes na palma podem apresentar ação antifúngica, auxiliando os ácidos acético e propiônico no controle de leveduras e melhorando a estabilidade aeróbia (PEREIRA et al., 2020) de TMRsilages que contenham palma forrageira em sua formulação.

Esses achados ressaltam a importância que a palma forrageira pode apresentar na fermentação de TMRsilages, onde pode direcionar a uma fermentação láctica e acética, gerando um adequado padrão fermentativo, com baixas perdas e alta estabilidade aeróbia.

4.2 Composição química

Todas as silagens apresentaram valores de MS acima dos 30-35%, intervalo recomendado por McDonald et al. (1991) para a produção de silagens de alta qualidade. Este fato está associado à própria composição química dos ingredientes da dieta, como o farelo de milho, que se situa acima de 900 g kg⁻¹, resultando em aumento no teor de MS da ração, mesmo

com a palma forrageira e a gliricídia apresentando maiores teores de umidade. Entretanto, como as TMRsilages são formuladas para atendimento de exigências nutricionais dos animais, as médias foram superiores, semelhantemente a outras pesquisas com TMRsilage a base de palma forrageira (GUSHA et al., 2015) ou com fontes diversas de ingredientes (WANG e NISHINO, 2013; CHAO et al., 2016; GUSMÃO et al., 2018; HOSODA et al., 2019; HU et al., 2015; KONDO et al., 2015; NISHINO et al., 2015; YUAN et al., 2015), onde os valores superiores de MS aos recomendáveis não afetaram o perfil fermentativo.

A palma contém naturalmente teores de umidade ligeiramente superiores aos da gliricídia, o que pode modificar as concentrações de MS das rações no momento da formulação. Entretanto, as diferenças nos teores de MS das silagens encontrados na pesquisa se situaram entre os níveis de 30 e 45% de palma forrageira. Essas diferenças não foram provenientes do processo fermentativo ocorrente no silo, pois as concentrações de MS dessas duas TMRsilages se mantiveram altamente semelhantes ao material formulado previamente ao processo de ensilagem, que apresentou 496,8 e 465,3 g/kg⁻¹ de MS respectivamente para os níveis de 30 e 45% de palma forrageira (Tabela 1).

Brito et al. (2020) por outro lado, observaram um aumento linear nas concentrações de MS de silagens de palma forrageira à medida que eram elevados os níveis de gliricídia (0, 25, 50, 75 e 100%), tendo estes variado de 15,59 a 24,09% para os níveis de 0 e 100% de gliricídia, respectivamente. O mesmo ocorreu na pesquisa de Matias et al. (2020) com maniçoba na silagem de palma, avaliando os mesmos níveis da pesquisa anterior, com médias variando de 10,61 a 28,89% nos níveis extremos. O aumento gradativo nos teores de MS à medida que se aumentava a participação de ambas as leguminosas nestas pesquisas eram esperado, tendo em vista que a palma forrageira apresenta teores de MS inferior a gliricídia e maniçoba, tornando a silagem mais úmida. Além disso, as silagens eram compostas apenas por palma e gliricídia/maniçoba, enquanto na presente pesquisa houve a influência dos farelos na MS das silagens, e suas alterações na composição das silagens não necessariamente resultaria em uma redução linear na MS da silagem, à medida que a palma forrageira era acrescida.

As pesquisas de Matias et al. (2020) e Brito et al. (2020) também observaram um aumento linear nas concentrações de FDN das silagens de palma, com o aumentar da participação das leguminosas, indicando que a composição nutricional dos ingredientes das silagens, influenciam não só os teores de MS, como também de outros nutrientes.

Macêdo et al. (2018) ao elevar a participação de capim buffel em TMRsilages a base de palma forrageira, observaram um aumento linear na concentração de FDN devido a justamente este capim ser mais rico em fibra alimentar que a palma. Na atual pesquisa, como a gliricídia

também apresenta maior proporção de FDN em sua composição do que a palma forrageira, o FDN foi reduzido com os maiores níveis de incremento de palma forrageira nas silagens (Tabela 3).

Entretanto, diferentemente da pesquisa de Macêdo et al. (2018), onde as rações formuladas possuíam variações nas concentrações de PB, e conseqüentemente, o mesmo ocorreu para as silagens, as dietas formuladas na presente pesquisa foram isonitrogenadas, o que não resultou em alterações para os teores de proteína bruta nas TMRsilagens, tendo em vista que a proteólise e níveis de N-NH₃ já citados, foram irrisórios (Tabela 2), e portanto apresentando valores adequados para uma dieta que seja destinada a atingir as exigências para cordeiros preconizadas pelo NRC (2007), que recomenda em torno de 130 g/kg de PB para ganho de peso corporal de 200 g/dia.

Bendaou e Aït Omar (2013) avaliaram o desempenho de ovinos alimentados com uma TMRsilage a base de cladódio + fruto de palma forrageira, e composta por polpa de beterraba, palha de cevada, farelo de trigo, uréia e suplemento vitamínico e mineral. Os autores ressaltaram que os animais podem ser confinados para receber silagem a base de palma, principalmente por esta resultar em melhor ganho de peso dos animais que dietas tradicionais do Marrocos, aliado a um menor custo de produção.

As concentrações de EE se mantiveram abaixo de 7%, limite recomendável para dietas de ruminantes, evitando possíveis alterações na fermentação ruminal devido ao conteúdo de gordura ingerido (KOZLOSKI, 2009), demonstrando, portanto, que todas as silagens de ração completa permaneceram com capacidade nutritiva adequada para uma maximização do desempenho animal.

4.3 Degradabilidade *in situ* da matéria seca

A palma apresenta altas concentrações de pentoses (xilose e arabinose), hexoses (manose, glicose e galactose) (HABIBI et al., 2004) e pectina, esta última representando 59,5% dos carboidratos de rápida e média degradabilidade ruminal. A palma também possui 12,9% de amido, valor este considerado alto para forragens (BATISTA et al., 2003). Aliado a isto, as reduções nos teores de FDN observadas à medida que a palma forrageira era elevada na composição da silagem (Tabela 3), concomitaram para que os potenciais de degradabilidade *in situ* fossem maiores nas silagens com altas proporções de palma forrageira (sejam estas nas três frações avaliadas [*a*, *b* ou *c*], ou com base na degradação potencial e efetiva), devido a maior solubilidade da MS e alto padrão de fermentação ruminal, demonstrando portanto a elevada digestibilidade dessas rações, que poderia contribuir para uma maior eficiência alimentar e desempenho animal.

Concentrados apresentam menores teores de FDN, celulose, hemicelulose e lignina, e altos níveis de carboidratos não fibrosos (CNF), açúcares, sacarose, amido, amilopectinas e pectinas em sua composição nutricional quando comparados com volumosos, e portanto, apresentam maior potencial para replicação de microrganismos ruminais, como as bactérias aminolíticas que colonizam rapidamente as partículas de alimentos no rúmen e possuem alta taxa de replicação quando comparada com as fibrolíticas (NRC, 2007).

Embora a palma forrageira seja uma forragem, ela apresenta naturalmente altos teores de CSA, possibilitando altas taxas de fermentação, devido as maiores concentrações destes nutrientes proporcionarem melhores condições ao rúmen, melhorando a sincronia energética: proteica que favorece o crescimento microbiano e, conseqüentemente, a digestibilidade (ZADEH e KOR, 2013; MA et al., 2015).

Portanto, as TMRsilages com altos teores de palma forrageira proporcionam uma maior velocidade de crescimento dos microrganismos fermentadores, resultando em assimilação mais rápida do substrato pelos microrganismos que degradam os CNF, enquanto que as silagens com 15 e 30% de palma forrageira, por apresentarem maiores teores de FDN proporcionaram menor velocidade de crescimento microbiano, e conseqüentemente apresentaram os menores percentuais de degradação potencial (62,36 e 62,91% respectivamente).

Os resultados da presente pesquisa se assemelham aos encontrados por Macêdo et al. (2018), na qual relatou reduções nos parâmetros de degradabilidade *a* e *b*, bem como da degradação potencial, à medida que a palma forrageira foi diminuída das silagens de ração completa, relatando que as silagens de ração constituintes de maiores proporções de palma e farelos exibiram as maiores taxas de degradação.

Na prática, os resultados da presente pesquisa demonstram que é viável preservar TMR na forma de silagens, a base de palma forrageira e gliricídia, por apresentar padrão de fermentação adequado e conseqüentemente poucas perdas e alta RMS. Estes fatos apontam para a possibilidade de otimizar esses dois importantes recursos forrageiros para regiões áridas e semiáridas, onde sistemas de cultivo consorciados têm apresentado aumento da produtividade por área, além de otimizar a produção de forragem no ponto de vista econômico e nutricional (SANTOS et al., 2018).

As diferenças na degradação das silagens estiveram mais associadas às características nutricionais dos ingredientes utilizados, e portanto, a escolha do percentual de palma forrageira a ser adotado no momento da formulação deve depender diretamente da intensificação do sistema de produção presente na propriedade rural (MACÊDO et al., 2018). Recomenda-se a

realização de mais estudos para avaliações voltadas ao consumo, digestibilidade e desempenho dos animais alimentados com TMRsilages a base de palma e gliricídia.

5. CONCLUSÃO

Com base nas perdas, composição química e degradabilidade *in situ*, TMRsilages com as mais altas proporções de palma forrageira podem ser recomendados para a produção de silagens com adequados valores nutricionais.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDI, S.; SALEM, H.B.; NEFZAOU, A.; VASTA, V.; PRIOLO, A. Silage composed of *Opuntia ficus-indica* f. *inermis* cladodes, olive cake and wheat bran as alternative feed for barbarine lamb. **Acta Horticulturae**, 995: 297–301, 2013.

ABIDI, S.; BEN SALEM, H.; MARTÍN-GARCÍA, A. I.; MOLINA-ALCAIDE, E. Ruminant fermentation of spiny (*Opuntia amyclae*) and spineless (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cactus cladodes and diets including cactus. **Animal Feed Science and Technology**, v. 149, p. 333–340, 2009.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants: an advisory manual** prepared by AFRC Technical Committee on responses to nutrients. Wallingford, UK: Commonwealth Agricultural Bureau International, p.159, 1993.

ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos do semiárido Brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 8-14, 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis**, (15th ed). Association of Official Analytical Chemistry, Arlington, USA, 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official Methods of Analysis**, (16th ed). Association of Official Analytical Chemistry: Washington, DC, USA, 1997.

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

BENDAOU, M.; AÏT OMAR, M. **UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE D'ALIMENTATION UTILISANT DES CACTUS** pour l'engraissement des ovins : applications dans des petites exploitations de la région de Rhamna, Maroc. In: Chentouf M, López-Francos A, Bengoumi M, Gabiña D (eds), *Technology creation and transfer in small ruminants: roles of research, development services and farmer associations. Options méditerranéennes, Series A: Mediterranean Seminars* no. 108. Zaragoza: CIHEAM/INRAM/FAO. pp 279–284, 2013.

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

CAMPOS, F.S.; CARVALHO, G.G.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.; GOIS, G.C.; REBOUÇAS, R.A.; LEÃO, A.G.; SANTOS, S.A.; OLIVEIRA, J.S.; LEITE, L.C.; ARAÚJO, M.L.; CIRNE, L.G.; SILVA, R.R.; CARVALHO, B.M. 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, B. F.; ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; NERI, J.; SCHWAN, R. F. Microbiological and chemical profile of sugar cane silage fermentation inoculated with wild strains of lactic acid bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, v. 195, p. 1-13. 2014.
- WANG, C.; UYENO, Y.; JAYANEGARA, A.; KONDO, M.; BAN-TOKUDA, T.; MATSUI, H. Changes in in vitro rumen fermentation characteristics of different compositions of total mixed rations (TMR) and the ensiled TMRs. **Advances in Animal and Veterinary Sciences**, v. 4, n. 4, p. 178-182, 2016.
- CHEKIR, I.; AYED, L.; HAMDY, M. and BEN SALEM, H. Lactic Fermentation to Improve the Nutritive Value of *Opuntia ficusindica* f. *inermis* Cladodes Mixed with Some Agro-Industrial By-Products. **Acta Horticulturae**, v. 995, p. 319-324, 2013.
- ÇÜREK, M.; ÖZEN, N. Feed Value of Cactus and Cactus Silage Research Article Mustafa. **Turkish Journal of Veterinary and Animal**, v. 28, p. 633–639, 2004.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.D.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M. and AZEVEDO, J.A. **Métodos para análise de alimentos** – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.
- DU TOIT, A.; DE WIT, M.; HUGO, A. Cultivar and harvest month influence the nutrient content of *Opuntia* Spp. cactus pear cladode mucilage extracts. **Molecules**, v. 23, p. 1–12, 2018.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITCHEL, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry**, v. 28, p. 350–356, 1956.
- EDVAN, R.L.; CARNEIRO, M.S.S.; DA SILVA, E.B.; ALBUQUERQUE, D.R.; PEREIRA, E.S.; BEZERRA, L.R.; DA SILVA, A.L.; DE ARAÚJO, M.J. Growth analysis gliricidia under different cutting managements. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, p. 163–169 2016.
- GUSHA, J.; HALIMANI, T. E.; KATSANDE, S.; ZVINOROVA, P. I. The effect of *Opuntia ficus indica* and forage legumes based diets on goat productivity in smallholder sector in Zimbabwe. **Small Ruminant Research**, v. 125, p. 21-25, 2015.
- GUSHA, J.; KATSANDE, S.; ZVINOROVA, P. I.; NCUBE, S. The nutritional composition and acceptability of cacti (*Opuntia ficus indica*)-legume mixed silage. **Online Journal of Animal and Feed Research**, v. 3, n. 2, p. 116-120, 2013.
- GUSMÃO, J. O.; DÁNES, M.A.C.; CASAGRANDE, D.R.; BERNARDES, T.F. Total mixed ration silage containing elephant grass for small-scale dairy farms. **Grass and Forage Science**, v. 73, p. 717-726, 2018.
- HABIBI, Y.; HEYRAUD, A.; MAHROUZ, M.; VIGNON, M. Características estruturais de polissacarídeos pécticos da pele de frutos de cacto espinhoso *Opuntia ficus indica*. **Carbohydrate Research**, v. 339, n. 6, p. 1119–1127, 2004.

HOSODA, K.; HIDEYUKI, O.; YOSHI-NORI, N.; MITSURU, K. Effect of inclusion rate of corn silage in ensiled total mixed ration on dry matter intake, nutrient digestibility, and ruminal fermentation in Japanese Wagyu steer. **Livestock Science**, v. 229, p. 126-130, 2019.

HU, X.; HAO, W.; WANG, H.; NING, T.; ZHENG, M.; XU, C. Fermentation characteristics and lactic acid bacteria succession of total mixed ration silages formulated with peach pomace. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28: 502–510, 2015.

ISAAC, A. A. Overview of Cactus (*Opuntia ficus-indica* (L)): A Myriad of Alternatives. **Studies on Ethno-Medicine**, v. 10, p. 195-205, 2016.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R.A.; and SCHMIDT, P. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, 101–119 2007.

KONDO, M.; SHIMIZU, K.; JAYANEGARA, A.; MISHIMA, T.; MATSUI, H.; KARITA, S.; GOTO, M.; FUJIHARA, T. Changes in nutrient composition and in vitro ruminal fermentation of total mixed ration silage stored at different temperatures and periods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 4, p. 1175-1180, 2016.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3ed, Editora UFSM, 2009, 214p.

KUNG JR, L.; SHAVER, R.D.; GRANT, R.J.; SCHMIDT, R.J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages 1. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4020–4033, 2018.

MA, T.; TU, Y.; ZHANG, N.F.; DENG, K.D.; and DIAO, Q.Y. Effect of the ratio of non-fibrous carbohydrates to neutral detergent fiber and protein structure on intake, digestibility, rumen fermentation, and nitrogen metabolism in lambs. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, 28, p. 1419–1426, 2015.

MACÊDO, A.J.S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L.; EDVAN, R. L.; OLIVEIRA, J. S.; PERAZZO, A. F.; SÁ, W. C. C. S.; PEREIRA, D. M. Silages in the form of diet based on spineless cactus and buffelgrass. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 35, p. 1-9, 2018.

MATIAS, A. G. S.; ARAÚJO, G. G. L.; CAMPOS, F. S.; MORAES, S. A.; GOIS, G. C.; SILVA, T. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; VOLTOLINI, V. Fermentation profile and nutritional quality of silages composed of cactus pear and maniçoba for goat feeding. **The Journal of Agricultural Science**, v.158, n. 4, p. 1-9, 2020.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; Heron, S.J.E. (eds). **The biochemistry of silage** (2nd edn). Marlow Bottom: Chalcombe Publications, 1991.

MERTENS, D. R.; LOFTEN, J. R. The effect of starch on forage fiber digestion kinectis *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p. 1437-1446, 1980.

MIRANDA-ROMERO, L. A.; VAZQUEZ-MENDOZA, P.; BURGUEÑO-FERREIRA, J. A.; ARANDA-OSORIO, G. Nutritive value of cactus pear silages for finishing lambs. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 20, p. 196-215, 2018.

- MOKOBOKI, K.; SEBOLA, N.; MATLABE, G. Effects of molasses levels and growing conditions on nutritive value and fermentation quality of *Opuntia cladodes* silage. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 28, n.3 4488–4495, 2016.
- MONRROY, M.; GARCÍA, E.; RÍOS, K. and GARCÍA, J.R. Extraction and physicochemical characterization of mucilage from *Opuntia cochenillifera* (L.) Miller. **Journal of Chemistry**, v.12, p. 1–9, 2017.
- MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183–191, 2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids*. Washington, DC: National Academy Press, 2007.
- NISHINO, N. et al. Identification of bacteria in total mixed ration silage produced with and without crop silage as an ingredient. **Animal Science Journal**, v. 86, p. 45-50, 2015.
- NOBRE, I. S.; ARAÚJO, G. G. L.; SANTOS, E. M.; CARVALHO, G. G. P.; SOUZA, B. B.; RIBEIRO, O. L.; TURCO, H. N.; CAVALCANTE, A. B.; ALBUQUERQUE, I. R. R. Ingestive behavior and thermoregulation in sheep fed forage cactus silage undergoing intermittent water supply. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 4, p. 1683-1694, 2018.
- NOCEK, J. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.
- OLIVEIRA, A. P.; BAGALDO, A.R.; LOURES, D.R.S.; BEZERRA, L.R.; MORAES, S.A.; YAMAMOTO, S.M.; ARAÚJO, F.L.; CIRNE, L.G.; OLIVEIRA, R.L. Effect of ensiling gliricídia with cassava on silage quality, growth performance, digestibility, ingestive behavior and carcass traits in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 241, 198–209, 2018.
- ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- PEREIRA, G. A.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L.; OLIVEIRA, J. S.; PINHO, R. M. A.; ZANINE, A. M.; SOUZA, A. F. N.; MACÊDO, A. J. S.; CÉZAR NETO, J. M. C.; NASCIMENTO, T. V. C. Isolation and identification of lactic acid bacteria in fresh plants and in silage from *Opuntia* and their effects on the fermentation and aerobic stability of silage. **The Journal of Agricultural Science**, v.157, p. 684-692, 2020.
- PETERA, B.; DELATTRE, C.; PIERRE, G.; WADOUACHI, A.; ELBOUTACHFAITI, R.; ENGEL, E.; PUGHON, L.; MICHAUD, P.; FENORADOSOA, T. A. Characterization of arabinogalactan-rich mucilage from *Cereus triangularis* cladodes. **Carbohydrate Polymers**, v. 127, p. 372-380, 2015.
- PIRHOFER-WALZL, K.; HØGH-JENSEN, K.H.; ERIKSEN, J. M. A.; RASMUSSEN, J.; and RASMUSSEN, J. Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 415–423, 2011.

REN, H.; WANG, C.; FAN, W.; ZHANG, B.; LI, Z.; and LI, D. Effects of formic or acetic acid on the storage quality of mixed air-dried corn stover and cabbage waste, and microbial community analysis. **Food Technology and Biotechnology**, v. 56, p. 71–82, 2018.

SAMPAIO, I. B. M. Métodos estatísticos aplicados à determinação de digestibilidade *in situ*. In: TEIXEIRA, J. C. **Digestibilidade em ruminantes**. Lavras: UFLA, p.165-178, 1997.

SANTOS, E.M.; SILVA, T.C.; MACEDO, C.H.O.; CAMPOS, F. S. **Lactic acid bacteria in tropical grass silages**. In: Kongo JM (ed.), *Lactic acid bacteria – R & D for food, health and livestock purposes*. Rijeka: InTech, 2013.

SANTOS, A. F.; MARIN, A. M. P.; de ARRUDA SARMENTO, M. I. Produtividade da palma forrageira em aleias com *Gliricídia sepium* sob adubação orgânica em diferentes espaçamentos no Semiárido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 3, p. 276-281, 2018.

SANTOS, F.N.S.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; MEDEIROS, G. R.; ZANINE, A. M.; ARAÚJO, G. G. L.; PERAZZO, A. F.; LEMOS, M. L. P.; PEREIRA, D. M.; CRUZ, G. F. L.; PAULINO, R. S.; OLIVEIRA, C. J. B. Fermentation profile, microbial populations, taxonomic diversity and aerobic stability of total mixed ration silages based on Cactus and *Gliricidia*. **The Journal of Agricultural Science**, v.158, p. 396-405, 2020.

SEPÚLVEDA, E.; SÁENZ, C.; ALIAGA, E.; ACEITUNO, C. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. **Journal of Arid Environments**, v. 68, n. 4, p. 534–545, 2007.

SOUZA, A. F. N.; ARAÚJO, G. G. L.; SANTOS, E. M.; AZEVEDO, P. S.; OLIVEIRA, J. S.; PERAZZO, A. F.; PINHO, R. M. A.; ZANINE, A. M. Carcass traits and meat quality of lambs fed with cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) silage and subjected to an intermittent water supply. **Plos one**, v. 15, n. p. 1-20, 2020.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 2009. SAS Institute Inc., SAS User's Guide. SAS Inst., Cary. NC.

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

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

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

XU, C.; CAI, Y.; MORIYA, N.; OGAWA, M. Nutritive value for ruminants of green tea grounds as a replacement of brewers' grains in totally mixed ration silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, p. 228-238, 2007.

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

ZADEH, J.B.; and MORADI KOR, Z. Ruminal protein degradation and estimation of rumen microbial protein production. **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, v.1, p. 914–921, 2013.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; ALMEIDA, J.C.C.; FERREIRA, D.J.; PEREIRA, O.G. Evaluation of the silage of elephant-grass with addition of wheat meal. **Archivos de Zootecnia**, v.55, p. 75–84, 2006.

CAPÍTULO IV

Silagens de rações totais a base de palma forrageira e capim-buffel para cabras em lactação

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da alimentação de cabras com silagens de ração total a base de palma forrageira e capim-buffel sobre a produção e composição do leite bem como sobre os indicadores econômicos da produção de leite. Para o ensaio experimental, foram utilizadas oito cabras leiteiras sem padrão de raça definida, múltíparas em lactação com 40 ± 2 kg de peso corporal. Distribuídos em quadrado latino duplo 4x4, balanceadas de acordo com o período de lactação e produção de leite para avaliar quatro dietas constituídas com diferentes proporções de feno de capim-buffel na matéria seca de rações totais na forma de silagem a base de palma forrageira. A análise econômica foi baseada no cálculo do custo de produção, o qual é representado pela soma de todos os recursos e operações utilizados no processo produtivo. Foi observado diferença significativa ($P > 0,05$) quanto a produção de leite e teores de gordura no leite, da qual seguiram o mesmo comportamento. Os maiores valores foram observados para cabras que receberam a dieta com 30% feno de capim-buffel, apresentando médias de 1,97 (kg/d) de leite e 4,23% de gordura, seguido da dieta com 20%, com produção de 1,46 (kg/d) e 3,39% de gordura. Os outros constituintes do leite não diferiram ($P < 0,05$) entre as dietas estudadas. A alimentação foi o item que mais contribuiu para os custos anuais de produção, com variação de 60% a 66% dos custos totais. Em valores monetários, as dietas com 10 e 23% necessitaram de maior capital investido com alimentação (R\$ 15.273,39/ano em média). Outros custos e depreciação, sendo estes custos comuns para os quatro cenários avaliados. Os indicadores de análise financeira mostraram que ao preço de venda praticado de R\$ 2,13 o litro de leite, foi viável para todas as dietas comprovado pelo que foi produzido (leite), o que influenciou no aumento das receitas. O índice de lucratividade se apresentou positivo apenas para a dieta com 30% de inclusão de feno de capim-buffel, apresentando um valor de 1,6 R\$, enquanto a taxa de rentabilidade ficou em 60%. As dietas com 30% de feno de capim-buffel promoveram aumento na produção de leite e alterações nos percentuais de gordura. A simulação para produção de 100 cabras leiteiras ao ano proporcionou receitas superiores aos custos de produção, resultando em indicadores econômicos positivos para todos os cenários avaliados.

Palavras-chave: desempenho, fibra, indicadores financeiros, teores de gordura

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of feeding goats with total ration silages based on forage cactus and buffel grass on the production and composition of milk, as well as on the economic indicators of milk production. For the experimental trial, eight dairy goats without defined breed standard, multiparous in lactation with 40 ± 2 kg of body weight were used. Distributed in a 4x4 double latin square, balanced according to lactation period and milk production to evaluate four diets constituted with different proportions of buffel grass hay in the dry matter of total rations in the form of cactus-based silage. The economic analysis was based on the calculation of the production cost, which is represented by the sum of all resources and operations used in the production process. A significant difference ($P>0.05$) was observed in terms of milk production and milk fat content, which followed the same behavior. The highest values were observed for goats that received the diet with 30% buffel grass hay, with averages of 1.97 (kg/d) of milk and 4.23% of fat, followed by the diet with 20%, with production of 1.46 (kg/d) and 3.39% fat. The other constituents of milk did not differ ($P<0.05$) among the studied diets. Food was the item that most contributed to annual production costs, ranging from 60% to 66% of total costs. In monetary values, diets with 10 and 23% needed more capital invested in food (R\$ 15. 273,39/year on average). Other costs and depreciation, these costs being common for the four evaluated scenarios. The financial analysis indicators showed that at the selling price of R\$ 2.13 per liter of milk, it was feasible for all diets, proven by what was produced (milk), which influenced the increase in revenue. The profitability index was positive only for the diet with 30% inclusion of buffel grass hay, presenting a value of 1.6 R\$, while the profitability rate was 60%. Diets with 30% of buffel grass hay promoted an increase in milk production and alterations in the percentage of fat. The simulation to produce 100 dairy goats per year provided revenues higher than production costs, resulting in positive economic indicators for all evaluated scenarios.

Keyword: performance, fiber, financial indicators, fat content

1 INTRODUÇÃO

Em caprinos, tanto no segmento de leite como de carne, o objetivo dos produtores é de melhorar a produtividade e a estabilidade da produção ao longo do ano. Apesar disso, o desempenho dos animais é geralmente limitado pela disponibilidade de forragem que sofre grande influência das condições climáticas (PINHO et al., 2018).

Os longos períodos de estiagem no semiárido do Nordeste brasileiro têm prejudicado a criação de pequenos ruminantes, principalmente pela falta de alimentos e água. Dessa forma, a demanda por alimentos para os animais ao longo do ano em regiões que apresentam baixas precipitações pluviométricas, aumenta-se a procura por alternativas alimentares que permitam um bom desempenho dos rebanhos e ao mesmo tempo represente uma atividade econômica aos sistemas de produção.

Nas últimas décadas tem se observado em grande escala a utilização da palma forrageira na alimentação de animais ruminantes em diversas regiões do mundo (TEGEGNE et al., 2007; COSTA et al., 2009; ANDRADE-MONTEMAYOR et al., 2011; PINHO et al., 2018). E no Nordeste Brasileiro o uso desse recurso forrageiro tem sido bastante expressivo na alimentação de caprinos.

Entretanto, seu uso exclusivo na alimentação de ruminantes não é indicado, em função de seus baixos teores de fibra em detergente neutro, a palma forrageira necessita ser associada a uma fonte de fibra de alta efetividade para a manutenção normal do rúmen, a fim de prevenir desordens metabólicas. Além disso, quando utilizada como alimento exclusivo pode resultar em baixas produções de leite, redução do teor de gordura, além de desenvolver diarreia, devido ao baixo conteúdo de fibra (TEGEGNE et al., 2005).

Dessa forma, o capim-buffel tem sido amplamente utilizado como fonte de volumoso, tendo em vista sua adaptação as condições locais, bem como seu potencial de produção em matéria seca, variando de 5 a 20 t ha⁻¹ sendo categorizado como excelente opção para compor rações (FREITAS et al., 2013).

Silagem na forma de ração à base de palma forrageira e capim-buffel na alimentação de ruminantes foi hipotetizada pela primeira vez por Macêdo et al. (2018), com o objetivo de atender as exigências nutricionais de ovinos, melhorar o aproveitamento dos recursos alimentares, e intensificar a utilização do palmal. Outrossim, silagens de rações completas têm sido utilizadas em todas as partes do mundo, principalmente no segmento da bovinocultura leiteira e no setor comercial, de modo que essa tecnologia assume a combinação de forragens, grãos, alimentos proteicos até ingredientes com altas concentrações de umidade, em uma única mistura para atender as exigências nutricionais de animais de produção (YUAN et al., 2016).

Porém, pouco se conhece o efeito dessas rações no tocante aos resultados com caprinos leiteiros na região semiárida do Brasil, e seus efeitos na dinâmica do sistema produtivo e de seus derivados. Face ao exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da alimentação de cabras com silagens de ração total a base de palma forrageira e capim-buffel sobre a produção e composição do leite bem como sobre os indicadores econômicos da produção de leite.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de execução e período experimental

O experimento foi conduzido em uma propriedade localizada a 7° 23' 26" de latitude Sul e 36° 48' 30" de longitude Oeste, a 529 m de altitude, inserida no município de São José dos Cordeiros, mesorregião da Borborema, e na microrregião do Cariri Ocidental. Apresenta clima Bsh (semiárido quente), segundo a classificação de Köppen, com chuvas de fevereiro a junho, com precipitação e temperatura média anuais em torno de 551,7 mm e 23 °C, respectivamente.

2.2 Manejo dos animais e dietas experimentais

Para o ensaio experimental, foram utilizadas oito cabras leiteiras mestiças pardas alpinas (SRD), múltiparas em lactação com 40 ± 2 kg de peso corporal, alojadas em baias individuais, do tipo "Tie Stall", provida de comedouro e bebedouro. No período que antecedeu o experimento, os animais foram pesados, vermifugados e alocados nas baias para adaptação às instalações e dietas.

Os animais foram distribuídos em um duplo quadrado latino 4x4, balanceadas de acordo com o período de lactação e produção de leite. As dietas foram compostas por palma forrageira, capim-buffel e concentrado, sendo os tratamentos representados pelos diferentes teores de capim-buffel na matéria seca da ração: 0% de capim buffel; 10% de capim buffel; 20% de capim buffel e 30% de capim buffel (Tabela 1). O farelo de trigo foi incluído nas dietas como fonte de fibra à medida que se retirava o feno de capim-buffel da dieta. As dietas utilizadas foram formuladas para serem isonitrogenadas, e para atender às exigências, segundo o NRC (2007), de cabras pesando, em média 40 kg e produzindo 2,0 kg de leite por dia, com 4,0% de gordura. Cada período experimental teve duração de 15 dias (10 de adaptação e ajuste do consumo voluntário e 5 dias para coleta de dados).

Tabela 1- Proporções dos ingredientes e composição química das dietas experimentais com base na matéria seca (g kg⁻¹ MS)

Ingredientes	Feno de capim-buffel (%MS)				
	0	10	20	30	
Palma forrageira	20,91	20,91	20,91	20,91	
Feno de Buffel	0,00	9,91	19,81	29,72	
Farelo de Soja	9,08	12,22	15,30	18,44	
Milho	28,62	25,48	22,40	19,26	
Farelo de trigo	40,45	30,54	20,64	10,73	
Núcleo Mineral	0,94	0,94	0,94	0,94	
Composição nutricional dos ingredientes (g kg ⁻¹ MS)					
Item	Palma	Feno de Capim-buffel	Farelo de Soja	Milho	Farelo de Trigo
Matéria seca	100,03	869,40	886,42	887,67	876,48
Proteína Bruta	57,00	53,10	487,90	90,00	166,80
Extrato etéreo	16,12	15,50	17,66	30,00	35,60
Fibra em detergente neutro	280,02	673,72	140,56	160,32	422,30
Fibra em detergente ácido	98,70	422,45	132,70	-	132,70
Carboidratos não fibrosos	537,40	86,00	290,45	600,87	338,00
Composição química das dietas (g/kg MS)					
Matéria Seca		282,7	343,3	388,5	465,3
Proteína bruta		141,8	142,2	142,7	142,2
Extrato Etéreo		31,15	28,3	25,2	22,0
Fibra em detergente neutro		357,5	372,6	387,8	402,9

2.3 Produção e composição do leite

As cabras foram ordenhadas manualmente, nos horários de 06:00 horas da manhã e 15:00 da tarde. A produção e a composição do leite foram estimadas com base em duas ordenhas diárias e em cinco dias de coletas durante cada período experimental os procedimentos de ordenha e manipulação do leite seguiram as recomendações do Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do leite de Cabra (BRASIL, 2000). As análises dos parâmetros físico-químicos foram realizadas por medida direta através do equipamento Farm Eco Analisador de leite Ultrassônico (Ekomilk Ltd.®). Nas amostras foram determinados os teores de proteína, lactose, gordura, sólidos totais, sólidos não gordurosos e ponto de

congelamento (°C). As análises do leite foram realizadas no Laticínio Escola do departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba.

2.4 Avaliação econômica

Para avaliação econômica foi realizada a análise descritiva dos dados, utilizando-se planilhas do software Excel com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica em sistemas de produção agropecuária, o qual possibilita a análise do custo de produção e dos indicadores de viabilidade econômica derivados do mesmo (GUIDUCCI et al. 2012).

Os investimentos referentes à implantação do sistema de produção foram: aprisco com área de 144 m², com 50% dessa área, coberta e, os outros 50%, constituído de solário. Além disso, fizeram parte do investimento a aquisição de equipamentos para produção de cabras de leite, tal como farrageira, balança e uma betoneira para mistura dos ingredientes que irão compor as silagens de rações completas.

A análise de custo foi baseada no cálculo do custo de produção, o qual é representado pela soma de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) utilizados no processo produtivo. O custo variável foi composto pelos itens alimentação, sanidade, mão-de-obra, manutenção dos equipamentos, depreciação, custos de oportunidade, e outros custos (alimentação do manejador, caderno zootécnico e energia elétrica) (GUIDUCCI et al., 2012). Esses gastos foram levantados com base em cotações dos preços dos produtos no Estado da Paraíba. Os custos com alimentação foram compostos pelos preços e quantidades fornecidas dos ingredientes das dietas, com base na matéria natural.

Como custo com mão-de-obra, foi considerado a manutenção de um funcionário em regime temporário para manejar um lote confinado de 50 animais/ciclo. A remuneração teve como base o salário-mínimo vigente no ano previsto para análise.

O preço de compra dos animais foi considerado como investimento e não como custo de produção, e o de venda do leite produzido foi de acordo com o preço praticado na região do cariri Paraibano. Assim, a receita foi formada a partir da comercialização da produção de cabra em lactação, e venda de cabritos, considerando-se para a venda do leite o volume produzido por dieta, multiplicado pelo preço de venda.

Os indicadores de eficiência econômica foram: receita total (RT), custo total (CT), renda líquida (RL), renda da família (RF), ponto de nivelamento (PN) e produtividade total dos fatores (PTF), calculados conforme Guiducci et al. (2012). Os indicadores financeiros considerados foram: valor presente líquido (VPL), valor presente líquido anualizado (VPLa), prazo de retorno de investimento (Payback), taxa interna de retorno (TIR), taxa interna de retorno modificada

(TIR_m), índice de lucratividade (IL) e taxa de rentabilidade (TR), calculados conforme Guiducci et al. (2012). Para tanto, simulou-se fluxos de caixa para o período de dez anos.

Para a realização da análise de sensibilidade, os itens que compõem os fluxos de caixa de cada sistema foram estudados individualmente. Neste trabalho, para realização da análise de sensibilidade, adotou-se a taxa de desconto de 6% ao ano considerando uma variação de 30%, tanto no sentido favorável quanto no desfavorável para os resultados de cada sistema, ou seja, nos preços de cada item que compõem o fluxo de caixa. A partir daí, foi possível observar qual item teve maior efeito sobre o indicador de resultado econômico. Os resultados dos parâmetros zootécnicos obtidos foram extrapolados para um sistema de criação com 50 cabras confinadas durante diferentes períodos de acordo com o tempo necessário para atingirem o peso de cobertura, totalizando dois ciclos de produção e 100 cabras em produção por ano. Esta extrapolação foi realizada para que a análise econômico/financeira pudesse ser realizada em base científica e em economia de escala.

2.4 Delineamento experimental e Análise estatística

Os dados de composição e produção do leite foram analisados em um duplo quadrado latino 4×4 . Foi assumida a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância e às médias foram comparados usando o teste de Tukey a 5% ($P < 0,05$) de probabilidade, pelo Sistema de Análise Estatística 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, EUA), de acordo com o modelo estatístico abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \beta_k + \Sigma_{ijk},$$

Onde Y_{ijk} = variável dependente, μ = média geral, α_i = efeito fixo dos i -ésimos teores de feno, β_j = efeito aleatório do j -ésimo animal, β_k = efeito aleatório do k -ésimo período e Σ_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

3 RESULTADOS

3.1 Produção e composição do leite

Foi observado diferença significativa ($P > 0,05$) quanto a produção de leite e teores de gordura no leite, da qual seguiram o mesmo comportamento (Tabela 1). Os maiores valores foram observados para cabras que receberam a dieta com 30% feno de capim buffel, apresentando médias de 1,97 (kg/d) de leite e 4,23% de gordura, seguido da dieta com 20%, com produção de 1,46 (kg/d) e 3,39% de gordura. Os outros constituintes do leite não diferiram ($P < 0,05$) entre as dietas estudadas.

Tabela 2-Produção e composição do leite de cabras alimentadas com silagens de ração completa contendo diferentes teores de feno de capim-buffel na dieta.

Variável	% Feno de capim-buffel				EPM	P valor
	0	10	20	30		
Leite (kg/d)	1,00 C	1,06 C	1,46B	1,97A	0,0691	0,0143
Gordura (%)	2,19 C	2,88 C	3,39 B	4,23 A	0,2385	0,0001
Proteína (%)	3,45	3,26	3,17	3,70	0,2148	0,3403
Lactose (%)	5,20	4,86	4,73	5,45	0,3671	0,4640
Sólidos Totais (%)	9,74	8,87	8,71	10,06	0,6759	0,4087
SNG (%)	0,81	0,73	0,71	0,83	0,061	0,4054
Densidade (%)	34,54	25,52	31,12	30,43	2,735	0,1742
PC (°C)	-0,63	-0,56	-0,54	-0,64	0,0579	0,5492

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade SNG= Sólidos não gordurosos; PC= Ponto de crioscopia

3.2 Análise econômica

A alimentação foi o item que mais contribuiu para os custos anuais de produção, com variação de 60 a 66% dos custos totais. As dietas que apresentaram maiores custos foram as dietas com a partir de 10% de inclusão de feno de capim-buffel. Em valores monetários, as dietas com 10 e 23% necessitaram de maior capital investido com alimentação (R\$ 15.273,39/ano em média). Outros custos e depreciação, sendo estes custos comuns para os quatro cenários avaliados (Tabela 3).

Tabela 3-Custos anuais (R\$) de produção de um sistema em confinamento de cabras em lactação

Custos	%Feno de capim- buffel			
	0	10	20	30
Alimentação	13.159,00	15.285,38	15.261,40	14.876,97
Sanidade	100,75	100,75	100,75	100,75
Outros custos ¹	792,90	798,40	770,40	1.596,80
Depreciação	550,00	500,00	550,00	550,00
Custo de oportunidade	1.130,53	1.741,01	1.837,95	2.912,77

¹ Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural e Incra

O segundo fator que mais contribuiu com as despesas dos sistemas foram os custos de oportunidade, onde em termos percentuais, o sistema de criação com a dieta 30% apresentou maior custo de produção. De uma forma geral, os custos com sanidade animal ficaram abaixo de 1% de todo o capital necessário para a formação e manutenção de um rebanho de cabras de leite.

Com relação a margem líquida, as dietas que apresentaram maiores retornos também foram as dietas com 30% seguida das dietas de 20%.

A dieta com 30% foi também aquela que apresentou maior lucratividade, porém todas foram positivas. A respeito do ponto de nivelamento, as dietas 10 e 20% foram similares, a dieta com 30% foi superior. O custo-benefício se apresentou maior quando utilizadas as dietas com 0 e 20% de feno de capim-buffel (Tabela 4).

Tabela 4-Indicadores econômicos (R\$) da produção de cabras leiteiras em confinamento alimentadas com silagens de ração completa com teores de feno de capim- buffel com produção por ciclo.

Indicadores econômicos	%Feno de capim buffel			
	0	10	20	30
Receita total	38.475,00	42.750,00	44.175,00	56.715,0
Custo total	15.793,29	18.425,60	18.520,50	25.568,88
Margem bruta	24.422,24	26.565,47	28.042,45	34.668,88
Margem líquida	23.812,24	26.065,47	27.492,45	34.058,80
Lucratividade (Renda Líquida)	22.681,71	24.324,40	25.654,50	31.146,12
Ponto de nivelamento (Animal)	5.542,00	6.465,00	6.498,00	8.972
B/C	2,44	2,32	2,39	2,22
Custo total (Kg produzido)	1,17	1,23	1,19	1,28

B/C= relação Benefício/Custo

Os indicadores de análise financeira mostraram que ao preço de venda praticado de R\$ 2,13 o litro de leite, foi viável para todas as dietas comprovado pelo que foi produzido (leite), o que influenciou no aumento das receitas. Ainda no que diz respeito a análise financeira, o valor presente líquido foi positivo para as quatro dietas avaliadas, o que indica que as mesmas foram viáveis, confirmado pelos valores de pay-back descontados, dessa forma as dietas apresentaram o mesmo período de tempo para recuperar o capital investido.

Tabela 5-Análise financeira da produção de cabras leiteiras em confinamento alimentadas com silagens de ração completa com teores de feno de capim-buffel.

Indicadores Financeiros	%Feno de capim-buffel			
	0%	10%	20%	30%
VPLa (R\$)	15.370,39	18.605,26	19.158,38	23.834,79
Pay-back descontado (anos)	5,88	10,00	10,00	5,21
TIR - (% a.a.)	43,69	61,78	57,38	61,57
TIRM - (% a.a.)	19,39	23,36	22,48	23,32
Índice de lucratividade	3,28	4,55	4,24	4,54
Taxa de Rentabilidade (%)	228,54	355,68	324,15	354,40

VPL= valor presente líquido; VPLa= Valor presente líquido anualizado; TIR=Taxa interna de retorno; TIRM=Taxa interna de retorno modificada ao ano.

O índice de lucratividade se apresentou positivo para as quatro dietas, porém a dieta com 30% de inclusão de feno de capim-buffel, apresentando um valor de 2,5 R\$, enquanto a taxa de rentabilidade ficou em 100%.

4 DISCUSSÃO

4.1 Produção e composição do leite

Os resultados indicaram que o aumento dos teores de feno na dieta em até 30% da matéria seca, promoveram melhoria no desempenho produtivo das cabras, no tocante ao volume de leite produzido, dessa forma vale ressaltar que houve um equilíbrio entre a combinação dos componentes da dieta que potencializaram a utilização do feno. A literatura é escassa quanto a resultados de produção de leite de cabras com utilização de palma na dieta. As dietas foram formuladas para atender uma produção de 2 kg de leite por dia de acordo com os requerimentos nutricionais do NRC (2007), da qual as dietas com a partir de 20% de inclusão de feno de capim-buffel obtiveram resultados próximo do esperado.

Yuan et al. (2016), destacaram que silagens de rações têm sido amplamente utilizadas no mundo inteiro, principalmente na atividade leiteira, no que diz respeito a combinação de forragens, grãos e aditivos em mistura única para atender os requerimentos nutricionais dos animais, ingredientes que estejam disponíveis na região e de fácil acesso.

A alimentação tem sido apontada como um fator preponderante na manipulação dos componentes do leite, dessa forma há um entendimento de que a gordura é o componente do leite mais sensível a influência da dieta (COSTA et al., 2009). O que implica na afirmação de que as variações dos teores de feno de capim-buffel nas dietas a base de palma forrageira foram suficientes para promover alteração na produção e composição do leite a nível de gordura. Dessa forma fica evidente os efeitos associados ausência da fibra na dieta, principalmente aquelas com altas proporções de palma forrageira, no que diz respeito a gordura do leite. O mesmo comportamento foi observado por Costa et al. (2010) quando estudaram os efeitos da substituição de fubá de milho por palma na dieta de cabras em lactação, os constituintes do leite não se modificaram exceto os percentuais de gordura, que apresentaram uma redução linear com a substituição do fubá por palma forrageira.

Estudos com o propósito de avaliar a palma em dietas para pequenos ruminantes, sugerem que a inclusão de uma fonte de fibra efetiva advinda de forragens é obrigatória em dietas contendo palma forrageira, visando não só manter a saúde do animal como também aumentar o desempenho produtivo (VIEIRA et al., 2008).

Em suma, Fredeen, (1996) reportou que a dieta representa 50% das variações de gordura e proteína, porém, não afeta o conteúdo de lactose. Nesse caso, não somente a lactose, como também a proteína do leite não foram alteradas. As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas e dessa forma, o teor de proteína da dieta teve baixa influência na porcentagem de proteína do leite.

Dessa forma, corrobora com as afirmações de González et al. (2001), ao reportarem que a adição extra de proteína na alimentação, independente da degradabilidade ruminal, apresenta pouco ou nenhum efeito significativo na porcentagem de proteína no leite.

Em suma, os benefícios da inclusão de FDN do feno de capim-buffel foi muito importante para assegurar a composição e produção de leite das cabras, reforçando ainda mais a importância de se produzir uma fonte volumosa para associação com palma forrageira e concentrado em silagens de ração total para cabras leiteiras.

4.2 Avaliação econômica

Dentro de um sistema de produção, principalmente em confinamento, os maiores custos estão relacionados com alimentação, podendo representar cerca de 70 a 80 % dos custos totais (RESTLE e VAZ, 1999). Dessa forma, à medida que aumenta a participação de concentrados nas dietas principalmente o farelo de soja, esses custos tendem em serem mais altos, como foi o caso das dietas de 20 e 30% de inclusão de feno de capim- buffel. Os custos anuais de produção de cabras leiteiras observados nesta pesquisa, corroboram com os achados de várias outras pesquisas com animais confinados (BARROS et al., 2015, PINTO et al., 2014, STIVARI et al., 2014, ARAÚJO, 2019) os quais observaram que, dentre os itens que compõem os custos de produção, de uma forma geral, as despesas com alimentação é o item de maior impacto sobre o custo total de produção.

Susin (2001), afirmou que no sistema de confinamento as dietas que apresentam um custo mínimo são aquelas com maior participação do concentrado. Todavia, é importante considerar que dietas que apresentam menores custos nem sempre são aquelas que dão um retorno imediato ao produtor, de fato são dietas com menores gastos, levando em consideração o investimento para essa atividade leiteira no semiárido, bem como as condições dos produtores, as dietas mais atrativas foram as com 10, 20 e 30% de feno de capim-buffel, comprovado pelas receitas totais.

As maiores receitas estão relacionadas com a produção e com o maior custo, assim, para alcançar esses níveis de receita, o criador incorre a um custo total de R\$ 17.454,85 a 26.521,98. Porém, estes custos podem ser encobertos a depender do ponto de nivelamento que

nesse caso é representado pelo leite que foi comercializado. Com relação a lucratividade, verificou-se que a maior eficiência econômica foi para as dietas a partir de 10% de feno de capim-buffel, dessa forma leva ao produtor um horizonte de investimento que o norteará na tomada de decisões para qual sistema irá ser mais aplicável e rentável na atual situação. Ressalta-se que o custo de oportunidade não deve ser compreendido como um desembolso efetivo do produtor de cabras de leite e sim como renda implícita. Dessa forma, todos os fatores de produção (terra, trabalho e capital) estão sendo computados para uma melhor análise econômica de cada sistema de produção. Assim, quando são incluídos todos os componentes, mesmo que o lucro fosse zero, não haveria razões para que o produtor abandone a atividade, pelo motivo de que ele está recebendo pelo uso de seus próprios fatores de produção (STIVARI et al., 2014).

Entretanto, apesar de se ter um aumento nos custos totais, com alimentação principalmente, foi possível observar que a resposta das cabras frente a essas dietas compensou o aumento de custos, de forma a proporcionar melhores indicadores econômicos, ao se optar por utilizar uma quantidade mais elevada de concentrado no período de menor preço de venda do mesmo, além do fato de que os cenários que apresentaram maiores custos, também foram aqueles em que as cabras apresentaram maiores produção de leite e com teores de gordura satisfatórios (Tabela 2).

A análise do ponto de nivelamento ou ponto de equilíbrio, representa a quantidade de venda produzida necessária para cobrir os custos totais, dessa forma os resultados mostraram que os menores valores também coincidiram com as dietas que apresentaram os menores custos totais. Portanto, esses valores representam o nível de produção necessária para que a renda líquida gerada nessas condições seja igual a zero, ou seja, maximizam a renda líquida gerada em condições de concorrência, no entanto se o ponto de nivelamento for menor, a renda é comprometida e o sistema não será rentável, tal condição não se aplica para este estudo, uma vez que todas as dietas apresentaram ponto de nivelamento positivo, variável que direciona a tomada de decisões dos pecuaristas.

Analisando-se a situação mínima desejada para a exploração da atividade leiteira no semiárido com um rebanho sem padrão de raça definido, onde a produtividade média nessas condições foi de 1,97 L/cabra/dia nas dietas com 30% de feno de capim buffel considerada a mais rentável, pelo volume de leite produzido, o desempenho econômico da exploração ficou com relação benefício/custo de 2,3%, isso significa que para cada R\$ 1,00 utilizado no custo total, haverá um retorno de R\$ 2,36.

O ponto de nivelamento também confirma rentabilidade econômica da atividade, pois, se forem mantidas constantes a venda do leite, e a venda dos cabritos, ou até mesmo a venda de matrizes, a produtividade compensará ainda mais os custos investidos em todas as dietas avaliadas, a avaliação também mostrou que o produtor não terá prejuízo na escolha dos cenários a ser aplicado na propriedade, podendo escolher o cenário que mais se aplicar no seu sistema. No tocante a comercialização de matrizes, pode ser apontada como um dos principais gargalos nestes sistemas avaliados. Apesar deste mercado encontrar-se em formação, a tendência é favorável, e dessa forma Lôbo et al. (2017) destacaram que a criação de caprinos leiteiros tem apresentado tendência em crescimento, principalmente na região nordeste brasileira.

Mesmo que a taxa de juros seja definida em 6% ao ano, o valor presente líquido indica ser a melhor opção de retorno de investimento e remuneração de capital, do qual pode ser comprovado pela taxa de rentabilidade, que foi positiva para as quatro dietas. Quando o VPL também for positivo e a taxa interna de retorno for positiva, significa que está havendo rentabilidade do sistema de produção, sendo o mais atrativo aquele que apresenta maior VPL (BARROS et al., 2015). O valor presente anualizado (VPLa) também seguiu o mesmo segmento para o cenário avaliado, que foi a dieta com 30% de feno de capim-buffel.

Vale ressaltar ainda que, todas as dietas apresentaram o mesmo espaço de tempo para recuperar o capital investido, apresentando valores de pay-back inferiores ou igual a dez anos. Dessa forma, o pay-back é descrito como um indicador que descreve o período necessário para recuperar o investimento, quanto maior, mais tempo levará para o produtor obter equilíbrio entre o que foi investido e entre a renda líquida.

É importante destacar que as informações utilizadas para essa avaliação, foram projeções para o futuro dos valores das variáveis que formam o fluxo de caixa, dessa forma, são estimativas sujeitas a erros, como por exemplo, mortalidade de animais, algo que faz com que a caprinocultura leiteira tenha baixos índices zootécnicos. Araújo, (2019) destacou outra limitação que se refere à determinação do risco, uma vez que, além do risco econômico, há risco inerente às condições de clima, mesmo se tratando de animais em confinamento, a dependência na aquisição dos alimentos que compõem as dietas dessas cabras pode mudar de forma significativa, o que pode comprometer a produção leiteira, haja vista que o custo com alimentação tem grande significância nos custos de produção.

Em trabalhos com a espécie ovina, Bendaou et al. (2013), ressaltaram que silagens de rações completas além de fornecer resultados satisfatórios no tocante ao desempenho animal, fornecem informações precisas acerca dos custos ao confeccionar essas dietas quando comparadas as dietas convencionais.

Os indicadores não só apontam os benefícios de ser terem rações balanceadas dentro do silo por um longo período, como validam a hipótese de que os custos do sistema no diz respeito a mão de obra são reduzidos, uma vez que esse é um custo, que tem sido um dos que mais contribuem com as despesas dentro do sistema de produção. Os cenários avaliados através das dietas apontaram viabilidade positiva, apresentando retorno em um curto espaço de tempo, dessa forma, o produtor terá uma visão de qual cenário se adequará ao seu sistema de criação. Assim, a simulação para produção de 100 cabras leiteiras proporcionou receita superior aos custos de produção, resultando em indicadores econômicos positivos para todos os cenários avaliado.

5 CONCLUSÃO

As dietas com 30% de feno de capim-buffel promoveram aumento na produção de leite e alterações nos percentuais de gordura. A simulação para produção de 100 cabras leiteiras ao ano proporcionou receitas superiores aos custos de produção, resultando em indicadores econômicos positivos para todos os cenários avaliados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, R.A. **Torta de mamona destoxicada por soluções alcalinas em dietas de fêmeas caprinas leiteiras**. 2019. 258 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- ANDRADE-MONTEMAYOR, H. M.; CORDOVA-TORRES, A. V.; GRACÍA- GASCA, T. et al. Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* ssp.) and Nopal (*Opuntia* ssp.) **Small Ruminant Research**, v.98, p.83-92, 2011.
- BARROS, C. S.; MONTEIRO, A. L. G.; POLI, C. H. E.C.; FERNANDES, M. A. M.; ALMEIDA, R.; FERNANDES, S. R. Resultado econômico da produção de ovinos para carne em pasto de azevém e confinamento. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 77-85, 2009.
- BARROS, M. C. C.; MARQUES, J. A.; SILVA, R. R.; SILVA, F. F.; COSTA, L. T.; GUIMARÃES, S.; SILVA, L. L.; GUSMÃO, J. J. N. Economic viability of crude glycerin in diets for lambs finished in feedlot. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina. v. 36, n. 5, p. 443-452, 2015.
- BENDAOU M.; AÏT OMAR M. Une nouvelle technologie d'alimentation utilisant des cactus pour l'engraissement des ovins: aplicações dans des petites explorações de la Région de Rhamna, Maroc. In: Chentouf M, Lopez-Francis A, Bengoumi 2013.
- COSTA, G.R.; QUEIROGA, R. C.E.; PEREIRA. Influence of feed on the production on quality of goat milk. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. especial. Viçosa, Julho, 2009.
- COSTA, R. C.; BELTRÃO FILHO, E. M.; MEDEIROS, A. N. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. **Small Ruminant Research**, 82:65-65, 2009.
- FREDEEN A.H. Considerations in the nutritional modification of milk composition. **Animal Feed Science and Technology** v.59, p.185-197, 1996.
- FREITAS, P.M.D.; SANTOS, E.M.; RAMOS, J.P.F.; BEZERRA, H.F.C.; SILVA, D.S.; SILVA, I.F.; PERAZZO, A.F.; PEREIRA, G.A. Effect of organic fertilization and stubble height on the production biomass of buffel grass. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 3, p. 587-598, 2013.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; DÜRR,J.W.; FONTANELI, R.S.; et al. Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras. Porto Alegre: Gráfica UFRGS, p.77, 2001
- GUIDUCCI, R.C.N.; ALVES, E.R.A.; LIMA FILHO, J.R.; MOTA, M.M. Aspectos metodológicos da análise de viabilidade econômica de sistemas de produção. Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuário. Brasília: Embrapa. pp. 17-78.2012.
- LÔBO, A. M. B. O.; LÔBO, R. N. B.; FACÓ, O.; SOUZA, V.; ALVES, A. A. C.; COSTA, A. C.; ALBUQUERQUE, M. A. M. Characterization of milk production and composition of four exotic goat breeds in Brazil. **Small Ruminant Research**, Amsterdam. v. 153, n. 5, p. 9-16, 2017.

MACÊDO, A.J.S.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.L.; EDVAN, R.L.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F.; SÁ, W.C.C.S.; PEREIRA, D.M. Silages in the form of diet based on spineless cactus and buffelgrass. **African Journal of Range & Forage Science** v. 2, 1–9, 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2007. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids**. Washington, DC: National Academy Press, 2007.

PINHO R.M,A.; SANTOS, E.M.; DE OLIVEIRA, J.S.; DE CARVALHO, G.G.P.; DA SILVA T.C.; MACÊDO, A.J.D.S.; CORRÊA, Y.R.; ZANINE, A.M. Does the level of forage neutral detergent fiber affect the ruminal fermentation, digestibility and feeding behavior of goats fed cactus pear? **Animal Science Journal**. v.9(10), p.424-143, 2018

PINTO, C. W. C.; COSTA, J. M. O.; NOBREGA JR, J. E. Alternativa para produção de cordeiros Santa Inês em confinamento, alimentados com subprodutos da agroindústria. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia. v. 35, n. 4, p. 185-190, 2014.

RESTLE, J.; VAZ, F.N. Confinamento de bovinos definidos e cruzados. In: LOBATO, J.F.P.; BARCELLOS, J.O.J.; KESSLER, A.M. Produção de bovinos de corte. Porto Alegre : **EDIPUCRS**, p.141-168, 1999.

STIVARI, T. S. S.; CHEN, R.F.F.; GAMEIRO, A.H.; MONTEIRO, A.L.G.; RAINERI, C.; SILVA, J. B. A. Feasibility of grazing sheep production systems using long-term economic indicators and the methodology of the soil expectation value. **Brazilian journal of veterinary research and animal science**, São Paulo. v. 51, n. 3, p. 149-157, 2014.

VIEIRA, E. L.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A. et al. Effects of hay inclusion on intake, in vivo nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) based diets. **Animal and Feed Science Technology**, v.141, p.199-208, 2008.

YUAN, X.; WEN, A.; WANG, J.; GUO, G.; DESTA, S.T.; SHAO, T. Effects of ethanol, molasses and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of total mixed ration silages in the Tibetan plateau of China. **Animal Science Journal**, v. 87, p. 681-689, 2016.

TEGEGNE, F.; KIJORA, C. PETERS, K.J. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. **Small Ruminant Research**, v.72, p.157-164, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Ao se optar por utilizar palma forrageira e gliricídia para compor silagens de rações totais (TMR), permite viabilizar a utilização de duas culturas que são tidas como problemáticas quando ensiladas de forma exclusiva. De posse dos resultados, um cacto e uma leguminosa quando ensilados conjuntamente mostraram eficiência durante a dinâmica fermentativa, direcionando para um adequado perfil fermentativo, comprovado pelas baixas perdas de uma forma geral, além de proporcionar um ambiente favorável para propagação de microrganismos benéficos para massa ensilada, a exemplo dos *Lactobacillus*, que operam em condições favoráveis.

Além disso, a tecnologia de rações totalmente misturadas permitiu o aproveitamento de outros recursos xerófilos disponíveis em regiões semiáridas, como por exemplo o capim-buffel, que se destaca como uma boa opção para compor rações, tanto pela adaptação em condições de baixa pluviosidade, quanto pela sua contribuição de fibra para atender os requerimentos nutricionais de ruminantes.

Quando o feno de capim-buffel foi objeto de estudo em silagens a base de palma forrageira em níveis crescentes, resultaram em aumentos na produção e nos teores de gordura do leite de cabras em lactação, demonstrando a importância desse recurso na dieta de caprinos leiteiros. Quando se trabalha com animais de natureza leiteira, o principal objetivo é alcançar bons índices de produção de leite durante todo ano, e para conseguir essa eficiência produtiva, a dieta dos animais deve ser adequadamente balanceada em nutrientes que possam aumentar eficiência energética e proteica do rúmen.

Assim, a combinação de ingredientes em uma única mistura dentro do silo é interessante, pois além de diminuir os custos com mão-de-obra, podem ser de menor custo quando comparadas com rações convencionais, dessa forma a ração totalmente misturada estará balanceada em quantidade de fibra, energia, proteína, minerais e que estarão prontamente disponíveis para o animal.

Por fim, esse trabalho poderá contribuir para validação da utilização da TMR, potencializando principalmente o uso da palma forrageira nessas silagens, bem como enaltecendo seu papel essencial na conservação de alimentos para os rebanhos do semiárido.