



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CAMPUS II – AREIA-PB  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**WILMA CRISTINA CAVALCANTE DOS SANTOS SÁ**

**SILAGEM DE PALMA FORRAGEIRA:  
UMA ALTERNATIVA PARA O SEMIÁRIDO**

**AREIA  
2018**

**WILMA CRISTINA CAVALCANTE DOS SANTOS SÁ**

**SILAGEM DE PALMA FORRAGEIRA:  
UMA ALTERNATIVA PARA O SEMIÁRIDO**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

**Orientador:** Prof. Dr. Edson Mauro Santos

**Coorientadores:** Profa. Dra. Juliana Silva de Oliveira  
Prof. Dr. Gherman G. L. de Araújo

**AREIA  
2018**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S111s Sá, Wilma Cristina Cavalcante dos Santos.

Silagem de palma forrageira: uma alternativa para o Semiárido / Wilma Cristina Cavalcante dos Santos Sá. - Areia:UFPB/CCA, 2018.

98 f. : il.

Orientação: Edson Mauro Santos.

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

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Lactobacillus buchneri. 2. Ureia. 3. Fermentação. 4. Estabilidade aeróbia. 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  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE**

**TÍTULO: “SILAGEM DE PALMA FORRAGEIRA: UMA ALTERNATIVA PARA O SEMIÁRIDO”**

**AUTOR:** Wilma Cristina Cavalcante dos Santos Sá

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Edson Mauro Santos

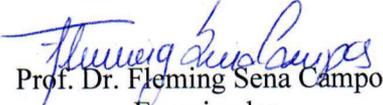
**JULGAMENTO**

**CONCEITO: APROVADO**

**EXAMINADORES:**

  
Prof. Dr. Edson Mauro Santos  
Presidente

Universidade Federal da Paraíba

  
Prof. Dr. Fleming Sena Campos  
Examinador

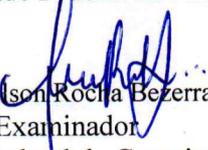
Universidade Federal Rural de Pernambuco

  
Prof. Dr. Divan Soares da Silva  
Examinador

Universidade Federal da Paraíba

  
Dr. Alexandre Fernandes Perazzo  
Examinador

Universidade Federal da Paraíba

  
Dr. Leilson Rocha Bezerra  
Examinador

Universidade Federal de Campina Grande

Areia, 10 de agosto de 2018.

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

**WILMA CRISTINA CAVALCANTE DOS SANTOS SÁ**, filha de Aduino Manoel Francisco dos Santos (falecido) e Edvalda Cavalcante Laranjeira dos Santos, nasceu em 24 de agosto de 1987 em Garanhuns, Pernambuco.

No ano de 2006 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE/UAG, obtendo o título de Zootecnista em fevereiro de 2011. Em agosto de 2011 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, nível de mestrado, da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE/UAG, concentrando seus estudos na área de Produção de Ruminantes, obtendo o título de Mestre em 19 de fevereiro de 2014.

No ano de 2015 ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Campus II (Areia - Paraíba), na área de Forragicultura. Em agosto de 2017 ingressou no Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior - PDSE, desenvolvendo pesquisa em produção de silagem e nutrição de ruminantes na Universidade de Delaware, Estados Unidos da América, durante 8 meses.

Em 10 de agosto de 2018, submeteu-se à defesa da presente tese, obtendo a aprovação.

“Agrada-te do Senhor, e Ele satisfará os desejos do teu coração. Entrega o teu caminho ao Senhor, confia nEle, e o mais Ele fará.”

**Salmos 37: 4 e 5 (Bíblia Sagrada)**

À Deus, meu provedor e mantenedor, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus, que em sua infinita sabedoria concedeu-me a benção de poder completar meus estudos, permitindo-me chegar mais longe do que um dia eu poderia imaginar. Muito obrigada meu Senhor!

À minha família, por todo apoio, mesmo à distância. Em especial, ao meu querido esposo Fábio de Sá, por toda força e paciência nos momentos de maiores dificuldades.

Ao meu orientador, professor Dr. Edson Mauro Santos, pela oportunidade de poder desenvolver esta pesquisa junto ao seu Grupo de Estudos em Forragicultura - GEF. Também, pela valiosa orientação, dedicação, paciência, ensinamentos, incentivo, amizade e exemplo de profissionalismo.

Aos meus coorientadores, professora Dra. Juliana Silva de Oliveira e professor Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo pelo apoio e contribuições a esta pesquisa.

Ao professor Dr. Limin Kung Jr. por conceder-me a oportunidade de poder realizar parte do meu doutorado, através de pesquisa desenvolvida, em seu laboratório no Department of Animal and Food Sciences da University of Delaware, Estados Unidos da América.

A todos que fizeram e ainda fazem parte do Grupo de Estudos em Forragicultura - GEF pela amizade e contribuição na realização desta pesquisa.

À Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, por abrir-me as portas e possibilitar-me desenvolver esta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo auxílio financeiro através de bolsa de estudos no Brasil e no exterior.

## RESUMO GERAL

A palma forrageira vem se destacando frente às constantes mudanças climáticas ocorridas no atual cenário produtivo, e a sua utilização no Semiárido Brasileiro objetiva minimizar a ação da sazonalidade no processo produtivo, fornecendo energia e incrementando a disponibilidade de água via alimentação para os animais. Por isso, a intensificação e eficiência no uso da palma são fundamentais. Dentro desse contexto, a ensilagem surge como alternativa de utilização intensiva da palma, o que proporcionaria a maximização da produtividade. Assim, foram desenvolvidas duas pesquisas objetivando avaliar as características fermentativas e estabilidade aeróbia da silagem de palma forrageira com diferentes aditivos e em quatro tempos de armazenamento. Ambas pesquisas foram divididas em dois experimentos: o primeiro experimento para avaliação das silagens em diferentes tempos de armazenamento, e o segundo experimento para avaliação das silagens durante o ensaio de estabilidade aeróbia. A primeira pesquisa avaliou a silagem de palma forrageira aditivada com ureia ou *Lactobacillus buchneri*, bem como a associação destes aditivos, em quatro tempos de armazenamento (7, 15, 60 e 120 dias) e durante a estabilidade aeróbia, com avaliações às 0, 48 e 96 horas de exposição ao ar. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial: primeiro experimento,  $4 \times 4$  (quatro tratamentos e quatro tempos de armazenamento) com três repetições por tratamento; segundo experimento, estabilidade aeróbia, considerou-se um esquema fatorial  $4 \times 3$  (quatro tratamentos e três tempos de exposição ao ar) com três repetições por tratamento. Tratamentos: silagem de palma sem aditivo; silagem de palma com adição de 2% de ureia na matéria seca; silagem de palma com adição de *L. buchneri*; e silagem de palma com adição de ureia (2% na matéria seca) e *L. buchneri*. O uso exclusivo ou associado de ureia e *L. buchneri* promove melhoria nas características fermentativas da silagem de palma forrageira, porém, não interferindo na estabilidade aeróbia das silagens. A segunda pesquisa avaliou a silagem de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana em quatro tempos de armazenamento (7, 15, 60 e 100 dias) e durante a estabilidade aeróbia, com avaliações às 0, 24, 48 e 96 horas de exposição ao ar. Foram formuladas cinco dietas tendo a palma forrageira como alimento principal, onde as proporções dos ingredientes (farelo de soja, farelo de milho, farelo de trigo e ureia) variaram em função das proporções de inclusão do capim aruana, que foram: 30% (Dieta 1), 25% (Dieta 2), 20% (Dieta 3), 10% (Dieta 4) e 0% (Dieta 5) com base na matéria seca. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial: primeiro experimento,  $5 \times 4$  (cinco dietas e quatro tempos de armazenamento) com três repetições por dieta; segundo experimento, estabilidade aeróbia, considerou-se um esquema fatorial  $5 \times 4$  (cinco dietas e quatro tempos de exposição ao ar) com três repetições por dieta. As silagens de dietas a base de palma forrageira e capim aruana apresentaram características fermentativas consideradas satisfatórias, podendo ser recomendadas e utilizadas na alimentação animal.

**Palavras-chave:** Ensilagem. *Nopalea cochenillifera*. Aditivos. Dietas. Fermentação.

## GENERAL ABSTRACT

The spineless cactus has been highlighting against the constant climate change occurred in the current production scenario, and its use in the Brazilian Semiarid aims to minimize seasonality in the production process, providing energy and increasing the availability of water by way of feed for animals. Therefore, the intensification and efficiency in the use of spineless cactus are essential. In this context, silage emerges as an important way of intensive spineless cactus utilization, which would maximize productivity. Thus, two researches were developed aiming to evaluate the fermentative characteristics and aerobic stability of spineless cactus silage with different additives and in four storage times. Both studies were divided in two experiments: the first experiment to evaluate the silages at different storage times, and the second experiment to evaluate the silages during the aerobic stability test. The first research evaluated the spineless cactus silage additived with urea or *Lactobacillus buchneri*, as well as the association of these additives, in four storage times (7, 15, 60 and 120 days) and during aerobic stability, with evaluations at 0, 48 and 96 hours. A completely randomized design was used in a factorial scheme: first experiment,  $4 \times 4$  (four treatments and four storage times) with three replicates per treatment; second experiment, aerobic stability, we considered a  $4 \times 3$  factorial scheme (four treatments and three times of exposure to air) with three replicates per treatment. Treatments: spineless cactus silage without additive; spineless cactus silage with addition of 2% urea in the dry matter; spineless cactus silage with addition of *L. buchneri*; and spineless cactus silage with addition of urea (2% in dry matter) and *L. buchneri*. The exclusive or associated use of urea and *L. buchneri* promotes improvement in the fermentative characteristics of spineless cactus silage but does not interfere with the aerobic stability of the silages. The second research evaluated the silage of spineless cactus-based diets and different ratios of aruana grass in four storage times (7, 15, 60 and 100 days) and during aerobic stability, with evaluations at 0, 24, 48 and 96 hours. Five diets were formulated with spineless cactus as the main food, where the proportions of the ingredients (bran soybean, corn bran, bran wheat and urea) varied according to the inclusion ratios of the aruana grass, which were: 30% (Diet 1), 25% (Diet 2), 20% (Diet 3), 10% (Diet 4) and 0% (Diet 5) based on dry matter. A completely randomized design was used in a factorial scheme: first experiment,  $5 \times 4$  (five diets and four storage times) with three replicates per diet; second experiment, aerobic stability, a  $5 \times 4$  factorial scheme (five diets and four times of exposure to air) with three replicates per diet. The silages of diets based on spineless cactus and aruana grass presented fermentative characteristics considered satisfactory and can be recommended and used in animal feed.

**Keywords:** Ensiling. *Nopalea cochenillifera*. Additives. Diets. Fermentation.

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo I

- Tabela 1.** Composição química da palma forrageira antes da ensilagem..... 40
- Tabela 2.** Médias resultantes do efeito da interação tratamento × tempo de armazenamento para o pH, capacidade tampão, ácido acético e etanol das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano ..... 45
- Tabela 3.** Médias resultantes do efeito de tratamento para o ácido propiônico (Prop.) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), e dos tempos de armazenamento para o ácido láctico (Lat.), ácido butírico (But.) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano ..... 48
- Tabela 4.** Médias resultantes do efeito da interação tratamento × tempo de armazenamento para matéria seca, carboidratos solúveis e fibra em detergente neutro das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano..... 50
- Tabela 5.** Médias resultantes do efeito de tratamento para proteína bruta (PB), recuperação de matéria seca (RMS), perdas por gases (PG) e perdas por efluentes (PE) das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, após 120 dias de armazenamento ..... 51
- Tabela 6.** Médias resultantes do efeito da interação tratamento × horas de exposição ao ar para o etanol das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, durante a estabilidade aeróbia ..... 56
- Tabela 7.** Médias resultantes do efeito de tratamento para ácido acético (Acet.), capacidade tampão (Capt.) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), das horas de exposição ao ar para pH, ácido láctico (Lat.) e ácido propiônico (Prop.), e médias do ácido butírico (But.) das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, durante a estabilidade aeróbia..... 56
- Tabela 8.** Médias resultantes do efeito de tratamento para matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN), das horas de exposição ao ar para recuperação de matéria seca (RMS), e médias dos carboidratos solúveis (CS) das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, durante a estabilidade aeróbia..... 58

### Capítulo II

- Tabela 1.** Ingredientes utilizados e composição química das dietas experimentais ..... 71
- Tabela 2.** Médias resultantes da interação tratamento × tempo de armazenamento para os ácidos láctico, acético, propiônico e butírico, capacidade tampão e etanol das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana..... 79

<b>Tabela 3.</b> Médias resultantes do efeito de tratamento e dos tempos de armazenamento para o pH e nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ) das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana .....	81
<b>Tabela 4.</b> Médias resultantes da interação tratamento × tempo de armazenamento para matéria seca, proteína bruta, carboidratos solúveis e fibra em detergente neutro das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana.....	83
<b>Tabela 5.</b> Médias resultantes do efeito de tratamento para recuperação de matéria seca (RMS), perdas por gases (PG) e perdas por efluentes (PE) das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, aos 100 dias de armazenamento.....	84
<b>Tabela 6.</b> Médias resultantes do efeito da interação tratamento × horas de exposição ao ar para os ácidos láctico, acético, propiônico e butírico, etanol e nitrogênio amoniacal das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, durante a estabilidade aeróbia.....	88
<b>Tabela 7.</b> Médias resultantes do efeito de tratamento e das horas de exposição ao ar para o pH e capacidade tampão (Capt.) das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, durante a estabilidade aeróbia.....	90
<b>Tabela 8.</b> Médias resultantes do efeito da interação tratamento × horas de exposição ao ar para proteína bruta e carboidratos solúveis das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, durante a estabilidade aeróbia .....	90
<b>Tabela 9.</b> Médias resultantes do efeito de tratamento para matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN), e das horas de exposição ao ar para matéria seca e recuperação de matéria seca (RMS) das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, durante a estabilidade aeróbia.....	91

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I

- Figura 1.** Quantificação de bactérias ácido lácticas das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, de acordo com os tempos de abertura..... 42
- Figura 2.** Quantificação de mofo e leveduras das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, de acordo com os tempos de abertura..... 43
- Figura 3.** Temperaturas superficiais das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano às 0, 24, 48,72 e 96 horas de exposição ao ar..... 53
- Figura 4.** Temperaturas internas das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano às 0, 24, 48,72 e 96 horas de exposição ao ar..... 53
- Figura 5.** Quantificação de bactérias ácido lácticas das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano às 0, 48 e 96 horas de exposição ao ar ..... 54
- Figura 6.** Quantificação de mofo e leveduras das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano às 0, 48 e 96 horas de exposição ao ar ..... 55

### Capítulo II

- Figura 1.** Quantificação de bactérias ácido lácticas das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, de acordo com os tempos de abertura ..... 75
- Figura 2.** Quantificação de mofo e leveduras das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, de acordo com os tempos de abertura ..... 76
- Figura 3.** Quantificação de enterobactérias das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, de acordo com os tempos de abertura ..... 77
- Figura 4.** Temperaturas superficiais das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana às 0, 24, 48, 72 e 96 horas de exposição ao ar ..... 85
- Figura 5.** Temperaturas internas das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana às 0, 24, 48, 72 e 96 horas de exposição ao ar ..... 85
- Figura 6.** Quantificação de mofo e leveduras das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana às 0, 24, 48 e 96 horas de exposição ao ar ..... 86

**Figura 7.** Quantificação de bactérias ácido lácticas das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana às 0, 24, 48 e 96 horas de exposição ao ar ..... 87

## SUMÁRIO

Considerações iniciais .....	14
Referencial teórico.....	15
A palma forrageira.....	16
Ensilagem da palma forrageira .....	17
Uso e limitações da silagem de palma forrageira .....	20
Aditivos de silagem .....	24
<i>Lactobacillus buchneri</i> .....	24
Ureia .....	26
Referências .....	28
Capítulo I - Características fermentativas e composição química da silagem de palma forrageira com aditivos químico e microbiano.....	33
Resumo .....	34
Abstract.....	35
Introdução.....	36
Material e Métodos.....	38
Resultados e Discussão.....	42
Conclusões.....	59
Referências .....	60
Capítulo II - Características fermentativas e composição química de silagens de rações a base de palma forrageira e capim aruana.....	65
Resumo .....	66
Abstract.....	67
Introdução.....	68
Material e Métodos.....	70
Resultados e Discussão.....	75
Conclusões.....	93
Referências .....	94
Considerações finais.....	98

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Anualmente, as regiões áridas e semiáridas do Brasil e do mundo passam por longos períodos de estiagens, ocasionando estacionalidade na produção de forragens, o que força os produtores a aumentarem os custos de produção, em razão da grande demanda por alimentos concentrados. Entretanto, nos últimos anos, tem aumentado o número de pesquisas com enfoque nos alimentos forrageiros alternativos, adaptados à região, para atender às exigências nutricionais de manutenção e produção dos animais, a custo viável nos períodos críticos de prolongadas estiagens (Bispo et al., 2007).

Na busca por alimentos alternativos que possibilitem a produção animal nos períodos críticos de escassez de alimentos nas pastagens, a palma forrageira tem sido amplamente utilizada na região Nordeste do Brasil e vem sendo cultivada há várias décadas, por possibilitar a alimentação animal em períodos críticos do ano e ter características fisiológicas (Metabolismo Ácido das Crassuláceas; em inglês, CAM), que a tornam tolerante a longas estiagens (Silva et al., 2010). Dessa forma, a palma forrageira tornou-se importante recurso forrageiro nessa região, pois é adaptada ao déficit hídrico e resiste às secas periódicas ocorrentes nessa região. Por isso, a intensificação e eficiência no uso dessa forrageira são fundamentais.

Todavia, os custos com mão de obra para colheita e fornecimento diário aos animais são elevados (Bem Salem & Abidi, 2009; Araújo et al., 2004), o que tem levado muitos técnicos e produtores a buscarem uma técnica de conservação da palma forrageira, o que possibilita também, uma rebrota mais uniforme, e, provavelmente uma maior produtividade. Nesse contexto, a ensilagem surge como importante forma de conservação da palma, o que proporcionaria a maximização do palmal, bem como melhoraria a logística operacional no fornecimento diário do alimento aos animais, possibilitando aos agropecuaristas uma nova alternativa de conservação de alimentos ricos em água e energia, o que agrega mais valor à cactácea nas regiões áridas e semiáridas.

Portanto, objetivou-se avaliar as características fermentativas e composição química da silagem de palma forrageira com aditivos químico e microbiano ou ensilada na forma de rações.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

---

**Silagem de palma forrageira: uma alternativa para o Semiárido**

## A palma forrageira

A denominação “palma forrageira” é utilizada no Brasil para designar tanto cultivares de *Opuntia ficus indica* como de *Nopalea cochenillifera*, espécies originárias do México, que foram introduzidas no país visando à produção do corante natural carmim da cochonilha. A sua utilização como recurso forrageiro para os animais no Nordeste do país foi bem posterior, passando a ser amplamente cultivada, difundindo-se enquanto cultura economicamente relevante (Simões et al., 2005).

O Nordeste do Brasil é a região onde se encontra a maior área de cultivo da palma forrageira em todo mundo, sendo as cultivares mais utilizadas a Gigante (*Opuntia ficus indica* Mill), a Redonda (*Opuntia* sp.), a Orelha de elefante (*Opuntia* sp.) e a Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), sendo que a escolha tem sido determinada pelas condições edafoclimáticas dos locais de plantio. A cultivar Miúda é plantada em larga escala no estado de Alagoas, enquanto que nos outros estados nordestinos (Pernambuco, Paraíba e em algumas regiões do Ceará e Rio Grande do Norte) predomina o plantio de cultivares de *Opuntia ficus indica* (Santos et al., 2011; Lopes et al., 2007; Farias et al., 2005).

De modo geral, pode-se afirmar que as cultivares de *Opuntia ficus indica* têm mostrado maior rusticidade quando comparadas a cultivar Miúda, por apresentarem maior tolerância a secas mais intensas e ao ataque da praga *Diaspis echinocacti*, comumente conhecida como “cochonilha de escamas” (Farias et al., 2005). No entanto, a cultivar Miúda apresenta resistência à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*), que é atualmente a principal praga da cultura da palma no Nordeste do Brasil, e por esta razão, há uma tendência de aumentar a área de plantio com esta cultivar (Santos et al., 2010). Contudo, a cultivar Orelha de elefante, um clone importado do México e da África, também apresenta a vantagem de ser resistente à cochonilha do carmim (Galvão Júnior et al., 2014).

Quanto à produtividade, de acordo com Santos et al. (2011) a palma Miúda tem se mostrado inferior às cultivares de *Opuntia* sp., entretanto, quando essa produção é considerada em termos de matéria seca, os resultados se equivalem, uma vez que a Miúda possui maior teor de matéria seca que as cultivares do gênero *Opuntia*. Embora seja considerada uma excelente fonte energética (rica em carboidratos não-fibrosos, importante fonte de energia, e nutrientes digestíveis totais) (Lopes et al., 2007), a palma forrageira apresenta teores de fibra em detergente neutro e proteína bruta insuficientes para o adequado desempenho animal quando fornecida como alimento volumoso exclusivo, por isso, a

associação com alimentos volumosos de alto teor de fibra efetiva e fontes de nitrogênio não-protéico e/ou proteína verdadeira é necessária (Ferreira et al., 2011).

Por apresentar baixo teor de matéria seca, não é recomendado o uso da palma forrageira de forma isolada na alimentação animal, devendo ser comumente utilizada para compor a dieta, substituindo parcialmente forrageiras tradicionais (Rocha, 2012). Souza et al. (2010) obtiveram melhor resultado no consumo de fibra por ovelhas quando a palma foi misturada a dieta de feno e concentrado. Pessoa et al. (2004) investigaram os efeitos de diferentes estratégias alimentares em dietas à base de palma forrageira, associada à silagem de sorgo e concentrado sobre o desempenho de vacas leiteiras, e afirmaram que a estratégia de misturar os ingredientes completamente proporcionou equilíbrio no suprimento de nutrientes para os animais (proteína, energia, fibra efetiva, minerais e etc.), pois possibilitou a diminuição na seleção dos ingredientes, proporcionando adequada relação volumoso:concentrado na ração, e conseqüentemente, saúde ao ambiente ruminal, com ganhos em produtividade.

Araújo et al. (2004) avaliaram o efeito da utilização de duas cultivares de palma forrageira (Gigante e Miúda) com e sem a adição de milho na dieta de vacas em lactação, observando que o consumo de matéria seca não foi influenciado pelas cultivares de palma estudadas, porém, foi verificado maior consumo para as dietas com milho, que apresentaram maior teor de matéria seca que aquelas sem milho, fator que possivelmente determinou esta diferença. Wanderley et al. (2002) avaliaram o consumo de vacas em lactação alimentadas com ração contendo níveis de palma forrageira, silagem de sorgo e concentrado, constatando aumento no consumo de matéria seca que, segundo os autores, ocorreu devido ao fornecimento do alimento na forma de ração completa, o que proporcionou, ao longo do dia, melhor aporte de nutrientes, favorecendo e uniformizando a fermentação ruminal, principalmente na concentração de ácidos graxos voláteis. Os autores ressaltaram ainda, a importância de os animais não terem apresentado distúrbios metabólicos, quando do fornecimento da palma sob esta estratégia alimentar, em associação adequada com fontes de alimentos ricos em fibra.

### **Ensilagem da palma forrageira**

Atualmente, tem-se observado em diversas regiões áridas e semiáridas do Brasil e do mundo a escassez dos recursos naturais, e a palma forrageira tem se destacado como um excelente recurso forrageiro nessas regiões, portanto, é primordial a busca pela intensificação

e eficiência na utilização dessa forrageira. Diante disto, a produção de silagem de palma possibilita a maximização do uso desta forrageira, bem como melhora a logística operacional no fornecimento diário do alimento aos animais. A ensilagem da palma permitiria a colheita de todo o palmal, uniformizando e aumentando a capacidade de rebrotação, e conseqüentemente, a produtividade, além de diminuir a mão de obra com colheita e fornecimento periódico, ao longo do período de estiagem.

Todavia, as características de uma cultura que garantem boa fermentação e qualidade da silagem dependem, principalmente, do teor de matéria seca acima de 200 g kg<sup>-1</sup>, do adequado suprimento de carboidratos solúveis e da capacidade tampão relativamente baixa (McDonald et al., 1991). Tais características “viabilizariam” a ensilagem da palma se não fosse o teor de matéria seca apresentado por esta forrageira, em torno de 100 a 150 g kg<sup>-1</sup>. A ensilagem de forrageiras com baixo teor de matéria seca proporcionaria o crescimento de microrganismos indesejáveis, deterioradores da silagem. Há que se considerar que o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium* é estimulado pelo baixo teor de matéria seca da forragem ensilada (Jobim, 2002).

Porém, a palma forrageira possui particularidades que a distingue de outras forrageiras. A mucilagem da palma é constituída por hidrocolóides que são distribuídos por toda a planta e possuem a propriedade de absorção de água (Sáenz et al., 2004; Saag et al., 1975). Os hidrocolóides são compostos formados por polissacarídeos altamente hidrofílicos que minimizam a movimentação da água proporcionando o aumento da viscosidade do material e assim a formação da mucilagem. Esses polissacarídeos estão presentes principalmente na estrutura do vegetal, sendo, em sua maioria, componentes da celulose e pectina (Nogueira et al., 2016). Assim, a formação do “gel” emulsificante pode ser observado logo após a moagem dos cladódios da palma e rompimento das células do clorênquima e parênquima, onde transformações bioquímicas resultam na formação desta substância gelatinosa, a mucilagem (Saag et al., 1975).

Outra característica a ser considerada no processo de ensilagem da palma forrageira é o seu teor de carboidratos solúveis. A palma é uma forrageira rica em polissacarídeos pécnicos, essas pectinas são açúcares esterificados ricos em galactose, arabinose, xilose e frutose (Habibi et al., 2004; Majdoub et al., 2001; Medina-torres et al., 2000; Amin, et al., 1970). Em estudo da composição dos carboidratos presentes na *Opuntia ficus indica*, Ribeiro et al. (2010) mostraram a presença de galactose, xilose, arabinose, glicose, frutose e sacarose nos cladódios da palma em diferentes períodos do ano, concentrando esses carboidratos no período seco. Esses açúcares podem ser utilizados como substratos durante o processo de

fermentação pelas bactérias ácido lácticas, possibilitando uma fermentação ideal da massa ensilada (Nogueira et al., 2016).

Salienta-se ainda, que a palma forrageira possui compostos bioativos que devem ser levados em consideração para o processo de ensilagem, principalmente a presença de ácidos orgânicos fortes encontrados nos seus cladódios. De modo geral, os ácidos orgânicos que fazem parte da composição dos cladódios da palma são os ácidos oxálico, málico, cítrico, malônico, succínico e tartárico, sendo os dois últimos em menor concentração (Stintzing & Carle, 2005). A presença dessas substâncias tamponantes pode controlar o desenvolvimento de leveduras através do tamponamento da massa ensilada, direcionando a fermentação para a produção de ácido láctico, minimizando assim, as perdas durante a ensilagem (Nogueira et al., 2016).

Estudos prévios de avaliação qualitativa das silagens de cladódios jovens e velhos realizados por Çürek & Özen (2004) durante um ano, demonstraram o potencial da palma forrageira para ensilagem. Segundo os autores, os resultados da avaliação das silagens preparadas mensalmente mostraram que as silagens de cladódios velhos apresentaram melhor qualidade em relação as silagens de cladóides jovens. Porém, ambas silagens permaneceram com qualidade considerada boa durante todo o ano.

Estudos como o de Nogueira (2015) evidenciam a eficiência da palma forrageira para ensilagem. Esse autor avaliou o potencial da palma para ensilagem sem aditivos ou aditivada com farelo de trigo e Ureia, observando valores de pH que oscilaram entre 3,7 e 4,2, valores considerados ideais para silagens bem fermentadas (McDonald et al., 2010). De fato, encontraram produções de ácido láctico próximas a  $100 \text{ g kg}^{-1}$  nas silagens sem ou com aditivos, teor considerado normal para silagens fermentadas por bactérias ácido lácticas (McDonald et al., 1991). Ressalta-se que a palma utilizada nesse estudo apresentava  $120 \text{ g kg}^{-1}$  de matéria seca, um teor de carboidratos solúveis de  $120 \text{ g kg}^{-1}$  MS e uma capacidade tampão de 22 E.mg NaOH/100 g MS. A combinação dessas três características pode resultar em uma elevada capacidade fermentativa, sem, no entanto, desencadear fermentações alcólicas.

Estudos realizados por Gusha et al. (2015) e Gusha et al. (2013) demonstraram, através dos valores de pH, a qualidade das silagens de *Opuntia ficus indica* em associação com diferentes forrageiras leguminosas. Esses autores observaram valores de pH que variaram entre 3,9 e 4,2, os quais foram associados ao elevado teor de açúcares solúveis altamente fermentáveis presentes nos cladódios da *Opuntia ficus indica*, que ao serem fermentados reduziram adequadamente o pH para intervalos capazes de preservar a silagem.

Recentemente, Macêdo et al. (2018) avaliou a qualidade da fermentação de silagens de rações a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim-buffel (0, 15, 25, 30 e 35%) num período de 45 dias, verificando valores de pH que variaram de 3,8 a 4,0, indicando a estabilidade do material ensilado. Nessas silagens, os teores dos ácidos lático e acético variaram de 94,2 a 50,5 g kg<sup>-1</sup> MS e 58,4 a 36,8 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente.

### **Uso e limitações da silagem de palma forrageira**

O Nordeste do Brasil apresenta a maior área de cultivo da palma forrageira em todo mundo, com cerca de 600 mil hectares, e o produtor rural mostra-se ainda com pouco conhecimento sobre as formas de utilização dessa forrageira. Em outras regiões do mundo, além de ser utilizada como recurso forrageiro, a palma é cultivada para fins medicinais, cosméticos, corantes, produção de verdura, produção de fruto (Stintzing & Carle, 2005), cercas vivas e paisagismo, sendo que em alguns países da África, as raquetes da palma fazem parte da ração de seres humanos. Contudo, a palma forrageira se consolidou nas regiões áridas e semiáridas do mundo como forrageira estratégica fundamental nos diversos sistemas de produção pecuário (Lopes et al., 2007), pois é um alimento com alta concentração de energia (61,1 a 65,9% de NDT) e boa digestibilidade (77,4%), rico em minerais, com excelente palatabilidade, ótimo potencial de produção por área (400 ton/ha/2 anos, adensada e irrigada) e, principalmente, disponível nos períodos mais críticos de oferta de alimentos (Lima et al., 2010).

Em regiões áridas e semiáridas, a palma forrageira tem sido a base da alimentação dos ruminantes por ser uma cultura adaptada às condições edafoclimáticas, além de apresentar altas produções de matéria seca por unidades de área (Santos et al., 2007). De modo geral, a forma mais comum de fornecimento da palma para vacas leiteiras é picada manualmente no cocho sem a mistura de qualquer outro alimento, enquanto o concentrado, quando utilizado, é oferecido no momento das ordenhas (Costa, 2016). Essa forma de utilização da palma tem elevado o tempo e os custos com mão de obra para colheita e fornecimento diário aos animais (Bem Salem & Abidi, 2009; Araújo et al., 2004). Além disso, ruminantes alimentados dessa forma estão mais sujeitos a desenvolver distúrbios digestivos, especialmente a acidose ruminal (Pessoa et al., 2004).

Ferreira et al. (2011) recomendaram a utilização da palma forrageira associada a alimentos volumosos de alto teor de fibra efetiva e fontes de nitrogênio não-protéico e/ou proteína verdadeira, uma vez que esta forrageira apresenta teores de fibra em detergente

neutro e proteína bruta insuficientes para o adequado desempenho animal. Resultados relevantes têm sido obtidos com a ensilagem da palma forrageira associada a alimentos concentrados e ureia (Macêdo, 2017; Sá et al., 2016; Nogueira, 2015), bem como a forrageiras leguminosas (Gusha et al., 2015; Gusha et al., 2013).

Para Pessoa et al. (2004), a ração completa, pela mistura de todos os ingredientes de forma homogênea, contribui para um processo de fermentação ruminal mais uniforme, tendo como consequência o melhor aproveitamento dos nutrientes, além disso, possibilita alimentar um grande número de animais com uma ração homogênea. De fato, fornecer ao animal uma silagem de ração completa, rica em nutrientes como energia e proteína e sobretudo em água, em regiões áridas e semiáridas é algo notável e que merece ser objeto de estudos que visem a otimização da utilização da palma forrageira para essas regiões.

Dados da avaliação do consumo de matéria seca por ovinos recebendo silagem de ração completa a base de palma forrageira e diferentes proporções de inclusão de capim búffel revelaram resultados satisfatórios de 0,950 a 1,189 kg/dia (Silva, 2018). Portanto, estudos vêm sendo desenvolvidos buscando avaliar a silagem de palma forrageira como recurso alimentar de rebanhos nas regiões áridas e semiáridas em todo mundo.

Estudo realizado por Adous (2016) na região semiárida do Marrocos com ovinos recebendo ração convencional ou silagem a base de palma, na forma de alimento completo, revelou um ganho médio diário de 270 g para aqueles animais alimentados com a silagem a base de palma, enquanto os animais recebendo a ração convencional obtiveram um ganho médio diário de 109 g. A autora ressalta, ainda, a redução significativa nos custos de produção, o que ocasionou um impacto positivo sobre os criadores de ovinos de Rhamna (Marrocos). Nessa região, a palma é cultivada juntamente com o argan para produção de cosméticos, com isso, os subprodutos da palma e do argan foram utilizados para produção da silagem a base de palma e fornecida aos animais.

No Semiárido mexicano, Hernandez (2012) avaliou o ganho de peso de cabras recebendo ração composta por silagem de palma adicionada de ureia e melaço, silagem de milho e feno de triticale, observando um ganho de peso diário de 115% a mais para aquelas cabras alimentadas com a ração composta por silagem de palma em relação aquelas alimentadas sem a silagem (apenas silagem de milho e feno de triticale), obtendo 141 g dia<sup>-1</sup> e 58 g dia<sup>-1</sup> de ganho de peso, respectivamente. Alvarez (2012) avaliou a mesma ração em três diferentes raças caprinas (Boer, Granadina e Boer-Granadina) e não observaram diferença significativa no ganho de peso diário entre as três raças, porém, aquelas que não receberam a ração composta pela silagem de palma apresentaram um menor ganho de peso diário. Em

outro trabalho, realizado por Suarez (2012) avaliando o ganho de peso de ovelhas alimentadas com a mesma ração, foi possível observar um ganho de 99,6 g dia<sup>-1</sup> contra 62,8 g dia<sup>-1</sup> obtido por aquelas ovelhas que não receberam a ração com adição da silagem de palma.

Gusha et al. (2013), no Semiárido Africano, avaliaram a aceitabilidade de quatro diferentes rações compostas por silagem de palma e leguminosa (palma + leucena, palma + acácia, palma + calliandra e palma + macroptilium) adicionadas de 2% de melaço por bovinos leiteiros e de corte, bem como por cabras, e constataram que todos os animais consumiram as silagens livremente sem problemas aparentes. Os resultados mostraram não haver diferença significativa sobre o consumo das silagens para os bovinos, entretanto, houve um aumento no consumo pelas cabras, observando-se uma maior taxa para a silagem de palma + leucena.

Em estudo posterior, Gusha et al. (2015) avaliaram o efeito da suplementação com as mesmas silagens sobre o consumo de matéria seca, digestibilidade e desempenho de cabras recebendo uma ração basal de feno de capim-elefante. Os autores destacam que sem dúvidas a suplementação com as silagens de palma e leguminosa melhoraram o desempenho das cabras em relação aquelas recebendo o feno de capim-elefante isoladamente. Contudo, os melhores resultados foram obtidos na suplementação com silagem de palma + leucena, observando-se valores de 805,9 g, 670 g kg<sup>-1</sup> e 94,6 g para o consumo, digestibilidade e ganho de peso diário, respectivamente.

Contudo, a palma forrageira apresenta limitações que poderiam inviabilizar sua utilização na forma de silagem, como a época de colheita, a qual exerce grande importância para a produção de silagem desta cultura, uma vez que a ensilagem desta com cladódios muito jovens ocasionará grandes perdas na forma de efluente (Çürek & Özen, 2004), além de favorecer o crescimento de microrganismos proteolíticos, que promovem consideráveis perdas de nutrientes. Sabe-se que a mucilagem da palma forrageira é constituída por hidrocolóides, formados por polissacarídeos altamente hidrofílicos, que promovem a absorção de água (Sáenz et al., 2004; Saag et al., 1975) e, assim, minimizam a movimentação desta. Entretanto, a concentração desses hidrocolóides é maior nos cladódios mais maduros (Ribeiro et al., 2010). Além disso, o corte da palma em períodos chuvosos para o processo de ensilagem não é recomendado, pois a mesma apresentará alto teor de umidade nesse período que poderá trazer complicações no manejo desse material (Nogueira et al., 2016).

No entanto, o maior problema enfrentado com a ensilagem da palma forrageira é a sua baixa estabilidade aeróbia pós abertura do silo. Quando a silagem é exposta ao oxigênio a deterioração aeróbia é inevitável, podendo ocorrer uma perda significativa da matéria seca, promovendo efeitos negativos sobre a qualidade da silagem (Woolford, 1990). O oxigênio

pode reativar leveduras presentes na silagem, e muitos destes microrganismos utilizam o ácido lático como fonte de energia. Com a diminuição das concentrações do ácido lático e o consequente aumento do pH, bactérias que foram inibidas pelo baixo pH começam a proliferar e degradar os nutrientes da silagem. A perda dos nutrientes e a produção excessiva de calor resultante do metabolismo microbiano reduz a qualidade da silagem (Taylor & Kung Jr., 2002). A estabilidade aeróbia da silagem pode ser medida pelo aumento da temperatura e do pH devido ao consumo dos carboidratos solúveis e ácidos orgânicos pelas leveduras, os quais são convertidos a CO<sub>2</sub>, água e calor (Miranda, 2006).

A deterioração aeróbia é um fator ainda mais relevante em silagens de alta qualidade, que apresentam altos teores de açúcares residuais, como é o caso da silagem de palma. Durante a exposição ao ar ocorre redução no teor de carboidratos solúveis, o que pode ser atribuído à ação de *Saccharomyces cerevisiae*, que consome açúcares durante sua atividade aeróbia. Já o aumento do pH pode ser atribuído à presença de *Candida krusei*, que consome o lactato (Miranda, 2006). De acordo com Kung Jr. (2005), há algumas relações entre variáveis que tornam uma cultura mais ou menos propensas a instabilidade aeróbia. Por exemplo, culturas que possuem uma elevada concentração de açúcares tem tendência a apresentar maior quantidade de leveduras.

Nogueira (2015) avaliou a silagem de palma forrageira e observou uma estabilidade aeróbia de 24 horas após exposição ao ar. De acordo com o autor, os valores de pH variaram de 3,74 a 3,86 durante as 24 horas de exposição, indicando boa estabilidade aeróbia das silagens (Nogueira et al., 2016).

Entretanto, uma silagem com estabilidade aeróbia de 24 horas se tornará um problema quando: em fazendas onde o descarregamento do silo não pode ser feito próximo ao local de fornecimento aos animais; quando os silos são grandes demais e o descarregamento em fatias e sem descompactação do remanescente é impossível; em silagens de alta qualidade, ricas em carboidratos solúveis residuais; em silos e cochos sujos, contaminados por restos de forragem; e em ambientes mais quentes, onde a deterioração ocorre mais rapidamente, visto que as leveduras aeróbias são mais ativas entre 20 e 30°C (Miranda, 2006; Ashbell et al., 2002).

Conforme Santos (2014), a baixa estabilidade de silagens não está apenas associada à alta perda de matéria seca, mas também pode constituir risco à saúde do animal e mesmo para aqueles que manuseiam a silagem. Um exemplo comum é a produção de micotoxinas. As micotoxinas produzidas durante a esporulação dos fungos contaminam os animais que consomem tais alimentos, e deste modo são transferidas para os seus produtos. Os efeitos das micotoxinas no organismo do animal são diversos, podendo ocorrer desde depressão do

sistema imunitário, reações alérgicas, desordens reprodutivas, problemas no sistema nervoso e respiratório até a redução da conversão e utilização dos alimentos.

A presença do oxigênio aumenta a atividade dos microrganismos aeróbios, com conseqüente aumento do pH da silagem (Santos, 2014). O pH alto favorece o desenvolvimento de *Listeria monocytogenes*. Tal bactéria é capaz de causar meningite, encefalite, septicemia, endocardite, aborto, abscessos e lesões purulentas (McDonald et al., 1991).

Porém, os aditivos de silagem têm sido extensivamente avaliados buscando-se obter resultados positivos sobre o processo de ensilagem, dentre eles, aumento da estabilidade aeróbia das silagens. Dessa forma, diversos aditivos têm sido associados à forragem no momento da ensilagem, sejam eles estimulantes ou inibidores da fermentação, inibidores da deterioração aeróbia, nutrientes ou absorvente.

### **Aditivos de silagem**

O principal objetivo da utilização dos aditivos de silagem é garantir que bactérias ácido lácticas dominem a fermentação, resultando em uma silagem bem preservada (McDonald et al., 1991).

Conforme McDonald et al. (2010), os aditivos de silagem podem ser classificados em duas principais categorias: os estimulantes da fermentação, como materiais ricos em açúcares, inoculantes e enzimas, que estimulam o desenvolvimento de bactérias ácido lácticas; e os inibidores da fermentação, tais como ácidos e amônia, que inibem parcial ou completamente o crescimento microbiano.

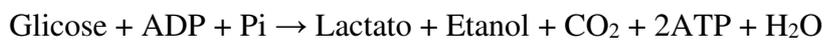
#### *Lactobacillus buchneri*

O *L. buchneri* é uma bactéria ácido láctica heterofermentativa, conhecida por produzir, além do ácido láctico, grandes quantidades de ácido acético, o qual possui ação antifúngica, inibindo o desenvolvimento de leveduras nas silagens, com conseqüente melhora na estabilidade aeróbia (Ávila et al., 2010; Ávila et al., 2012).

Embora a fermentação do tipo heteroláctica seja considerada uma forma potente de prevenir ou reduzir a atividade das leveduras (Ranjit & Kung Jr., 2000), esta resulta em perda de matéria seca, tanto pela produção do ácido acético, quanto pela produção de etanol pelas

bactérias heterofermentativas (Miranda, 2006). Porém, a produção de etanol dependerá do substrato utilizado e da bactéria envolvida no processo.

Na fermentação heterolática, ambas glicose e frutose são degradadas pela via 6-fosfogluconato até gliceraldeído-3-fosfato e acetilfosfato. O gliceraldeído é oxidado a piruvato, que é reduzido a lactato na via homofermentativa. O acetilfosfato age como receptor de hidrogênio e é reduzido a etanol e acetato. A produção de etanol e acetato dependerá do potencial oxi-redutor do sistema, se receptores adicionais de hidrogênio, como o oxigênio e a frutose estiverem disponíveis, não haverá formação de etanol, o oxigênio é reduzido a peróxido de hidrogênio e a frutose é reduzida a manitol (McDonald et al., 1991), como nas reações a seguir:



A vantagem da utilização do *L. buchneri* como aditivo de silagem está na sua incapacidade em produzir o etanol a partir da fermentação anaeróbia da glicose, pois não possui a enzima acetaldeído desidrogenase, responsável pela redução de acetaldeído a etanol, conseqüentemente, ocorre aumento na concentração do ácido acético como produto de sua fermentação (McDonald et al., 1991).

Inoculantes contendo bactérias ácido lácticas heterofermentativas, como o *L. buchneri*, reduzem a quantidade de ácido láctico e aumentam a quantidade de ácido acético na silagem, com um subsequente aumento do pH, quando comparado com o observado em silagens não inoculadas. As silagens inoculadas reduzem as contagens de leveduras e aumentaram a estabilidade aeróbia (Muck, 2010).

Avaliando a fermentação e estabilidade aeróbia da silagem de milho inoculada com *L. buchneri*, Reich & Kung Jr. (2010) observaram que a inoculação resultou em uma silagem com menor concentração de ácido láctico (53 g/kg MS), maior concentração de ácido acético (44 g/kg MS) e menor número de leveduras (0,67 UFC/g), quando comparado a silagem sem o inoculante (60 g/kg, 14 g/kg e 4,33 UFC/g, respectivamente). Estes autores também observaram menor concentração de etanol (1,3 g/kg) e maior estabilidade aeróbia (570 horas) da silagem inoculada com o *L. buchneri*.

De acordo com Ávila et al. (2009), a adição de uma nova cepa de *L. buchneri* resultou em maior concentração de ácido acético (40,7 g/kg MS), redução da população de leveduras

(<2,0 log UFC/g) e melhor estabilidade aeróbia (60 horas) da silagem de cana-de-açúcar em relação a silagem não inoculada (17,4 g/kg MS, 7,1 log UFC/g e 33 horas, respectivamente).

Nkosi et al. (2012) avaliaram os efeitos da inoculação com *L. buchneri* sobre a fermentação e estabilidade aeróbia da silagem de sorgo sacarino e observaram maior concentração de ácido acético (41,4 g/kg MS), bem como maior estabilidade aeróbia (72 horas) na silagem inoculada em relação a silagem de sorgo sem inoculante (25,2 g/kg MS e 53 horas, respectivamente).

### *Ureia*

A ureia ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), é classificada como um aditivo de silagem inibidor da deterioração aeróbia, controlando a deterioração causada pelos microrganismos quando a silagem é exposta ao ar (McDonald et al., 1991). Também é considerada um aditivo nutriente, tendo em vista que melhora o valor nutritivo da silagem, pois contém entre 42 a 45% de nitrogênio (Neumann et al., 2010).

O princípio de utilização da ureia como aditivo de silagens está ligado à possibilidade de produção de amônia na presença de urease (enzima que catalisa a hidrólise da ureia em dióxido de carbono e amônia, existente na planta e nos microrganismos) durante a fermentação da silagem, e à facilidade de obtenção e aplicação do produto (Matos, 2008).

Durante a ensilagem a ureia se transforma parcialmente em amônia, que reage com a água formando hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), promovendo a elevação do pH e agindo sobre o desenvolvimento dos microrganismos indesejáveis (Kung Jr. et al., 2003). A amônia apresenta forte ação antimicrobiana, inibindo a população de fungos filamentosos e leveduras, como consequência, reduz a produção de etanol, as perdas de matéria seca e carboidratos solúveis na forragem ensilada (Matos, 2008), além de promover estabilização da massa ensilada e estimular a fermentação láctica (Neumann et al., 2010).

A adição de ureia como aditivo químico durante o processo de ensilagem de forragens com alto teor de carboidratos solúveis, como a palma forrageira, pode promover menores perdas fermentativas e efeito tóxico à população de fungos filamentosos e leveduras (Santos et al., 2010), além de apresentar efeito positivo no valor nutritivo da silagem, incrementando o teor de proteína bruta (Neumann et al., 2010).

Maeda et al. (2011), avaliando a silagem de cana-de-açúcar aditivada com ureia (3,3% na matéria seca), observaram que a amonização elevou o teor de proteína bruta da silagem de

20,2 g/kg para 95,9 g/kg da matéria seca, concentrando o conteúdo de matéria seca e aumentando o valor de pH, em relação a silagem sem aditivos.

Sousa et al. (2008) observaram que a adição de uréia na silagem de cana-de-açúcar proporcionou, por efeito tampão da amônia, maior pH (3,52 vs 2,94 da silagem sem aditivo). Os autores sugerem que esse resultado pode explicar, em parte, os efeitos benéficos da amônia no controle da produção de etanol (2,75% vs 8,27% MS da silagem sem aditivo), e consequentemente da população de leveduras, reduzindo as perdas de matéria seca e carboidratos solúveis.

Avaliando os efeitos da adição de ureia (2% MS) sobre as perdas fermentativas, composição química e estabilidade aeróbia de silagens de sorgo BRS Ponta Negra, Santos (2014) observaram menores perdas de matéria seca (85,4 g/kg), e maior teor de proteína bruta (76,5 g/kg) e estabilidade aeróbia (13 horas) na silagem aditivada, em relação a silagem sem o aditivo (144,92 g/kg, 31,2 g/kg, 9 horas, respectivamente).

## Referências

- ADOUS, F. E. **Dissemination of feed based on cactus silage by breeder of Rhamna region**. Disponível em: < <https://www.feedingknowledge.net> >. Acessado em: 28/12/2016.
- ALVAREZ, L. O. P. **Suplementación de ensilado de nopal (*Opuntia* spp.) com urea y melaza para tres razas de cabras (*Capra hircus*)**. 2012. 63f. Monografia (Título em Engenheiro Agrônomo Zootecnista) - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- AMIN, E. S.; AWAD, O. M.; EL-SAYED, M. M. The mucilage of *Opuntia ficus-indica* Mill. **Carbohydrate Research**, v. 15, p. 159-161, 1970.
- ARAÚJO, P. R. B.; FERREIRA, M. A.; BRASIL, L. H. A. et al. Substituição do milho por palma forrageira em rações completas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1850-1857, 2004.
- ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. G.; HEN, Y. et al. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 28, p. 261-263, 2002.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; FIGUEIREDO, H. C. P. et al. Effects of an indigenous and a commercial *Lactobacillus buchneri* strain on quality of sugar cane silage. **Grass and Forage Science**, v. 64, p. 384-394, 2009.
- ÁVILA, C. L. S.; VALERIANO, A. R.; PINTO, J. C. et al. Chemical and microbiological characteristics of sugar cane silages treated with microbial inoculants. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 25-32, 2010.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; OLIVEIRA, D. P. et al. Aerobic stability of sugar cane silages with a novel strain of *Lactobacillus* sp. isolated from sugar cane. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 2, p. 249-255, 2012.
- BEN SALEM, H.; ABIDI, S. Recent advances on the potential use of *Opuntia* spp. in livestock feeding. **Acta Horticulturae**, v. 811, p. 317-326, 2009.
- BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C. et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1902-1909, 2007.
- COSTA, M. R. G. F. **Palma forrageira na alimentação animal**. Disponível em: < <http://www.higieneanimal.ufc.br> >. Acesso em: 28/12/2016.
- ÇÜREK, M.; N. ÖZEN. Feed value of cactus and cactus silage. **Turkey Journal Veterinary Animal Science**, v. 28, p. 633- 639, 2004.
- FARIAS, I.; SANTOS, D. C.; DUBEUX JR., J. C. B. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p. 81.
- FERREIRA, M. A.; PESSOA, R. A. S.; SILVA, F. M. et al. **Palma forrageira e Ureia na alimentação de vacas leiteiras**. Recife: EDUFRPE, 2011. 40p.

- GALVÃO JÚNIOR, J. G. B.; SILVA, J. B. A.; MORAIS, J. H. G. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 2, p. 78-85, 2014.
- GUSHA, J.; KATSANDE, S.; ZVINOROVA, P. I. et al. 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.
- GUSHA, J.; HALIMANI, T. E.; NGONGONI, N. T. et al. Effect of feeding cactus-legume silages on nitrogen retention, digestibility and microbial protein synthesis in goats. **Animal Feed Science and Technology**, v. 206, p. 1-7, 2015.
- HABIBI, Y.; HEYRAUD, A.; MAHROUZB, M. et al. Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. **Carbohydrate Research**, v. 339, p. 1119-1127, 2004.
- HERNANDEZ, P. L. **Suplementación con ensilado de nopal (*Opuntia spp.*) em caprinos**. 2012. 59f. Monografia (Título em Engenheiro Agrônomo Zootecnista) – Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- JOBIM, C. C. Produção e conservação de forragens. In: *I Curso de Atualização por Tutoria à Distância*. Atualização da produção de bovinos de corte, 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. p. 427-485.
- KUNG JR., L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Society of America, Soil Science Society of America, 2003. p.251-304.
- KUNG JR., L. **Aerobic stability of silages**. University of Delaware: *Department of Animal & Food Sciences*, 2005. Disponível em: < <http://ag.udel.edu> >. Acessado em: 29/12/2016.
- LIMA, G. F. C.; SILVA, J. G. M.; AGUIAR, E. M. et al. **Reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido: palma, fenos e silagem**. Natal: EMPARN, 2010. 53p.
- LOPES, E. B.; BRITO, C. H.; GUEDES, C. C. et al. **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPA/FAEPA, 2007. 130p.
- MACÊDO, A. J. S. **Silagem na forma de ração à base de palma forrageira e capim-buffel**. 2017. 74f. Monografia (Bacharel em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba/Centro de Ciências Agrárias, Paraíba, Brasil.
- MACÊDO, A. J. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L. et al. Silages in the form of diet based on spineless cactus and buffelgrass. **African Journal of Range & Forage Science**, p. 1-9, 2018.
- MAEDA, E. M.; ZEOULA, L. M.; JOBIM, C. C. et al. Chemical composition, fermentation, *in vitro* digestibility and *in situ* degradability of sugar cane silages with *Lactobacillus*, urea and agricultural byproduct. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2866-2877, 2011.
- MAJDOUB, H.; ROUDESLE, S.; DERATANI, A. Polysaccharides from prickly pear peel and nopals of *Opuntia ficus-indica*: extraction, characterization and polyelectrolyte behavior. **Polymer International**, v. 50, p. 552-560, 2001.

- MATOS, B. C. Aditivos químicos e microbianos em silagens de cana de açúcar: ação sobre o padrão fermentativo e degradabilidade ruminal da massa ensilada e possíveis incrementos no desempenho animal. **PUBVET**, v. 2, n. 11, p. 1-24, 2008.
- MATTOS, C. W.; CARVALHO, F. F. R.; GUIM, A. et al. Consumo de nutrientes de cordeiros Santa Inês alimentados com níveis crescentes de palma forrageira em rações à base de feno de erva-sal. In: VI Congresso Nordestino de Produção Animal, 2010, Mossoró. **Anais...** Rio Grande do Norte: Universidade Federal Rural do Semiárido, 2010. p. 4.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- McDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D. et al. **Animal Nutrition**. 7.ed. Pearson, 2010. 714p.
- MEDINA-TORRES, L.; BRITO-DE LA FUENTE, E.; TORRESTIANA-SANCHEZ, B. et al. Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*). **Food Hydrocolloids**, v. 14, p. 417-424, 2000.
- MIRANDA, D. C. L. **Perda de matéria seca em silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivos químicos e microbiológicos**. 2006. 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.
- MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183-191, 2010.
- NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R. et al. Chemicals additive used in silages. **Pesquisa aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, p. 197-207, 2010.
- NKOSI, B. D.; VADLANI, P. V.; BRIJWANI, K. et al. Effects of bacterial inoculants and an enzyme on the fermentation quality and aerobic stability of ensiled whole-crop sweet sorghum. **South African Journal of Animal Science**, v. 42, n. 3, p. 232-240, 2012.
- NOGUEIRA, M. S. **Perfil fermentativo e composição química de silagens de palma forrageira enriquecidas com fontes proteica, energética**. 2015. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.
- NOGUEIRA, M. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L. et al. Ensilagem de palma forrageira. In: SANTOS, E. M.; PARENTE, H. N.; OLIVEIRA, J. S. et al. **Ensilagem de plantas forrageiras para o Semiárido**. São Luís: Ed. EDUFMA, 2016. p. 249.
- PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; LIMA, L. E. et al. Desempenho de vacas leiteiras submetidas a diferentes estratégias alimentares. **Archivos de Zootecnia**, v. 53, n. 203, p. 309-320, 2004.
- RANJIT, N. K.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 526-535, 2000.
- REICH, L. J.; KUNG JR., L. Effects of combining *Lactobacillus buchneri* 40788 with various lactic acid bacteria on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 159, p. 105-109, 2010.
- RIBEIRO, E. M. D. O.; SILVA, N. H.; LIMA FILHO, J. L. et al. Study of carbohydrates present in the cladodes of *Opuntia ficus-indica* (fodder palm), according to age and season. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 933-939, 2010.

- ROCHA, J. E. S. **Palma forrageira no Nordeste do Brasil: Estado da arte**. Sobral: Embrapa Caprino e Ovinos, 2012. 40p.
- SÁ, W. C. C. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L. et al. Perfil fermentativo de silagens de rações completas a base de palma forrageira. In: XXV Congresso da Associação Latino-Americana de Produção Animal/XI Congresso Nordestino de Produção Animal, 2016, Recife. **Anais...** Pernambuco: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016. p. 1.
- SAAG, L. M. K.; SANDERSON, G. R.; MOYNA, P. et al. Cactaceae mucilage composition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 26, p. 993-1000, 1975.
- SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E.; MATSUHIRO, B. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. **Journal of Arid Environments**, v. 57, n. 3, p. 275-290, 2004.
- SANTOS, D. C.; ARAÚJO, L. F.; LOPES, E. B. et al. Uso e aplicações da palma forrageira. In: LOPES, E. B.; BRITO, C. H.; GUEDES, C. C. et al. **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no Semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPA/FAEPA, 2007. 130p.
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JR, J. C. B. et al. Palma forrageira. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras**. Viçosa: Editora UFV, v. único, 2010. p. 459.
- SANTOS, M. V. F.; GÓMEZ CASTRO, A. G.; PEREA, J. M. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, p. 25-43, 2010.
- SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; LIRA, M. A. et al. Manejo da palma forrageira. In: 2º Congresso Brasileiro de Palma e outras Cactáceas, 2011, Garanhuns. **Anais...** Pernambuco: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011. p. 15.
- SANTOS, W. C. C. **Aditivos microbianos comerciais na silagem de cana-de-açúcar**. 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns.
- SANTOS, A. P. M. **Silagens de sorgo BRS ponta negra aditivadas com Ureia**. 2014. 57f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F. et al. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, p. 2389-2397, 2010.
- SILVA, J. K. B. **Dietas com silagens completas a base de palma forrageira com níveis de capim buffel para ovinos em confinamento**. 2018. 129f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.
- SIMÕES, D. A.; SANTOS, D. C.; DIAS, F. M. Introdução da palma forrageira no Brasil. In: 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: Editora Universitária da UFPE, 2005, v. único, 2005. p. 13.
- SOUSA, D. P.; MATTOS, W. R. S.; NUSSIO, L. G. et al. Efeito de aditivo químico e inoculantes microbianos na fermentação e no controle da produção de álcool em silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 9, p. 1564-1572, 2008.

- SOUZA, C. M. S.; MEDEIROS, A. N.; FURTADO, D. A. et al. Desempenho de ovelhas nativas em confinamento recebendo palma forrageira na ração na região do semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 1146-1153, 2010.
- STINTZING, F. C.; CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): a review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 49, p. 175-194, 2005.
- SUAREZ, A. L. R. **Suplementación de ovinos con ensilaje de nopal (*Opuntia* spp.) adicionado com Melaza y urea**. 2012. 61f. Monografía (Título em Engenheiro Agrônomo Zootecnista) - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- TAYLOR, C. C.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1526-1532, 2002.
- WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 273-281, 2002.
- WOOLFORD, M. K. A review: the detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 68, p. 101-116, 1990.

## **CAPÍTULO I**

---

### **Características fermentativas e composição química da silagem de palma forrageira com aditivos químico e microbiano**

## RESUMO

Avaliou-se as características fermentativas e composição química da silagem de palma com ureia ou *Lactobacillus buchneri*, bem como a associação de ambos aditivos, em quatro tempos de armazenamento (7, 15, 60 e 120 dias) e durante a estabilidade aeróbia, com avaliações às 0, 48 e 96 horas. Utilizou-se a cultivar miúda, submetida a quatro tratamentos: sem aditivo; 2% de ureia na MS; *L. buchneri*; e ureia (2% na MS) + *L. buchneri*. O estudo foi dividido em dois experimentos: o primeiro para avaliação das silagens em diferentes tempos de armazenamento, e o segundo para avaliação das silagens durante o ensaio de estabilidade aeróbia. Para ambos experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial. Primeiro experimento, 4 tratamentos × 4 tempos, com três repetições por tratamento. Para o segundo experimento, estabilidade aeróbia, considerou-se o esquema fatorial 4 tratamentos × 3 tempos de exposição ao ar, com três repetições por tratamento. Após o processo de ensilagem, observou-se predominância de BAL em todos os tratamentos, as quais aumentaram a partir dos 7 dias, variando de 7,22 a 7,95 log<sub>10</sub> ufc g<sup>-1</sup>. Porém, a partir dos 60 até 120 dias, houve diminuição no número destas bactérias em todos os tratamentos, verificando-se valores próximos de 6 e 5 log<sub>10</sub> ufc g<sup>-1</sup>, respectivamente. A concentração de ácido lático aumentou significativamente a partir dos 60 dias, mantendo a concentração sem diferença significativa aos 120 dias, variando de 75,1 a 84,9 g kg<sup>-1</sup> da MS, dos 60 até os 120 dias de armazenamento, respectivamente. A concentração de ácido acético variou significativamente entre os tempos de armazenamento apenas para as silagens tratadas com ureia e *L. buchneri* exclusivamente, e somente aos 7 e 120 dias houve diferença significativa entre os tratamentos com os aditivos, porém, não foram diferentes da silagem sem aditivo aos 7 dias. A silagem tratada com ureia manteve o valor de pH constante até os 120 dias, apresentando média igual a 4,78. Esta silagem apresentou maior capacidade tampão aos 120 dias, maior NH<sub>3</sub> e incremento no teor de PB. Com o aumento no tempo de armazenamento, os teores de MS das silagens diminuíram, acompanhado da redução dos carboidratos solúveis. Entretanto, as perdas de MS aos 120 dias foram em torno de 4%. Durante o ensaio de estabilidade aeróbia não foi observado quebra da estabilidade das silagens, inclusive da silagem sem aditivos, a qual apresentou aumento na população de BAL às 96 horas. Houve redução no ácido lático às 96 horas com conseqüente aumento no ácido propiônico e diminuição no valor de pH. O maior ácido acético foi observado nas silagens com ureia e *L. buchneri* exclusivamente, sem diferença entre elas. O teor de NH<sub>3</sub> e PB, bem como a capacidade tampão, permaneceram mais elevados na silagem com ureia. Por outro lado, o teor de MS manteve-se mais elevado na silagem sem aditivos. O uso exclusivo ou associado de ureia e *Lactobacillus buchneri* promove melhoria nas características fermentativas da silagem de palma, sem grandes alterações na composição química, não interferindo na estabilidade aeróbia.

**Palavras-chave:** Ensilagem. Estabilidade aeróbia. *Lactobacillus buchneri*. *Nopalea cochenillifera*. Ureia.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the fermentative characteristics and chemical composition of spineless cactus silage with urea or *Lactobacillus buchneri*, as well as the association of both additives in four storage times (7, 15, 60 and 120 days) and during aerobic stability, with evaluations at 0, 48 and 96 hours. The miúda cultivar, was submitted to four treatments: without additive; 2% urea in DM; *L. buchneri*; and urea (2% in DM) + *L. buchneri*. The study was divided in two experiments: the first to evaluate the silages at different storage times, and the second to evaluate the silages during the aerobic stability test. For both experiments, the experimental design was completely randomized in a factorial scheme. First experiment, 4 treatments × 4 storage times with three replicates per treatment. For the second experiment, aerobic stability, 4 treatments × 3 air exposure times with three replicates per treatment was considered. After the ensiling process, LAB predominated in all treatments, which increased from 7 days, ranging from 7.22 to 7.95 log<sub>10</sub> ufc g<sup>-1</sup>. However, from 60 to 120 days, there was a decrease in the number of these bacteria in all treatments, with values close to 6 and 5 log<sub>10</sub> ufc g<sup>-1</sup>, respectively. The concentration of lactic acid increased significantly from 60 days, maintaining the concentration without significant difference at 120 days, varying from 75.1 to 84.9 g kg<sup>-1</sup> DM, from 60 to 120 days, respectively. The concentration of acetic acid varied significantly between the storage times only for the silages treated with urea and *L. buchneri* alone, and only at 7 and 120 days there was a significant difference between the treatments with the additives, but they were not different from the silage without additive at 7 days. The silage treated with urea maintained the pH value constant up to 120 days, with an average of 4.78. This silage presented higher buffer capacity at 120 days, higher ammoniacal nitrogen and increase in CP content. With the increase in storage time, the dry matter content of the silages decreased, accompanied by the reduction of the soluble carbohydrates. However, dry matter losses at 120 days were around 4%. During the aerobic stability test was not observed a breaking in the stability of silages, including the silage without additives, which presented an increase in the population of LAB at 96 hours. There was a reduction in lactic acid at 96 hours with a consequent increase in propionic acid and decrease in pH value. The highest of acetic acid was observed in the silages with urea and *L. buchneri* alone, with no difference between them. The content of ammoniacal nitrogen and crude protein, as well as the buffer capacity, remained higher in silage with urea. On the other hand, the DM content remained higher in the silage without additives. The exclusive or associated use of urea and *Lactobacillus buchneri* promotes improvement in the fermentative characteristics of spineless cactus silage, without major alterations in the chemical composition, without interfering with the aerobic stability.

**Keywords:** Ensiling. Aerobic stability. *Lactobacillus buchneri*. *Nopalea cochenillifera*. Urea.

## INTRODUÇÃO

Recentemente, estudos vêm sendo desenvolvidos buscando a intensificação e eficiência no uso da palma forrageira, de modo a reduzir o tempo e os custos com mão de obra para colheita e fornecimento diário aos animais. Pensando nisto, as pesquisas têm sido voltadas para produção de silagem de palma, uma vez que permitiria a maximização do uso desta forrageira e diminuiria a mão de obra com colheita e fornecimento periódico (Sá et al., 2018).

Entretanto, a palma forrageira apresenta algumas características desfavoráveis a ensilagem, como o baixo teor de matéria seca (menor que  $200 \text{ g kg}^{-1}$ ) e alta concentração de carboidratos solúveis (acima de  $120 \text{ g kg}^{-1}$  da matéria seca), favoráveis ao crescimento de microrganismo indesejáveis. Embora a palma forrageira apresente alguns atributos desfavoráveis à ensilagem, outras características devem ser levadas em consideração. Os hidrocolóides, presentes na mucilagem da palma, são formados por polissacarídeos (ramnose, arabinose, galactose e xilose) altamente hidrofílicos que minimizam a movimentação da água e, assim, a atividade dos microrganismos deterioradores (Sáenz et al., 2004; Saag et al., 1975). Além disso, a palma forrageira possui substâncias tamponantes, os ácidos oxálico, málico, cítrico, malônico, succínico e tartárico (Stintzing & Carle, 2005), que podem controlar o desenvolvimento de leveduras através do tamponamento da massa ensilada, direcionando a fermentação para a produção de ácido lático (Nogueira et al., 2016).

Contudo, o maior problema enfrentado com a ensilagem da palma forrageira é a sua baixa estabilidade aeróbia pós abertura do silo. Quando a silagem é exposta ao oxigênio, leveduras presentes na silagem são reativadas e iniciam a deterioração aeróbia, consumindo carboidratos solúveis residuais e ácido lático, aumentando a temperatura e o pH da silagem (Pahlow et al., 2003). Com a diminuição das concentrações do ácido lático e o consequente aumento do pH, bactérias que foram inibidas pelo baixo pH começam a proliferar e degradar os nutrientes da silagem (Taylor & Kung Jr., 2002). Finalmente, fungos filamentosos completam a deterioração da silagem. Em alguns casos, bactérias ácido acéticas têm sido reportadas como iniciadoras da deterioração aeróbia (Muck, 2013).

A deterioração aeróbia é um fator ainda mais preocupante em silagens de alta qualidade, que apresentam altos teores de carboidratos solúveis residuais (Miranda, 2006), como é o caso da silagem de palma. Conforme Nogueira et al. (2016), a silagem de palma forrageira mostrou-se estável durante um período de 24 horas de exposição ao ar, enquanto Brito (2018) observou 28 horas de estabilidade aeróbia da silagem de palma.

De acordo com McDonald et al. (1991), bactérias ácido lácticas e uréia são classificadas como aditivos inibidores da deterioração aeróbia, atuando no controle da deterioração causada por microrganismos indesejáveis quando a silagem é exposta ao ar, minimizando as perdas. Assim, vários estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar o efeito destes aditivos sobre as características fermentativas e estabilidade aeróbia em silagens de várias espécies, buscando minimizar as perdas durante o processo de ensilagem, obtendo resultados satisfatórios (Santos et al., 2015; Nkosi et al., 2012; Santos, 2014; Maeda et al., 2011; Reich & Kung Jr. (2010); Ítavo et al., 2010; Ávila et al., 2009; Ribeiro et al., 2009; Sousa et al., 2008).

Bactérias ácido lácticas heterofermentativas, como o *Lactobacillus buchneri*, têm sido extensivamente utilizadas por auxiliarem no controle da população de leveduras através da produção do ácido acético, tóxico ao desenvolvimento destes microrganismos (Miranda, 2006), além de aumentar o número e a competitividade na massa ensilada (Ávila et al., 2010). A adição de ureia na silagem atua de forma similar. Em contato com a forragem ensilada esse aditivo se transforma em amônia, que tem efeito inibidor sobre a população de leveduras (Pedroso et al., 2007), estimulando a fermentação láctica e promovendo a estabilização da massa ensilada (Neumann et al., 2010). Logo, espera-se que o uso destes aditivos durante o processo de ensilagem proporcione efeito positivo sobre a silagem de palma forrageira.

Portanto, objetivou-se avaliar as características fermentativas e composição química da silagem de palma forrageira aditivada com ureia ou *Lactobacillus buchneri*, bem como a associação de ambos aditivos, em quatro tempos de armazenamento e durante a estabilidade aeróbia.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida nas dependências do Setor de Forragicultura, pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), situada em Areia - Paraíba, e as análises laboratoriais foram realizadas nos laboratórios de Forragicultura e Nutrição Animal da mesma instituição.

Foi utilizada a palma forrageira da espécie *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, comumente conhecida como palma Miúda, com uma idade de rebrotação de dois anos, de um palmal já implantado na fazenda experimental da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), situada na mesorregião do Agreste paraibano, microrregião do Curimataú, município de Soledade, nas coordenadas de 7° 8' 18" S e 36° 27' 2" W.Gr., com altitude de 534 m. Baseado na classificação de Köppen, o tipo climático da região é Bsh, Semiárido quente, com chuvas de janeiro a abril, apresentando temperaturas médias anuais em torno de 24°C, umidade relativa do ar em torno de 68%, ocorrendo precipitação média de 400 mm anuais, com déficit hídrico durante quase todo o ano (Oliveira Jr. et al., 2009).

A palma forrageira foi colhida manualmente, preservando-se os cladódios primários. Posteriormente, os cladódios foram processados em máquina forrageira estacionária (MC1001N Laboremus®), proporcionando partículas de aproximadamente 2 cm. Em seguida, foi realizada a mistura dos aditivos à palma de acordo com os tratamentos: Controle: sem aditivo; Ureia: adição de 2% na matéria seca; LB: adição do *Lactobacillus buchneri* CNCM I - 4323 ( $1,0 \times 10^{11}$  ufc g<sup>-1</sup>), inoculante comercial (Lalsil®AS), fornecido pela empresa Lallemand, desenvolvido para aumentar a estabilidade aeróbia da silagem. Foi aplicado conforme a recomendação do fabricante; e U + LB: adição de ureia e *L. buchneri* nas proporções supracitadas.

Esta pesquisa foi dividida em dois experimentos: o primeiro experimento para avaliação das silagens em diferentes tempos de armazenamento, e o segundo experimento para avaliação das silagens durante o ensaio de estabilidade aeróbia.

*Experimento 1.* As silagens foram confeccionadas em 48 silos experimentais de PVC (policloreto de polivinila), com 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura. Em seguida, os silos foram fechados e armazenados à temperatura ambiente em local coberto, seco e arejado até o momento das aberturas aos 7, 15, 60 e 120 dias após a ensilagem.

Em cada tempo de abertura foram determinadas as populações microbianas, o perfil fermentativo, as perdas fermentativas e a composição química das silagens.

*Experimento 2.* Para o ensaio de estabilidade aeróbia, as silagens foram produzidas, com a mesma densidade de compactação supracitada, em 12 silos experimentais de PVC (15 cm de diâmetro e 30 cm de altura) adaptados com válvula tipo *Bunsen* para eliminação dos gases resultantes da fermentação. No fundo de cada silo foi adicionado 1 kg de areia seca, coberta com tela de TNT (tecido não tecido) para captação dos efluentes. Ao final deste processo, os silos foram fechados, pesados e armazenados à temperatura ambiente em local coberto, seco e arejado até o momento da abertura, 120 dias após a ensilagem.

O ensaio de estabilidade aeróbia teve duração de 96 horas, sendo determinadas as populações microbianas, o perfil fermentativo, a composição química e a recuperação de matéria seca das silagens às 0, 48 e 96 horas de exposição ao ar.

Em cada tempo de avaliação, de ambos experimentos, foram determinados os valores de pH segundo a metodologia descrita por Bolsen et al. (1992), bem como coletadas amostras de aproximadamente 400 g das silagens para posteriores avaliações.

As populações microbianas foram quantificadas, antes da ensilagem e nas silagens, utilizando-se meios de cultura seletivos para cada grupo microbiano: ágar MRS (de Man, Rogosa e Sharpe), contendo 0,4% de nistatina para as bactérias ácido lácticas; ágar Violet Red Bile para as enterobactérias; e ágar Batata Dextrose, contendo 1% de ácido tartárico a 10%, para os mofos e leveduras.

A quantificação dos grupos microbianos foi realizada a partir de 10 g de uma amostra composta das repetições de cada tratamento, nas quais foram adicionados 90 mL de água destilada esterilizada e homogeneizadas durante 1 minuto, obtendo-se a diluição de  $10^{-1}$ . Em seguida, diluições sucessivas foram realizadas, objetivando-se obter diluições variando de  $10^{-1}$  a  $10^{-9}$ , e o cultivo foi realizado em placas de Petri estéreis descartáveis. As placas foram incubadas de acordo com as temperaturas de incubação específicas para cada grupo microbiano (Ávila et al., 2014; Santos et al., 2014). Para bactérias ácido lácticas, 37°C durante 48 horas; para enterobactérias, 30°C durante 24h; e para mofos e leveduras, 28°C durante 72 horas. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (ufc).

Os ácidos orgânicos (ácidos láctico, acético, propiônico e butírico) e o etanol foram determinados utilizando-se a metodologia descrita por Kung Jr. & Ranjit (2001) em Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), da marca SHIMADZU, detector modelo SPD-10<sup>a</sup> VP acoplado ao detector ultravioleta (UV), utilizando-se um comprimento de ondas de 210 nm.

Para avaliação do nitrogênio amoniacal e da capacidade tampão das silagens seguiram-se as metodologias descritas por Bolsen et al. (1992) e Playne & McDonald (1966), respectivamente.

Parte das amostras das silagens coletadas, aproximadamente 300 g, foi pré-seca em estufa de ventilação forçada de ar (60°C), processada em moinho de facas tipo *Willey* com peneira de 1 mm de crivo e analisadas segundo protocolos da AOAC (1990), para a determinação dos teores de matéria seca (ID 930.15) e proteína bruta (ID 954.01). Para determinação do teor dos carboidratos solúveis, utilizou-se o método do ácido sulfúrico concentrado descrito por Dubois et al. (1956) com adaptações de Corsato et al. (2008). As metodologias descritas por Van Soest et al. (1991) foram utilizadas para determinação dos teores da fibra em detergente neutro.

A composição química da palma forrageira, antes da ensilagem, pode ser observada na tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química da palma forrageira antes da ensilagem.

Item	Variáveis <sup>1</sup>			
	MS (g kg <sup>-1</sup> MN)	PB (g kg <sup>-1</sup> MS)	FDN (g kg <sup>-1</sup> MS)	CS (g kg <sup>-1</sup> MS)
Palma forrageira	159,9	21,6	226,4	173,5

<sup>1</sup>MS, Matéria Seca; MN, Matéria Natural; PB, Proteína Bruta; FDN, Fibra em Detergente Neutro; CS, Carboidratos Solúveis.

As perdas de matéria seca nas silagens sob as formas de gases e efluentes foram quantificadas por diferença de peso pelas equações descritas por Zanine et al. (2010):

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

Onde, G = perdas por gases (% da matéria seca); PCf = peso do silo cheio no fechamento (kg); PCa = peso do silo cheio na abertura (kg); MFf = massa de forragem no fechamento do silo (kg); MSf = concentração de matéria seca da forragem no fechamento do silo (%).

$$E = [(PVf - Tb) - (PVi - Tb)] / MFi \times 100$$

Onde, E = perdas por efluentes (kg ton<sup>-1</sup> de matéria fresca); PVi = peso do silo vazio + areia no fechamento (kg); PVf = peso do silo vazio + areia na abertura (kg); Tb = peso do silo vazio (kg); MFi = massa de forragem no fechamento do silo (kg).

A estimativa da recuperação de matéria seca foi obtida por diferença de peso de massa da forragem e concentração de matéria seca antes e após a ensilagem pela equação descrita por Zanine et al. (2010):

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

Onde, RMS = taxa de recuperação de matéria seca (%); MFa = massa da forragem na abertura do silo (kg); MSa = concentração de matéria seca da forragem na abertura do silo (%); MFf = massa da forragem no fechamento do silo (kg); MSf = concentração de matéria seca da forragem no fechamento do silo (%).

Após os 120 dias de ensilagem, a estabilidade aeróbia das silagens (expressa em horas) foi avaliada por meio do monitoramento das temperaturas superficial e interna das silagens expostas ao ar. As amostras de silagem foram colocadas sem compactação em silos experimentais de PVC sem tampa e mantidas em ambiente fechado com temperatura controlada (25°C). As temperaturas foram verificadas a cada 1 hora por meio de termômetros (digital a laser e digital de imersão) posicionados no centro da massa de silagem. Foi considerado o início da deterioração quando a temperatura interna das silagens atingiu 2°C acima da temperatura ambiente (Kung Jr. et al., 2000).

Para ambos experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial. No experimento 1, 4 × 4 (quatro tratamentos e quatro tempos de abertura) com três repetições por tratamento. Para as variáveis associadas à estabilidade aeróbia (experimento 2) considerou-se um esquema fatorial 4 × 3 (quatro tratamentos e três tempos de exposição ao ar) com três repetições por tratamento. Os dados foram analisados estatisticamente pelos procedimentos de análise de variância (ANOVA) e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%, utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 2008). Modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

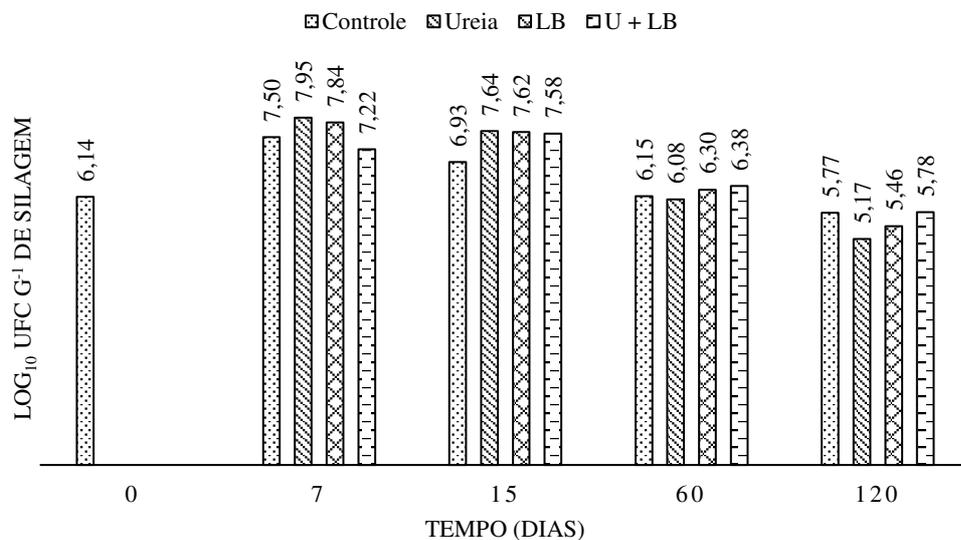
Onde  $\mu$  é a média da população;  $\alpha_i$ , o efeito do Tratamento;  $\beta_j$ , o efeito do Tempo;  $\gamma_{ij}$ , a interação Tratamento × Tempo; e  $\varepsilon_{ijk}$ , o Erro residual.

Os dados referentes as temperaturas no ensaio de estabilidade aeróbia, bem como a quantificação dos grupos microbianos (em unidade logarítmica,  $\log_{10}$ ) foram analisados de forma descritiva.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Experimento 1:

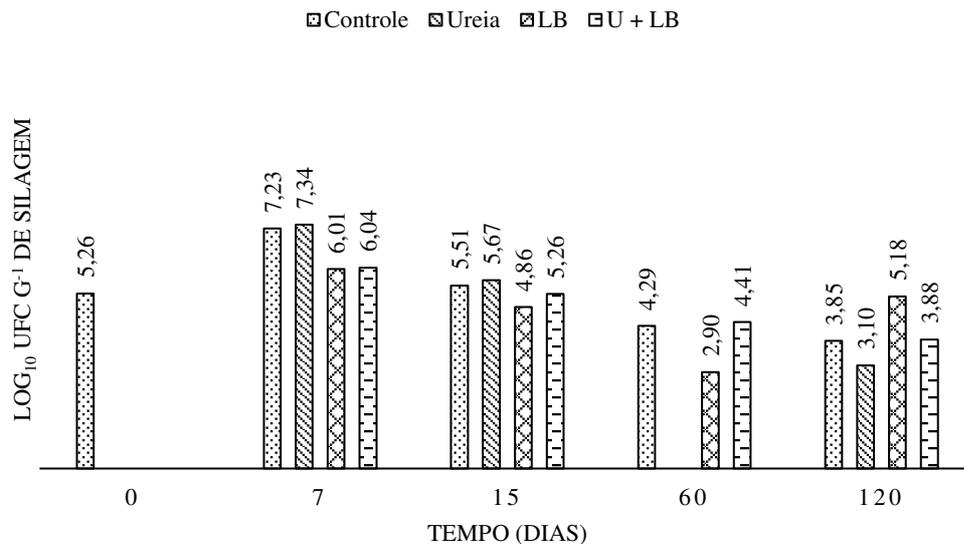
Observou-se um crescimento de bactérias ácido lácticas após a ensilagem da palma forrageira aos 7 dias de ensilagem em todos os tratamentos, variando de 7,22 a 7,95  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$  de silagem (Figura 1). Aos 15 dias de ensilagem, a silagem sem aditivo (Controle) apresentou redução no número de bactérias ácido lácticas, reduzindo de 7,50 para 6,93  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$  de silagem. Porém, a partir dos 60 até 120 dias de ensilagem, houve diminuição no número de bactérias ácido lácticas na silagem de todos os tratamentos, verificando-se valores próximos de 6,0 e 5,0  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$  de silagem aos 60 e 120 dias de ensilagem, respectivamente. Este resultado sugere que a partir de 60 dias de ensilagem os tratamentos com ureia e *L. buchneri*, bem como sua associação não puderam manter a sobrevivência da população de bactérias ácido lácticas.



**Figura 1.** Quantificação de bactérias ácido lácticas das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, de acordo com os tempos de abertura. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *L. buchneri*; U + LB, adição de ureia e *L. buchneri*.

Também foi observado crescimento da população de mofos e leveduras aos 7 dias de ensilagem, diminuindo a partir dos 15 até 120 dias (Figura 2). Aos 7 dias de armazenamento as silagens sem aditivo (Controle) e tratada com ureia apresentaram as maiores populações de mofos e leveduras, diminuindo a partir dos 15 dias. Contudo, a população de mofos e leveduras na silagem de palma forrageira tratada com ureia desapareceu aos 60 dias de

armazenamento, reaparecendo aos 120 dias. Era esperado que a adição tanto de ureia quanto de *L. buchneri* inibisse o desenvolvimento de mofo e leveduras, já que ambos possuem esse efeito inibidor (Santos et al., 2013; Neumann et al., 2010), sendo esse fato melhor evidenciado aos 60 dias de ensilagem, com ênfase para a silagem tratada com ureia que manteve a população de mofo e leveduras baixa até 120 dias, em relação a silagem tratada com *L. buchneri*.



**Figura 2.** Quantificação de mofo e leveduras das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, de acordo com os tempos de abertura. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *L. buchneri*; U + LB, adição de ureia e *L. buchneri*.

A silagem tratada com *L. buchneri* apresentou população de mofo e leveduras semelhante a silagem tratada com ureia e *L. buchneri* (U + LB) aos 7 dias de ensilagem, diminuindo a partir dos 15 até 60 dias de armazenamento. De modo semelhante, a silagem tratada com ureia e *L. buchneri* foi diminuindo dos 15 até 120 dias de armazenamento. As silagens tratadas com *L. buchneri* (LB e U + LB) mostraram-se mais eficientes no controle da população de mofo e leveduras aos 7 dias de armazenamento, e aos 15 dias somente a silagem tratada com *L. buchneri* exclusivamente foi mais eficiente. Porém, aos 60 dias, a silagem tratada com ureia proporcionou melhor controle da população destes microrganismos. Diversos trabalhos na literatura evidenciam a eficiência da ureia como inibidora da população de leveduras (Lopes & Evangelista, 2010; Pedroso et al., 2011; Pedroso et al., 2008; Pedroso et al., 2007; Pedroso et al., 2006; Alli et al., 1983), inclusive sua eficiência em associação com inoculantes microbianos (Siqueira et al., 2007). Entretanto, a curto prazo, as silagens tratadas

com *L. buchneri* mostraram-se eficientes no controle da população de leveduras (Ávila et al., 2008).

Não foi detectada a presença de enterobactérias nas silagens de palma forrageira, em nenhum dos tratamentos, nesta pesquisa. A presença de enterobactérias só foi observada na palma antes da ensilagem (5,21 log<sub>10</sub> ufc g<sup>-1</sup> de forragem). A rápida acidificação da palma ensilada inibiu o crescimento das enterobactérias, fator determinante para o controle destes microrganismos, e outros indesejáveis como os clostrídios. De acordo com Pinho et al. (2016), as enterobactérias se desenvolvem no início do processo de ensilagem e reduzem à medida que o pH das silagens reduz e se eleva a população de bactérias ácido lácticas. Meeske et al. (1999) verificaram que a população de enterobactérias em silagem de *Digitaria eriantha* atingiu o seu valor máximo nas primeiras 24 horas de fermentação, com valor de 7,1 log<sub>10</sub> ufc g<sup>-1</sup> de silagem, diminuindo sua população até os 9 dias de ensilagem. Rooke (1990) observaram um valor médio de 4,76 log<sub>10</sub> ufc g<sup>-1</sup> de silagem.

A presença de enterobactérias em silagens é indesejável. Ao contrário dos clostrídios, elas são anaeróbias facultativas e, conseqüentemente, competem com as bactérias ácido lácticas pelos carboidratos solúveis, produzindo uma mistura de produtos incluindo o ácido acético, etanol e hidrogênio (McDonald et al., 1991). Como os clostrídios, elas podem descarboxilar e deaminar aminoácidos, com conseqüente produção de grandes concentrações de amônia, sendo que algumas estirpes reduzem nitrato para nitrito e óxido-nítrico, formando gases no interior do silo (Muck, 2010). O pH ótimo para o crescimento desses microrganismos está em torno de 7,0, e eles são geralmente ativos apenas nos estágios iniciais da fermentação, quando o pH é favorável ao seu crescimento (McDonald et al., 2010).

Observou-se efeito da interação tratamentos × tempos de armazenamento para o pH (P=0,0003), capacidade tampão (P=0,0010), ácido acético (P=0,0069) e etanol (P<0,0001) das silagens de palma forrageira (Tabela 2). O pH da silagem tratada com ureia manteve-se constante até os 120 dias de armazenamento, e foi em média igual a 4,78, o que ocorreu devido a maior concentração de nitrogênio amoniacal que essa silagem apresentou em virtude da ureólise sofrida pela ureia (Tabela 3), ocasionando aumento na capacidade tampão, impedindo o rápido abaixamento do pH. Conforme Pereira et al. (2007), a adição de ureia contribui com a elevação dos valores médios de pH, aumento nos teores de nitrogênio amoniacal (% NT) e elevação nos teores de proteína bruta das silagens. Aos 15 dias de ensilagem, a silagem tratada com ureia apresentou o maior valor de pH (4,89) devido a ação tamponante da ureia que impede a intensa acidificação do meio. Mas não diferiu dos outros

tratamentos nos demais tempos de armazenamento, exceto aos 60 dias em relação a silagem sem aditivo (Controle), a qual apresentou o menor valor de pH (3,46), entre todas.

**Tabela 2.** Médias resultantes do efeito da interação tratamento × tempo de armazenamento para o pH, capacidade tampão, ácido acético e etanol das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano.

Tempos	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	P-valor
	Controle	Ureia	LB	U + LB		
pH						
7 dias	4,35 <sup>ABa</sup>	4,49 <sup>Aa</sup>	4,36 <sup>BCa</sup>	4,35 <sup>ABa</sup>	0,07	0,0003
15 dias	4,19 <sup>Bb</sup>	4,89 <sup>Aa</sup>	4,21 <sup>Cb</sup>	4,19 <sup>Bb</sup>		
60 dias	3,46 <sup>Cb</sup>	4,90 <sup>Aa</sup>	4,98 <sup>Aa</sup>	4,63 <sup>ABa</sup>		
120 dias	4,85 <sup>Aa</sup>	4,85 <sup>Aa</sup>	4,85 <sup>ABa</sup>	4,88 <sup>Aa</sup>		
Capacidade tampão (E.mg/100g MS)						
7 dias	70,0 <sup>Aa</sup>	80,0 <sup>Ca</sup>	80,0 <sup>Ba</sup>	80,0 <sup>Aa</sup>	0,01	0,0010
15 dias	80,0 <sup>Aa</sup>	100,0 <sup>BCa</sup>	90,0 <sup>Ba</sup>	80,0 <sup>Aa</sup>		
60 dias	100,0 <sup>Aa</sup>	140,0 <sup>Ba</sup>	110,0 <sup>Ba</sup>	100,0 <sup>Aa</sup>		
120 dias	100,0 <sup>Ac</sup>	240,0 <sup>Aa</sup>	180,0 <sup>Ab</sup>	120,0 <sup>Ac</sup>		
Ácido acético (g kg <sup>-1</sup> MS)						
7 dias	18,0 <sup>Ab</sup>	22,0 <sup>ABa</sup>	15,2 <sup>ABab</sup>	8,8 <sup>Ab</sup>	0,12	0,0069
15 dias	13,3 <sup>Aa</sup>	11,2 <sup>Ba</sup>	6,3 <sup>Ba</sup>	13,3 <sup>Aa</sup>		
60 dias	16,3 <sup>Aa</sup>	18,9 <sup>ABa</sup>	10,9 <sup>Ba</sup>	9,5 <sup>Aa</sup>		
120 dias	7,2 <sup>Ac</sup>	30,2 <sup>Aa</sup>	24,5 <sup>Ab</sup>	12,7 <sup>Abc</sup>		
Etanol (g kg <sup>-1</sup> MS)						
7 dias	3,7 <sup>Ca</sup>	3,7 <sup>Ca</sup>	3,1 <sup>Ca</sup>	2,7 <sup>Da</sup>	0,27	<0,0001
15 dias	2,3 <sup>Cc</sup>	10,4 <sup>Cbc</sup>	28,6 <sup>Ba</sup>	12,6 <sup>Cb</sup>		
60 dias	13,8 <sup>Bc</sup>	36,9 <sup>Ba</sup>	8,5 <sup>Cc</sup>	24,4 <sup>Bb</sup>		
120 dias	27,7 <sup>Ac</sup>	68,1 <sup>Aa</sup>	44,1 <sup>Ab</sup>	35,7 <sup>Abc</sup>		

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; MS, Matéria Seca. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *Lactobacillus buchneri*; U + LB, adição de ureia e *Lactobacillus buchneri*.

<sup>2</sup>Erro Padrão da Média.

É importante salientar que McDonald et al. (2010) relataram que silagens bem preservadas apresentam, geralmente, valores de pH entre 3,7 e 4,2, e muitos dos valores de pH nesta pesquisa estiveram acima do valor máximo relatado pelos autores, de modo que os valores de pH mais próximos a estes foram observados aos 15 dias de ensilagem, exceto para silagem tratada com ureia. No entanto, o valor de pH sozinho não determina a qualidade de uma silagem, sendo necessário considerar outras variáveis que em conjunto determinarão esta qualidade.

A capacidade tampão das silagens tratadas com ureia e *L. buchneri* exclusivamente aumentaram no decorrer dos tempos de armazenamento, sendo significativamente maior aos 120 dias de ensilagem, e ocorreu devido ao aumento na concentração do nitrogênio amoniacal aos 120 dias (Tabela 3), já que esta variável apresenta ação tamponante. Além disso, as reduções significativas nos teores de carboidratos solúveis, com conseqüente aumento nas

concentrações do ácido láctico aos 120 dias, provavelmente contribuíram para elevação da capacidade tampão dessas silagens (Evangelista et al., 2009).

As concentrações de ácido acético variaram significativamente entre os tempos de armazenamento para as silagens tratadas com ureia e *L. buchneri* exclusivamente, porém, aos 15 e 60 dias estes tratamentos não diferiram dos demais. Era esperado um aumento na concentração de ácido acético nas silagens inoculadas com *L. buchneri*, uma vez que esta é uma bactéria ácido láctica heterofermentativa, que produz, além do ácido láctico, o ácido acético, como produtos do seu metabolismo (Kung Jr. et al., 2018). Apenas aos 7 e 120 dias houve diferença significativa entre os tratamentos com aditivos químico, microbiano e sua associação, porém, não foram diferentes da silagem sem aditivo (Controle) aos 7 dias, e aos 120 dias para silagem tratada com ureia e *L. buchneri* (U + LB). Ao contrário da silagem tratada com *L. buchneri*, a silagem tratada com ureia não foi semelhante a silagem tratada com ureia e *L. buchneri* aos 7 e 120 dias, mas foi semelhante a silagem tratada com *L. buchneri* em todos os tempos de armazenamento, mostrando que estas silagens (Ureia e LB) tiveram a mesma intensidade de fermentação no que diz respeito a produção de ácido acético.

As concentrações de ácido acético das silagens nesta pesquisa, mesmo na silagem sem aditivo (Controle), estão de acordo com a concentração recomenda na literatura para silagens bem fermentadas, de até 20 g kg<sup>-1</sup> na matéria seca (Pinho et al., 2016 citando Mahanna, 1994). McDonald et al. (2010) apresentaram valores de concentrações de ácido acético de silagens úmidas iguais a 26 e 36 g kg<sup>-1</sup> MS e as classificou como bem preservadas.

As concentrações de etanol aumentaram no decorrer dos tempos de armazenamento. Aos 15 dias, a silagem tratada com *L. buchneri* já apresentava a maior concentração de etanol (28,6 g kg<sup>-1</sup>), mas esta concentração foi considerada baixa de acordo com Kung Jr. et al. (2018) ao relatar que concentrações de etanol em silagens acima de 40 g kg<sup>-1</sup> geralmente indicam metabolismo excessivo por leveduras. Estes autores comentam que silagens tratadas com *L. buchneri* frequentemente apresentam quantidades moderadas de 1,2-propanodiol, podendo ser encontradas concentrações tão altas quanto 30 g kg<sup>-1</sup>. Além disso, nestas silagens é comum a presença de *Lactobacillus diolivorans*, uma espécie de ocorrência natural, que pode crescer sob o uso de 1,2-propanodiol, produzindo propanol e ácido propiônico. Este fato poderia explicar a maior concentração de etanol na silagem tratada com *L. buchneri*, já que esta silagem apresentou a menor população de leveduras nesse tempo de armazenamento. Porém, aos 120 dias, a população de mofos e leveduras aumentou nessa silagem, o que pode ter contribuído para o aumento na concentração de etanol para 44,1 g kg<sup>-1</sup>.

A partir de 60 dias de armazenamento, a silagem tratada com ureia apresentou a maior concentração de etanol, que foi de 36,9 g kg<sup>-1</sup> a 68,1 g kg<sup>-1</sup> aos 60 e 120 dias, respectivamente. A produção de etanol aos 60 dias nesta silagem pode ser atribuída a ação de bactérias ácido lácticas heterofermentativas (McDonald et al., 1991), uma vez que não foi detectada a presença de leveduras nesse tempo. Segundo Kung Jr. et al. (2018), as concentrações de 1,2-propanodiol, frequentemente, se acumulam nas silagens tratadas com *L. buchneri*, geralmente, após 30 a 60 dias de fermentação. Nesse contexto, é possível que bactérias ácido lácticas heterofermentativas, tenham desempenhado extensiva atividade nesse longo prazo, convertendo os substratos prontamente disponíveis à etanol. Este fato também pode ser evidenciado através das concentrações do ácido acético que foram maiores nas silagens tratadas com ureia e *L. buchneri* ao final dos 120 dias de armazenamento. Com o aumento do tempo de armazenamento e o aparecimento das leveduras aos 120 dias, a concentração de etanol aumentou.

Porém, levando em consideração os valores médios da concentração de etanol, as silagens sem aditivo (Controle) e tratada com a associação de ureia e *L. buchneri* (U + LB) apresentaram as menores produção de etanol, 11,8 e 18,8 g kg<sup>-1</sup> MS contra 29,8 e 21,1 g kg<sup>-1</sup> MS para as silagens tratadas exclusivamente com ureia ou *L. buchneri*, respectivamente. Todavia, para ambos tratamentos, as concentrações de etanol ficaram abaixo de 40 g kg<sup>-1</sup>, valor de referência recomendado por Kung Jr. et al. (2018).

Houve efeito dos tratamentos para o ácido propiônico (P=0,0334) e nitrogênio amoniacal (P<0,0001), e dos tempos de armazenamento para os ácidos láctico (P=0,0001) e butírico (P=0,0387), e para o nitrogênio amoniacal (P<0,0001; Tabela 3). As concentrações de ácido propiônico nas silagens tratadas com ureia, *L. buchneri* e a associação de ambos (U + LB) não diferiram da silagem sem aditivo (Controle). Por outro lado, a silagem tratada com ureia apresentou maior concentração em relação a silagem tratada com *L. buchneri*, o que ocorreu, provavelmente, devido a maior capacidade tampão que essa silagem apresentou, ocasionando um atraso no abaixamento do pH, o que pode ter favorecido a fermentação por bactérias propiônicas no início do processo de ensilagem.

No entanto, bactérias propiônicas como as espécies de *Propionibacterium* têm sido encontradas e isoladas das silagens devido ao seu efeito benéfico através da produção dos ácidos propiônico e acético, a partir do lactato, que inibem o crescimento de mofos e leveduras (McDonald et al., 1991). Assim, é possível que bactérias como esta tenham se desenvolvido nessas silagens. E, embora as espécies de *Propionibacterium* fermentem lactato a propionato em silagens e preferiram o lactato ao açúcar como substrato, é improvável que a

atividade destas bactérias tenha sido intensa o suficiente para resultar em deterioração da silagem, especialmente porque sua ação sobre o lactato envolve pouca ou nenhuma perda de acidez (McDonald et al., 1991).

**Tabela 3.** Médias resultantes do efeito de tratamento para o ácido propiônico (Prop.) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), e dos tempos de armazenamento para o ácido láctico (Lat.), ácido butírico (But.) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>3</sup>	P-valor
	Controle	Ureia	LB	U + LB		
Prop. (g kg <sup>-1</sup> MS)	3,5 <sup>ab</sup>	4,1 <sup>a</sup>	2,7 <sup>b</sup>	3,0 <sup>ab</sup>	0,02	0,0334
N-NH <sub>3</sub> (% NT)	0,08 <sup>b</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,02	<0,0001
	Tempos <sup>1</sup>					
	7 dias	15 dias	60 dias	120 dias		
Lat. (g kg <sup>-1</sup> MS)	51,3 <sup>b</sup>	45,4 <sup>b</sup>	75,1 <sup>a</sup>	84,9 <sup>a</sup>	0,40	0,0001
But. (g kg <sup>-1</sup> MS)	4,1 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	3,3 <sup>b</sup>	4,2 <sup>a</sup>	0,01	0,0387
N-NH <sub>3</sub> (% NT)	0,13 <sup>b</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,02	<0,0001

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *Lactobacillus buchneri*; U + LB, adição de ureia e *Lactobacillus buchneri*.

<sup>2</sup>MS, Matéria Seca; % NT, Porcentagem do Nitrogênio Total.

<sup>3</sup>Erro Padrão da Média.

Além disso, os clostrídios crescem melhor em pH 7,0 a 7,4 e não toleram condições ácidas, de modo que um pH em torno de 4,0 é geralmente considerado baixo o suficiente para inibir seu crescimento (McDonald et al., 2010). Sendo assim, é importante salientar que o pH inicial da massa de cada tratamento, antes da ensilagem, estava em torno de 5,0, e houve tendência a diminuir, tendo em vista que ao sétimo dia o pH de todas as silagens estava em torno de 4,0.

Contudo, as concentrações do ácido propiônico em todos os tratamentos nesta pesquisa não foram altas o suficiente para indicar uma fermentação pobre da silagem, pois, segundo Kung Jr. et al. (2018) apenas concentrações acima de 5 g kg<sup>-1</sup> podem indicar alta fermentação por clostrídios como resultado da atividade de *Clostridium propionicum*.

A fração amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) do nitrogênio total (NT) pode ser considerada baixa para todas as silagens, mesmo para silagem tratada com ureia, que apresentou concentração significativamente maior (0,31% do NT), em virtude do aumento do nitrogênio ocasionado pela adição da ureia, evidenciando que, apesar de discreta, a conversão de ureia a amônia ocorreu nessa silagem (Schmidt et al., 2007). O nitrogênio amoniacal é naturalmente encontrado em todas as silagens em concentrações relativamente baixas (geralmente menos de 10-15% do NT). Níveis elevados são o resultado da quebra excessiva de proteínas e aminoácidos no silo causada por uma queda lenta no pH ou principalmente pela ação dos clostrídios. Em geral, as silagens de alta umidade apresentam maiores concentrações de

nitrogênio amoniacal do que as silagens mais secas (Kung Jr. et al., 2018). Porém, nesta pesquisa as concentrações foram bem pequenas (abaixo de 1%) e podem ser atribuídas a ação de bactérias ácido lácticas, como o *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* e *Pediococcus* spp. que podem descarboxilar aminoácidos formando CO<sub>2</sub> e amônia (McDonald et al., 1991), mas com pequenas perdas de matéria seca (McDonald et al., 2010). Além disso, Jobim & Gonçalves (2003) afirmaram que o nitrogênio amoniacal pode ser produzido em pequenas quantidades pelas enzimas da planta.

A concentração do ácido butírico foi menor aos 60 dias de armazenamento e estava acima de 1,0 g kg<sup>-1</sup> MS, valor de referência relatado por Pinho et al. (2016) como meta para produção de uma silagem estável. De acordo com Kung Jr. et al. (2018), o ácido butírico não deve ser encontrado em uma silagem que foi fermentada adequadamente. Contudo, as concentrações do ácido butírico nesta pesquisa podem ser consideradas baixa, pois França et al. (2011) encontraram concentrações de ácido butírico variando de 3 a 9 g kg<sup>-1</sup> MS em silagens de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio e concluíram que as silagens foram fermentadas de forma adequada, proporcionando silagens de qualidade. Além disso, McDonald et al. (2010) mostraram que silagens mal preservadas podem apresentar concentrações de ácido butírico e nitrogênio amoniacal iguais a 36 g kg<sup>-1</sup> MS e 323 g kg<sup>-1</sup> NT, respectivamente. Nesta pesquisa, as concentrações do ácido butírico não passaram de 4,2 g kg<sup>-1</sup> MS.

A concentração de ácido láctico sofreu efeito do tempo de armazenamento, aumentando significativamente a partir dos 60 dias, mantendo a concentração sem diferença significativa aos 120 dias de ensilagem, variando de 51,3 a 84,9 g kg<sup>-1</sup> da matéria seca, dos 7 até os 120 dias de armazenamento. Estes resultados foram superiores aos encontrados por Çürek & Özen (2004) de 25,9 e 32 g kg<sup>-1</sup> em silagens de cladódios jovens e velhos de palma forrageira, respectivamente. Estes autores classificaram essas silagens como de boa qualidade. McDonald et al. (2010) classificaram uma silagem com concentração de ácido láctico igual a 53 g kg<sup>-1</sup> MS como bem preservada. Brito (2018) avaliando o perfil fermentativo da silagem de palma forrageira, encontrou 60 g kg<sup>-1</sup> MS de ácido láctico, com base na matéria seca, após 90 dias de armazenamento. Nogueira (2015) observaram 80 g kg<sup>-1</sup> MS de ácido láctico, após 30 dias de ensilagem da palma, corroborando os resultados deste trabalho, ao indicar predominância de fermentação láctica durante a ensilagem de palma forrageira.

Observou-se efeito da interação tratamentos × tempos de armazenamento para os teores de matéria seca (P=0,0025), carboidratos solúveis (P=0,0466) e fibra em detergente neutro (P=0,0442) das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano

(Tabela 4). O teor de matéria seca em todos os tratamentos reduziu com o tempo de armazenamento, como consequência da diminuição nos teores dos carboidratos solúveis, porém, foi significativamente maior na silagem sem aditivo (Controle) aos 60 e 120 dias de armazenamento.

Dessa forma, é possível observar que a partir dos 60 dias de ensilagem, o teor dos carboidratos solúveis sofreu uma redução significativa para as silagens que foram tratadas com ureia (Ureia e U + LB), não sendo diferentes entre si. Por outro lado, as silagens sem aditivo (Controle) e tratada com *L. buchneri* não diminuíram os teores até os 60 dias, apresentando teores de carboidratos solúveis semelhantes. Neste mesmo tempo, a silagem tratada com *L. buchneri* não diferenciou da silagem tratada com ureia e *L. buchneri* (U + LB). Contudo, aos 120 dias de ensilagem, o teor dos carboidratos solúveis de todas as silagens se equipareceu. McDonald et al. (2010) comentou que consideráveis mudanças bioquímicas ocorrem durante a fermentação, especialmente para os carboidratos solúveis e proteínas. Entretanto, se a fermentação for predominada por bactérias ácido lácticas as perdas serão consideradas pequenas, como é o caso das silagens nesta pesquisa.

**Tabela 4.** Médias resultantes do efeito da interação tratamento × tempo de armazenamento para matéria seca, carboidratos solúveis e fibra em detergente neutro das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano.

Tempos	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	P-valor
	Controle	Ureia	LB	U + LB		
Matéria seca (g kg <sup>-1</sup> MN)						
7 dias	155,7 <sup>Aa</sup>	151,5 <sup>Aab</sup>	147,7 <sup>Aab</sup>	144,6 <sup>Ab</sup>	0,15	0,0025
15 dias	153,9 <sup>Aa</sup>	142,7 <sup>Bb</sup>	148,5 <sup>Aab</sup>	147,8 <sup>Aab</sup>		
60 dias	148,8 <sup>ABa</sup>	128,6 <sup>Cb</sup>	135,5 <sup>Bb</sup>	129,6 <sup>Bb</sup>		
120 dias	142,8 <sup>Ba</sup>	122,5 <sup>Cc</sup>	127,9 <sup>Bbc</sup>	132,2 <sup>Bb</sup>		
Carboidratos solúveis (g kg <sup>-1</sup> MS)						
7 dias	ND <sup>3</sup>	ND	ND	ND	0,40	0,0466
15 dias	103,9 <sup>Aa</sup>	83,7 <sup>Aa</sup>	98,4 <sup>Aa</sup>	89,7 <sup>Aa</sup>		
60 dias	100,5 <sup>Aa</sup>	38,8 <sup>Bc</sup>	72,5 <sup>ABab</sup>	51,4 <sup>Bbc</sup>		
120 dias	70,3 <sup>Ba</sup>	50,1 <sup>Ba</sup>	53,4 <sup>Ba</sup>	70,8 <sup>ABa</sup>		
Fibra em detergente neutro (g kg <sup>-1</sup> MS)						
7 dias	238,5 <sup>Aa</sup>	230,1 <sup>Aa</sup>	225,3 <sup>Ba</sup>	232,9 <sup>ABa</sup>	0,51	0,0442
15 dias	250,7 <sup>Aa</sup>	199,4 <sup>Ab</sup>	282,2 <sup>Aa</sup>	269,5 <sup>Aa</sup>		
60 dias	190,9 <sup>Ba</sup>	187,3 <sup>Aa</sup>	186,0 <sup>Ba</sup>	198,6 <sup>Ba</sup>		
120 dias	192,9 <sup>Ba</sup>	187,6 <sup>Aa</sup>	200,8 <sup>Ba</sup>	218,4 <sup>Ba</sup>		

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; MN, Matéria Natural; MS, Matéria Seca. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *Lactobacillus buchneri*; U + LB, adição de ureia e *Lactobacillus buchneri*.

<sup>2</sup>Erro Padrão da Média.

<sup>3</sup>Não Determinado.

O teor de fibra em detergente neutro diminuiu com o tempo de armazenamento para as silagens sem aditivo (Controle), tratada com *L. buchneri* exclusivamente e tratada com ureia e

*L. buchneri* (U + LB), podendo ser observada esta redução a partir dos 60 dias de ensilagem, sem diferença até 120 dias. Este fato pode ser atribuído a hidrólise por enzimas da planta ou hidrólise ácida através dos ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação (McDonald et al., 1991).

Aos 15 dias de ensilagem, a silagem tratada com ureia sofreu redução significativa no teor de fibra em detergente neutro, o que se justifica pela hidrólise alcalina resultante da reação do hidróxido de amônio com as ligações ésteres entre os carboidratos estruturais (Rosa & Fadel, 2001). A ureia em contato com forragens úmidas reage liberando amônia. Esta amônia reage com a umidade formando hidróxido de amônio (Neumann et al., 2010).

Houve efeito de tratamento para os teores de proteína bruta da silagem de palma forrageira com aditivos químico e microbiano ( $P < 0,0001$ ; Tabela 5). A adição de ureia incrementou o teor de proteína bruta da silagem, o que foi justificado pelo fato de a ureia ser uma fonte de nitrogênio não protéico. Por isso, a ureia, é comumente utilizada como aditivo nutritivo em silagens com o objetivo de incrementar o valor nutricional do alimento (Neumann et al., 2010). Vários trabalhos na literatura evidenciam o aumento nos teores de proteína bruta de silagens de diferentes plantas forrageira aditivadas com Ureia (Nogueira, 2015; Santos, 2014; Pedroso et al., 2011; Ítavo et al., 2010; Sousa et al., 2008).

**Tabela 5.** Médias resultantes do efeito de tratamento para proteína bruta (PB), recuperação de matéria seca (RMS), perdas por gases (PG) e perdas por efluentes (PE) das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, após 120 dias de armazenamento.

Variável <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>3</sup>	P-valor
	Controle	Ureia	LB	U + LB		
PB (g kg <sup>-1</sup> MS)	22,1 <sup>b</sup>	42,4 <sup>a</sup>	23,6 <sup>b</sup>	24,5 <sup>b</sup>	0,13	<0,0001
RMS (g kg <sup>-1</sup> MS)	964,4	958,4	961,0	962,9	0,46	0,9801
PG (g kg <sup>-1</sup> MS)	25,4	29,3	28,6	24,9	0,13	0,5939
PE (kg ton. <sup>-1</sup> MS)	10,9	12,3	12,1	12,2	3,46	0,9994

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *Lactobacillus buchneri*; U + LB, adição de ureia e *Lactobacillus buchneri*.

<sup>2</sup>MS, Matéria Seca.

<sup>3</sup>Erro Padrão da Média.

Entretanto, verificou-se que a silagem tratada com a associação de ambos aditivos (Ureia e *L. buchneri*) apresentou teor de proteína bruta significativamente menor em relação a silagem tratada apenas com ureia. Siqueira (2005) também observou redução no teor de proteína bruta da silagem de cana-de-açúcar aditivada com a associação de Ureia e *L. buchneri*, quando comparada a silagem tratada apenas com ureia.

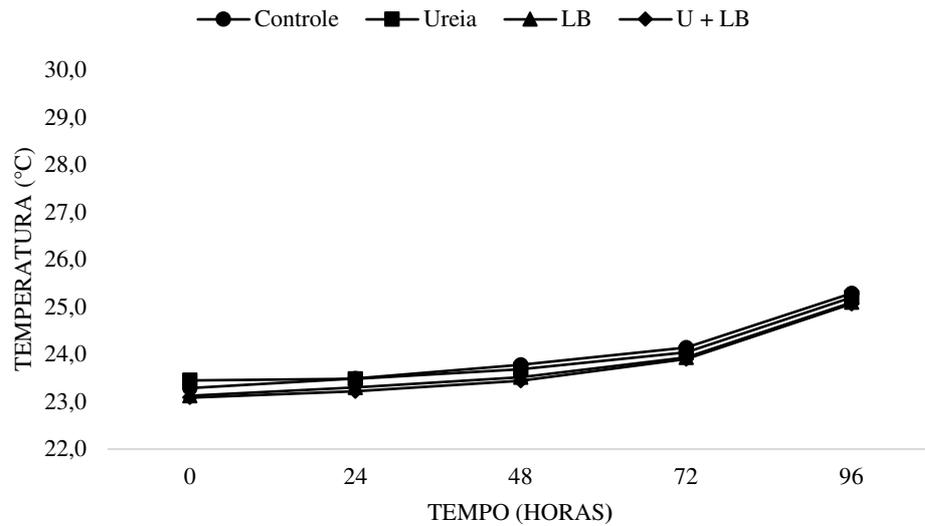
As perdas ocorridas durante o processo fermentativo foram avaliadas aos 120 dias de armazenamento, não sendo encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para a

recuperação de matéria seca ( $P=0,9801$ ), perdas por gases ( $P=0,5939$ ) e perdas por efluentes ( $P=0,9994$ ), apresentando, em média, valores de  $961,8 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $27,1 \text{ g kg}^{-1}$  e  $11,9 \text{ kg ton}^{-1}$  da matéria seca, respectivamente (Tabela 5), estando a perda de matéria seca em torno de  $40,0 \text{ g kg}^{-1}$ . Frente a estes resultados, pode-se inferir que as perdas nesta pesquisa foram pequenas e dentro do esperado para silagens que foram predominantemente fermentadas por bactérias ácido lácticas. Pois, segundo McDonald et al. (2010), as perdas totais de matéria seca e energia decorrentes da atividade das bactérias ácido lácticas são baixas, sendo esperada perda de matéria seca inferior a  $50,0 \text{ g kg}^{-1}$ .

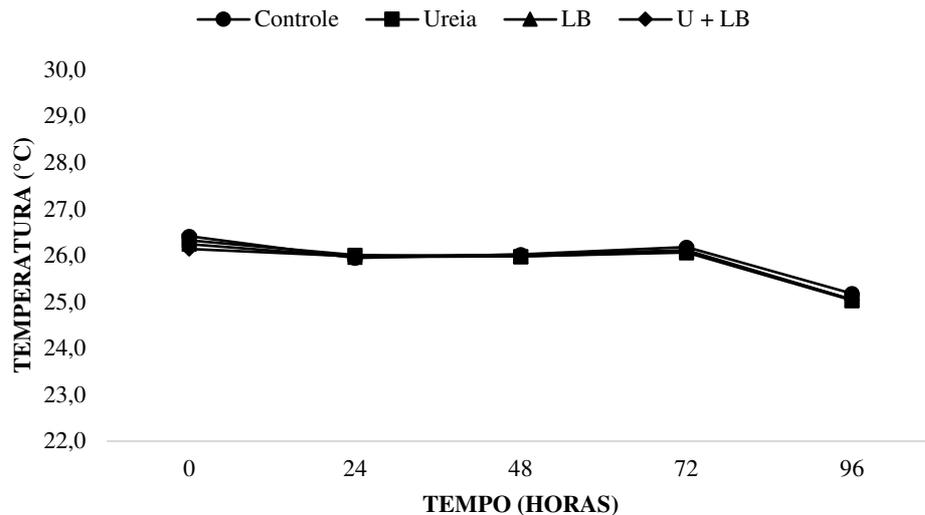
A perda de matéria seca nesta pesquisa foi próxima a observada por Brito (2018) de  $34,0 \text{ g kg}^{-1}$  em silagem de palma forrageira sem aditivos, aos 90 dias de ensilagem. Perda de matéria seca em torno de  $70,0 \text{ g kg}^{-1}$  foi observada por Nogueira (2015) aos 30 dias de armazenamento. Recentemente, Carvalho (2017) verificou perda de matéria seca em torno de  $90,0 \text{ g kg}^{-1}$  em silagens de variedades de palma, aos 60 dias de armazenamento.

#### *Experimento 2:*

Nas figuras 3 e 4 são apresentados os resultados do ensaio de estabilidade aeróbia da camada superficial e interna das silagens de todos os tratamentos. Em princípio, foi considerado o início da deterioração quando a temperatura interna das silagens atingisse  $2^{\circ}\text{C}$  acima da temperatura ambiente, conforme Kung Jr. et al. (2000). Assim, as silagens de todos os tratamentos nesta pesquisa não apresentaram deterioração durante as 96 horas de avaliação da estabilidade aeróbia, mostrando que dentro desse período as silagens de palma com ureia ou *L. buchneri*, bem como sua associação, não exerceu efeito significativo sobre a estabilidade aeróbia da silagem de palma forrageira, pois a silagem sem aditivo (Controle) também se manteve estável.



**Figura 3.** Temperaturas superficiais das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano às 0, 24, 48,72 e 96 horas de exposição ao ar. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *Lactobacillus buchneri*; U + LB, adição de ureia e *Lactobacillus buchneri*.

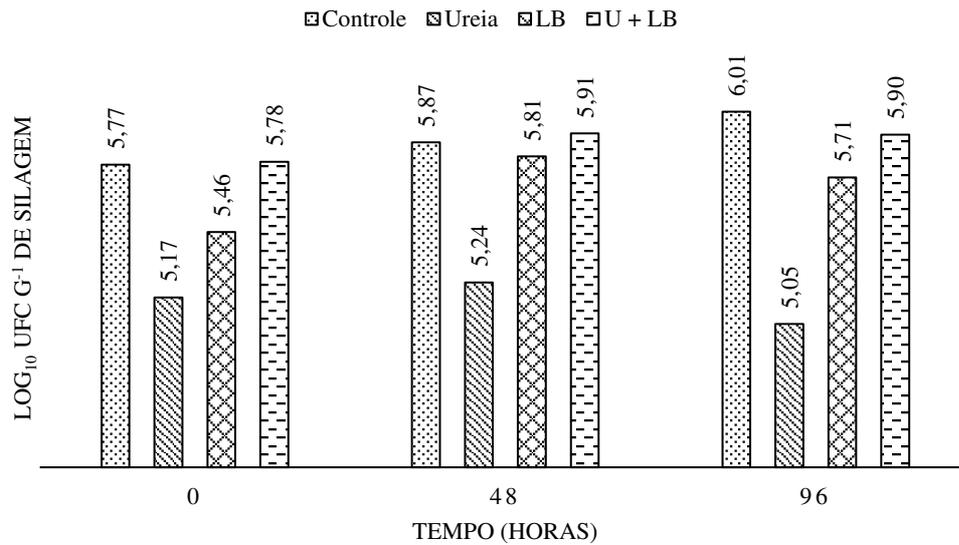


**Figura 4.** Temperaturas internas das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano às 0, 24, 48,72 e 96 horas de exposição ao ar. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *Lactobacillus buchneri*; U + LB, adição de ureia e *Lactobacillus buchneri*.

Uma vez que as silagens foram submetidas a exposição ao ar em ambiente com temperatura controlada (25°C), foi possível observar que tanto a temperatura superficial quanto a interna das silagens não sofreram grandes variações. Estes resultados corroboram os de Carvalho (2017). Esta autora constatou que não houve quebra de estabilidade de silagens de variedades de palma forrageira durante 96 horas de exposição ao ar.

Durante o ensaio de estabilidade aeróbia, observou-se um aumento na população de bactérias ácido lácticas às 96 horas de avaliação para a silagem sem aditivo (Figura 5). É possível que a presença do oxigênio tenha exercido influência sobre o crescimento da

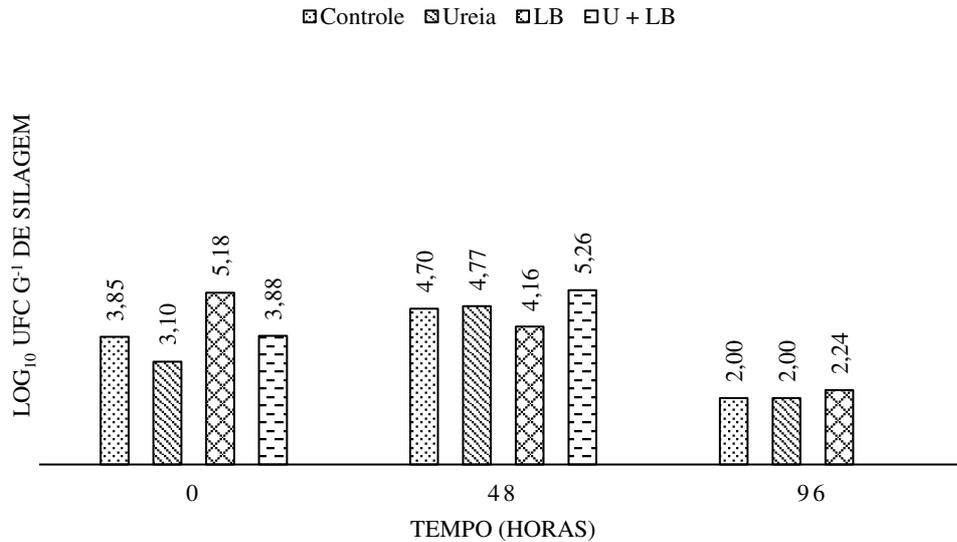
população de bactérias ácido lácticas, tendo em vista que essas bactérias são anaeróbias facultativas (Carr et al., 2002). Santos (2014) avaliaram a população de bactérias ácido lácticas durante o ensaio de estabilidade aeróbia de silagens de sorgo tratadas com níveis de ureia e verificaram aumento no crescimento destes microrganismos durante 24 e 48 horas de exposição ao ar.



**Figura 5.** Quantificação de bactérias ácido lácticas das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano às 0, 48 e 96 horas de exposição ao ar. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *Lactobacillus buchneri*; U + LB, adição de ureia e *Lactobacillus buchneri*.

No decorrer do ensaio de estabilidade aeróbia a população de mofo e leveduras aumentou às 48 horas de avaliação para as silagens sem aditivo (Controle), tratada com ureia e tratada com ureia e *L. buchneri* (U + LB), e diminuiu para a silagem tratada apenas com *L. buchneri*, variando de 4,16 a 5,26  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$  de silagem (Figura 6). O *L. buchneri* como já foi relatado, têm efeito inibitório sobre o metabolismo de mofo e leveduras, devido à produção de ácido acético (Ranjit & Kung Jr., 2000). Além disso, a adição de *L. buchneri* à silagem de palma proporcionou aumento no número e competitividade deste microrganismo no meio.

Entretanto, às 96 horas de avaliação, a população de mofo e leveduras diminuiu para todos os tratamentos até que não fosse mais detectada a presença destes microrganismos na silagem tratada com ureia e *L. buchneri* (U + LB), encontrando-se a população em torno de 2,0  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$  de silagem. Além do efeito da inibidor da ureia e do *L. buchneri*, é possível que a manutenção no número da população de bactérias ácido lácticas tenha promovido uma competição entre esses microrganismos, até a total inibição dos mofo e leveduras.



**Figura 6.** Quantificação de mofos e leveduras das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano às 0, 48 e 96 horas de exposição ao ar. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *Lactobacillus buchneri*; U + LB, adição de ureia e *Lactobacillus buchneri*.

Não foi detectada a presença de enterobactérias durante as 96 horas do ensaio de estabilidade aeróbia das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano.

Houve efeito da interação tratamentos × horas de exposição ao ar para o etanol das silagens de palma forrageira ( $P=0,0025$ ; Tabela 6). O teor de etanol das silagens tratadas com ureia (Ureia e U + LB) diminuíram no final do ensaio de estabilidade, às 96 horas. Este fato pode ser atribuído à diminuição na população de mofos e leveduras observada nesse mesmo tempo devido ao efeito inibidor da ureia sobre esses microrganismos, que em associação ao *L. buchneri* inibiu completamente os mofos e leveduras na silagem tratada com a associação de ureia e *L. buchneri* (U + LB).

A silagem tratada com ureia já apresentava o maior teor de etanol no momento da abertura dos silos (às 0 horas), e isso foi atribuído a fermentação por bactérias ácido lácticas heterofermentativas aos 60 dias de armazenamento, já que não havia a presença de mofos e leveduras.

**Tabela 6.** Médias resultantes do efeito da interação tratamento × horas de exposição ao ar para o etanol das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, durante a estabilidade aeróbia.

Tempos	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	P-valor
	Controle	Ureia	LB	U + LB		
	Etanol (g kg <sup>-1</sup> MS)					
0 horas	27,7 <sup>Ad</sup>	68,1 <sup>Aa</sup>	44,1 <sup>Ab</sup>	35,7 <sup>Ac</sup>	0,25	0,0025
48 horas	23,0 <sup>Ac</sup>	64,0 <sup>ABa</sup>	41,3 <sup>Ab</sup>	37,6 <sup>Ab</sup>		
96 horas	25,6 <sup>Ac</sup>	61,4 <sup>Ba</sup>	45,9 <sup>Ab</sup>	30,1 <sup>Bc</sup>		

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; MS, Matéria Seca. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *Lactobacillus buchneri*; U + LB, adição de ureia e *Lactobacillus buchneri*.

<sup>2</sup>Erro Padrão da Média.

Houve efeito dos tratamentos para o ácido acético (P=0,0008), capacidade tampão (P<0,0001) e nitrogênio amoniacal (P<0,0001; Tabela 7). A concentração de ácido acético permaneceu maior nas silagens tratadas com ureia e *L. buchneri* exclusivamente, sem diferença entre elas, e estão de acordo com a concentração recomendada na literatura, de até 20,0 g kg<sup>-1</sup> na matéria seca, indicando que as silagens foram fermentadas adequadamente, portanto, bem preservadas (Mahanna, 1994 citado por Pinho et al., 2016), sem alterações após exposição ao ar.

**Tabela 7.** Médias resultantes do efeito de tratamento para ácido acético (Acet.), capacidade tampão (Capt.) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), das horas de exposição ao ar para pH, ácido láctico (Lat.) e ácido propiônico (Prop.), e médias do ácido butírico (But.) das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, durante a estabilidade aeróbia.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>3</sup>	P-valor
	Controle	Ureia	LB	U + LB		
Acet. (g kg <sup>-1</sup> MS)	10,0 <sup>b</sup>	23,7 <sup>a</sup>	20,3 <sup>a</sup>	10,7 <sup>b</sup>	0,15	0,0008
Capt. (E.mg/100g MS)	106,6 <sup>d</sup>	226,6 <sup>a</sup>	166,6 <sup>b</sup>	136,6 <sup>c</sup>	0,01	<0,0001
N-NH <sub>3</sub> (% NT)	0,10 <sup>c</sup>	0,42 <sup>a</sup>	0,15 <sup>bc</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,02	<0,0001
But. (g kg <sup>-1</sup> MS)	3,91	4,78	4,60	3,93	0,02	0,1019

	Tempos <sup>1</sup>			EPM <sup>3</sup>	P-valor
	0 horas	48 horas	96 horas		
pH	4,86 <sup>a</sup>	4,85 <sup>a</sup>	4,81 <sup>b</sup>	0,01	0,0038
Lat. (g kg <sup>-1</sup> MS)	84,9 <sup>ab</sup>	91,5 <sup>a</sup>	75,1 <sup>b</sup>	0,25	0,0382
Prop. (g kg <sup>-1</sup> MS)	2,7 <sup>b</sup>	2,7 <sup>b</sup>	3,8 <sup>a</sup>	0,02	0,0111
But. (g kg <sup>-1</sup> MS)	4,24	4,62	4,05	0,02	0,2929

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *Lactobacillus buchneri*; U + LB, adição de ureia e *Lactobacillus buchneri*.

<sup>2</sup>MS, Matéria Seca; % NT, Porcentagem do Nitrogênio Total.

<sup>3</sup>Erro Padrão da Média.

Assim como para o ácido acético, a capacidade tampão permaneceu maior nas silagens tratadas com ureia e *L. buchneri*, sendo ainda maior na silagem tratada com ureia, e isso ocorreu devido a maior concentração do nitrogênio amoniacal que esta silagem apresentou. Como comentado anteriormente, a amônia apresenta ação tamponante.

Verificou-se efeito das horas de exposição ao ar para o pH ( $P=0,0038$ ), ácido láctico ( $P=0,0382$ ) e ácido propiônico ( $P=0,0111$ ) das silagens (Tabela 7). A concentração de ácido láctico foi significativamente menor às 96 horas, quando comparada à concentração às 48 horas. É provável que esta redução na concentração do ácido láctico tenha ocorrido devido a conversão do lactato em propionato por bactérias propiônicas, o que foi evidenciado quando a concentração do ácido propiônico foi avaliada, encontrando-se significativamente maior às 96 horas de exposição ao ar. Apesar desta redução na concentração do ácido láctico, o pH das silagens foi significativamente menor às 96 horas, sendo possível que o aumento na concentração do ácido propiônico tenha contribuído para redução no pH.

Embora tenha ocorrido essas alterações nas concentrações dos ácidos láctico e propiônico, estes permaneceram em quantidades consideradas ideais para silagens adequadamente fermentadas. De 60,0 a 80,0 g kg<sup>-1</sup> para o ácido láctico e 0,0 a 10,0 g kg<sup>-1</sup> para o ácido propiônico (Mahanna, 1994 citado por Pinho et al., 2016).

Não foi observado efeito de tratamento ( $P=0,1019$ ), horas de exposição ao ar ( $P=0,2929$ ), ou da interação tratamento  $\times$  horas ( $P=0,1222$ ) para os teores do ácido butírico durante o ensaio de estabilidade aeróbia da silagem de palma forrageira.

Durante o ensaio de estabilidade aeróbia, observou-se efeito de tratamento para os teores de matéria seca ( $P<0,0001$ ), proteína bruta ( $P<0,0001$ ) e fibra em detergente neutro ( $P=0,0013$ ) das silagens de palma (Tabela 8). No momento da abertura dos silos o teor de matéria seca já era superior na silagem sem aditivo (Controle), e permaneceu assim até o final do ensaio de estabilidade aeróbia. Do mesmo modo, o teor de proteína bruta se manteve mais elevado na silagem tratada com ureia, e isso já foi relacionado com a adição deste aditivo que é uma fonte de nitrogênio não protéico.

O teor de fibra em detergente neutro foi significativamente menor na silagem tratada com ureia. Como mencionado anteriormente, isso foi justificado pela hidrólise alcalina promovida pela ureólise da ureia (Rosa & Fadel, 2001; Neumann et al., 2010). Embora a silagem tratada com ureia tenha apresentado menor teor de fibra em detergente neutro, esta não diferiu da silagem sem adição de aditivos (Controle), a qual, possivelmente, sofreu hidrólise por enzimas da planta ou hidrólise ácida através dos ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação (McDonald et al., 1991).

**Tabela 8.** Médias resultantes do efeito de tratamento para matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN), e médias dos carboidratos solúveis (CS) das silagens de palma forrageira com aditivos químico e microbiano, durante a estabilidade aeróbia.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>3</sup>	P-valor
	Controle	Ureia	LB	U + LB		
MS (g kg <sup>-1</sup> MN)	146,2 <sup>a</sup>	125,7 <sup>c</sup>	129,0 <sup>bc</sup>	131,8 <sup>b</sup>	0,15	<0,0001
PB (g kg <sup>-1</sup> MS)	22,4 <sup>b</sup>	46,0 <sup>a</sup>	25,1 <sup>b</sup>	25,6 <sup>b</sup>	0,15	<0,0001
FDN (g kg <sup>-1</sup> MS)	192,8 <sup>bc</sup>	187,3 <sup>c</sup>	206,6 <sup>ab</sup>	211,2 <sup>a</sup>	0,25	0,0013
CS (g kg <sup>-1</sup> MS)	56,57	37,65	71,20	65,65	0,63	0,2581
	Tempos <sup>1</sup>					
	0 horas	48 horas	96 horas			
CS (g kg <sup>-1</sup> MS)	61,16	ND <sup>4</sup>	54,38	0,63	0,5827	

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Controle, sem aditivo; Ureia, adição de ureia; LB, adição de *Lactobacillus buchneri*; U + LB, adição de ureia e *Lactobacillus buchneri*.

<sup>2</sup>MN, Matéria Natural; MS, Matéria Seca.

<sup>3</sup>Erro Padrão da Média.

<sup>4</sup>Não Determinado.

Não foi observado efeito de tratamento (P=0,2581), horas (P=0,5827) ou interação (P=0,2634) para os teores de carboidratos solúveis durante o ensaio de estabilidade aeróbia da silagem de palma forrageira (Tabela 8). Este resultado mostra que os teores de carboidratos solúveis foram preservados durante 96 horas de exposição aeróbia.

## CONCLUSÕES

O uso de ureia ou *Lactobacillus buchneri*, bem como o uso de ambos aditivos em associação, promove melhoria nas características fermentativas da silagem de palma forrageira, sem grandes alterações na composição química, sendo os melhores resultados observados aos 60 dias de armazenamento.

Ambos aditivos, ou sua associação, não interferem na estabilidade aeróbia da silagem de palma forrageira.

## REFERÊNCIAS

- AOAC, 1990. **Official methods of analysis**. 15.ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA. 684p.
- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B. E. et al. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v. 9, p. 291-299, 1983.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; SUGAWARA, M. S. et al. Qualidade da silagem de cana-de-açúcar inoculada com uma cepa de *Lactobacillus buchneri*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 3, p. 255-261, 2008.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; FIGUEIREDO, H. C. P. et al. Effects of an indigenous and a commercial *Lactobacillus buchneri* strain on quality of sugar cane silage. **Grass and Forage Science**, v. 64, p. 384-394, 2009.
- ÁVILA, C. L. S.; VALERIANO, A. R.; PINTO, J. C. et al. Chemical and microbiological characteristics of sugar cane silages treated with microbial inoculants. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 25-32, 2010.
- ÁVILA, C. L. S., CARVALHO, B. F., PINTO, J. C. et al. The use of *Lactobacillus* species as starter cultures for enhancing the quality of sugar cane silage. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 940-951, 2014.
- BOLSEN, K. K.; LIN, C.; BRENT, C. R. et al. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 3066-3083, 1992.
- BRITO, G. S. M. S. **Características fermentativas e nutricionais de silagens compostas por Palma forrageira e Gliricídia**. 2018. 67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, Areia.
- CARR, F. J.; CHILL, D.; MAIDA, N. The lactic acid bacteria: a literature survey. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 28, p. 281-370, 2002.
- CARVALHO, C. B. M. **Estratégias de conservação da palma forrageira**. 2017. 82 f. (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus.
- CORSATO, C. E.; SCARPARE FILHO, J. A.; SALES, E. C. J. Teores de carboidratos em órgãos lenhosos do caqui em clima tropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 414-418, 2008.
- ÇÜREK, M.; N. ÖZEN. Feed value of cactus and cactus silage. **Turkey Journal Veterinary Animal Science**, v. 28, p. 633- 639, 2004.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.
- EVANGELISTA, A. R.; SIQUEIRA, G. R.; LIMA, J. A. et al. Alterações bromatológicas e fermentativas durante o armazenamento de silagens de cana-de-açúcar com e sem milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 20-26, 2009.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

- FRANÇA, A. F. S.; OLIVEIRA, R. P.; RODRIGUES, J. A. S. Características fermentativas de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 3, p. 383-391, 2011.
- ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F.; MORAIS, M. G. Composição química e parâmetros fermentativos de silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar tratadas com aditivos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 3, p. 606-617, 2010.
- JOBIM, C. C.; GONÇALVES, G. D. Microbiologia de forragens conservadas. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. et al. Volumosos na produção de ruminantes: Valor alimentício de forragens. (Ed.). 2003. Jaboticabal. **Anais... FUNEP**. p. 1-26. 2003.
- KUNG JR., L.; ROBINSON, J. R.; RANJIT, N. K. et al. Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1479-1486, 2000.
- KUNG JR., L.; RANJIT, N. K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 1149-1155, 2001.
- KUNG JR., L.; SHAVER, R. D.; GRANT, R. J. et al. Silage review: interpretation of chemical, microbial and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4020-4033, 2018.
- LOPES, J.; EVANGELISTA, A. R. Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescidas de ureia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 984-991, 2010.
- MAEDA, E. M.; ZEOULA, L. M.; JOBIM, C. C. et al. Chemical composition, fermentation, *in vitro* digestibility and *in situ* degradability of sugar cane silages with *Lactobacillus*, urea and agricultural byproduct. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2866-2877, 2011.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MCDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D. et al. **Animal Nutrition**. 7.ed. Pearson, 2010. 714p.
- MEESKE, R., BASSON, H. M. e CRUYWAGEN, C. W. The effect of a lactic acid bacterial inoculant with enzymes on the fermentation dynamics, intake and digestibility of *Digitaria eriantha* silage. **Animal Feed Science Technology**, v. 81, p. 237-248, 1999.
- MIRANDA, D. C. L. **Perda de matéria seca em silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivos químicos e microbiológicos**. 2006. 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.
- MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183-191, 2010.
- MUCK, R. E. Recent advances in silage microbiology. **Agricultural and Food Science**, v. 22, p. 3-15, 2013.
- NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R. et al. Chemicals additive used in silages. **Pesquisa aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, p. 197-207, 2010.
- NKOSI, B. D.; VADLANI, P. V.; BRIJWANI, K. et al. Effects of bacterial inoculants and an enzyme on the fermentation quality and aerobic stability of ensiled whole-crop sweet sorghum. **South African Journal of Animal Science**, v. 42, n. 3, p. 232-240, 2012.

- NOGUEIRA, M. S. **Perfil fermentativo e composição química de silagens de palma forrageira enriquecidas com fontes proteica, energética.** 2015. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.
- NOGUEIRA, M. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L. et al. Ensilagem de palma forrageira. In: SANTOS, E. M.; PARENTE, H. N.; OLIVEIRA, J. S. et al. **Ensilagem de plantas forrageiras para o Semiárido.** São Luís: Ed. EDUFMA, 2016. p. 249.
- OLIVEIRA JUNIOR, S.; BARREIRO NETO, M.; RAMOS, J. P. F. et al. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 3, n. 1, p. 7-12, 2009.
- PAHLOW, G. et al. Microbiology of ensiling. In: SILAGE SCIENCE AND TECHNOLOGY. Madison. **Proceedings...** Madison: ASCSSA-SSSA, Agronomy 42, 2003. p. 31-93.
- PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; BARIONI JÚNIOR, W. et al. Performance of Holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 649-654, 2006.
- PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; LOURES, D. R. S. et al. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 558-564, 2007.
- PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; LOURES, D. R. S. et al. Fermentation, losses, and aerobic stability of sugarcane silages treated with chemical or bacterial additives. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 6, p. 589-594, 2008.
- PEDROSO, A. F.; RODRIGUES, A. A.; BARIONI JÚNIOR, W. Fermentation parameters, quality and losses in sugarcane silages treated with chemical additives and a bacterial inoculant. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2318-2322, 2011.
- PEREIRA, C. A.; SILVA, R. R.; GONÇALVES, L. C. et al. Avaliação da silagem do híbrido de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) BR 601 com aditivos 1 - pH, nitrogênio amoniacal, matéria seca, proteína bruta e carboidratos solúveis. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 2, p. 211-222, 2007.
- PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; SILVA, T. C. et al. Microbiologia e o processo de ensilagem. In: SANTOS, E. M.; PARENTE, H. N.; OLIVEIRA, J. S. et al. **Ensilagem de plantas forrageiras para o Semiárido.** São Luís: Ed. EDUFMA, 2016. 317p.
- PLAYNE, M. J.; MCDONALD, P. The buffering constituents of herbage and silage. **Journal Science of Food and Agriculture**, v. 17, p. 264-268, 1966.
- RANJIT, N. K.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 526-535, 2000.
- REICH, L. J.; KUNG JR., L. Effects of combining *Lactobacillus buchneri* 40788 with various lactic acid bacteria on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 159, p. 105-109, 2010.
- RIBEIRO, J. L.; NUSSIO, L. G.; MOURÃO, G. B. et al. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 230-239, 2009.
- ROOKE, J. A. The numbers of epiphytic bacteria on grass at ensilage on commercial farms. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 51, p. 525-533, 1990.

- ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de ureia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. In: Simpósio sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá/UEM/CCA/DZO, 2001. p. 41-63.
- SÁ, W. C. C. S.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S. et al. Production of spineless cactus in Brazilian Semiarid. In: EDVAN, R. L. **New perspectives in forage crops**. Publisher: InTech, Chapters published, 2018. p. 177.
- SAAG, L. M. K.; SANDERSON, G. R.; MOYNA, P. et al. Cactaceae mucilage composition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 26, p. 993-1000, 1975.
- SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E.; MATSUHIRO, B. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. **Journal of Arid Environments**, v. 57, n. 3, p. 275-290, 2004.
- SANTOS, E. M.; SILVA, T. C.; MACEDO, C. H. O. et al. Lactic acid bacteria in tropical grass silages. In: KONGO, M. **Lactic acid bacteria - R & D for food, health and livestock purposes**. Publisher: InTech, Chapters published, 2013. 670p.
- SANTOS, E. M.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R. et al. Effect of regrowth interval and a microbial inoculant on the fermentation profile and dry matter recovery of guinea grass silages. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 4423-4432, 2014.
- SANTOS, A. P. M. **Silagens de sorgo BRS ponta negra aditivadas com Ureia**. 2014. 57f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- SANTOS, W. C. C.; NASCIMENTO, W. G.; MAGALHÃES, A. L. R. et al. Nutritive value, total losses of dry matter and aerobic stability of the silage from three varieties of sugarcane treated with commercial microbial additives. **Animal Feed Science and Technology**, v. 204, p. 1-8, 2015.
- SCHMIDT, P.; MARI, L. J.; NUSSIO, L. G. et al. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1666-1675, 2007.
- SIQUEIRA, G. R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e bacterianos**. 2005. 91 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P. et al. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 2000-2009, 2007.
- SOUSA, D. P.; MATTOS, W. R. S.; NUSSIO, L. G. et al. Efeito de aditivo químico e inoculantes microbianos na fermentação e no controle da produção de álcool em silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 9, p. 1564-1572, 2008.
- STINTZING, F. C.; CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): a review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 49, p. 175-194, 2005.
- TAYLOR, C. C.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 1526-1532, 2002.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. In: Symposium:

Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; DOREA, J. R. R. et al. Evaluation of elephant grass with addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2611-2616, 2010.

## **CAPÍTULO II**

---

**Características fermentativas e composição química de silagens de dietas a base de palma forrageira e capim aruana**

## RESUMO

Avaliou-se a fermentação e composição química de silagens de dietas a base de palma e aruana em quatro tempos de armazenamento (7, 15, 60 e 100 dias) e durante a estabilidade aeróbia, com avaliações às 0, 24, 48 e 96 horas. Formulou-se cinco dietas, onde as proporções dos ingredientes (farelo de soja, milho e trigo, e ureia) variaram em função das proporções do aruana: 30% - Dieta 1, 25% - Dieta 2, 20% - Dieta 3, 10% - Dieta 4 e 0% - Dieta 5 na MS. Realizou-se dois experimentos: o primeiro avaliou as silagens em diferentes tempos; o segundo avaliou as silagens durante o ensaio de estabilidade. Para ambos experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial. Após a ensilagem, em cada tempo de abertura, as silagens apresentaram valores de pH em torno de 4, porém, a silagem da dieta 1 apresentou o maior pH, diferenciando significativamente das demais. Esta dieta também apresentou a maior capacidade tampão, mas não diferiu da dieta 2 aos 7 e 60 dias, e aos 15 dias foi semelhante as demais. Houve predominância de BAL em todas as dietas, que aumentaram a partir dos 7 dias, variando de 8 a 10,1  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$ . Os ácidos lático e acético foram maiores para a silagem da dieta 1 aos 100 dias, mas não diferiram dos teores da dieta 2 aos 60 dias. Os teores de MS foram diferentes entre as dietas, observando-se aumento com a diminuição dos níveis do aruana, principalmente na dieta 5. Os teores dos carboidratos solúveis aumentaram significativamente, exceto para dieta 1, e os teores de PB variaram apenas aos 7 dias, sendo observado o menor teor para silagem de dieta 1, o que ocorreu devido a maior proteólise, resultando em maior  $NH_3$ . As perdas foram avaliadas aos 100 dias, não sendo encontradas diferenças significativas, com perdas menores que 1%. Durante o ensaio de estabilidade todas as silagens permaneceram com valores de pH em torno de 4, permanecendo mais elevado na silagem da dieta 1, o que foi associado a maior capacidade tampão que esta silagem apresentou. Houve aumento de BAL às 24 horas nas dietas 2, 3, 4 e 5, variando de 5 a 6,4  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$ . As concentrações de ácido lático variaram bastante e ao final do ensaio, às 96 horas, a maior concentração foi observada na dieta 2, mas não diferiu da dieta 3. Semelhantemente, as concentrações de ácido acético variaram do início ao final do ensaio, sendo observada as menores concentrações nas dietas 3 e 4 às 96 horas, resultando em menor estabilidade. Estas silagens apresentaram as maiores leveduras às 24 horas (5,5 e 6,7  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$ , respectivamente). Os teores de MS foram sempre maiores nas dietas com os menores níveis de aruana e os teores dos carboidratos solúveis sofreram redução às 96 horas, mas apenas nas silagens das dietas 2, 3 e 4. A PB da dieta 1 diminuiu, ocasionando as maiores produções de  $NH_3$ . A recuperação de MS variou de 97 a 99% do início ao final do ensaio. As silagens de dietas a base de palma e aruana apresentaram fermentação e composição química consideradas satisfatórias e podem ser recomendadas e utilizadas na alimentação animal.

**Palavras-chave:** Alimentos concentrados. Ensilagem. Mistura completa. *Nopalea cochenillifera*. *Panicum maximum*.

## ABSTRACT

Evaluated the fermentative characteristics and chemical composition of diets silages based on spineless cactus and different proportions of aruana in four storage times (7, 15, 60 and 100 days) and during aerobic stability, with evaluations at 0, 24, 48 and 96 hours. Five diets were formulated with spineless cactus as the main food, where the proportions of ingredients (soybean, maize and wheat bran, and urea) varied according to the proportions of aruana: 30% - Diet 1, 25% - Diet 2, 20% - Diet 3, 10% - Diet 4 and 0% - Diet 5 on DM. Realized two experiments: first to evaluate the silages at different storage times, and second to evaluate the silages during the stability test. For both experiments, the experimental design was completely randomized in a factorial scheme. After the ensiling process, at each storage time, the silages presented pH values around 4, however, diet 1 had the highest pH, differing significantly from the other silages. This diet also presented the highest buffer capacity but did not differ from diet 2 at 7 and 60 days, and at 15 days it was like the other. There was a predominance of LAB in all silages, which increased from 7 days of ensiling in all diets, varying from 8.0 to 10.1  $\log_{10}$  cfu  $g^{-1}$ . The lactic and acetic acids were higher for diet 1 at 100 days but did not differ from diet 2 contents at 60 days. The DM contents were different among the diets, observing an increase with the reduction of levels of aruana, especially in the diet 5. The contents of soluble carbohydrates increased significantly, except for diet 1, and CP contents varied only at 7 days, being observed the lowest content for diet 1 due to the higher proteolysis, resulting in higher  $NH_3$ . The losses were evaluated at 100, and no significant differences were found, with losses less than 1%. During all stability test, all silages remained with pH values around 4, remaining higher in diet 1, which was associated with a higher buffer capacity that this silage presented. There was an increase in the LAB population at 24 hours of evaluation in the silages of the diets 2, 3, 4 and 5, varying from 5 to 6.4  $\log_{10}$  cfu  $g^{-1}$ . The concentrations of lactic acid varied greatly and at the end of test, at 96 hours, the highest concentration was observed in diet 2, but did not differ from diet 3. Similarly, acetic acid concentrations varied from the beginning to the end of test, being observed the lowest concentrations in the silages of the diets 3 and 4 at 96 hours, resulting in lower stability. These silages presented the highest yeasts at 24 hours of evaluation (5.5 and 6.7  $\log_{10}$  cfu  $g^{-1}$ , respectively). The DM contents were always higher in the diets with the lowest levels of aruana and the soluble carbohydrates contents were reduced at 96 hours, but only in the silages from diets 2, 3 and 4. The CP of diet 1 decreased, resulting in higher production of  $NH_3$ . The DM recovery varied from 97 to 99% from the beginning to the end of test. The silages of diets based on spineless cactus and aruana presented fermentation and chemical composition considered satisfactory and can be recommended and used in animal feed.

**Keywords:** Bran. Ensiling. *Nopalea cochenillifera*. *Panicum maximum*. Total mixed rations.

## INTRODUÇÃO

A palma forrageira tornou-se importante recurso forrageiro nas regiões áridas e semiáridas, onde há períodos críticos de escassez de alimento nas pastagens, ocasionado pela estacionalidade na produção de forragens devido aos longos períodos de estiagens. Por isso, essa forrageira tem sido cultivada há várias décadas, pois é adaptada as condições adversas que estas regiões apresentam, por ter características fisiológicas (metabolismo CAM) que a tornam tolerante a longas estiagens.

Porém, o uso da palma forrageira como alimento exclusivo na produção de ruminantes não é recomendado devido aos teores de fibra em detergente neutro e proteína bruta insuficientes (258 e 35 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente) para o adequado desempenho animal (Ferreira et al., 2011). Por isso, outro alimento alternativo que vem sendo bastante utilizado na produção de ruminantes nessas regiões tem sido o capim aruana (*Panicum maximum*), pois apresenta teores médios de fibra em detergente neutro e proteína bruta iguais a 713 e 149 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente (Gerdes et al., 2005). Assim, a utilização da palma forrageira em associação com o capim aruana tornar-se-ia excelente alternativa para composição da fibra no uso da palma, permitindo o aproveitamento dos nutrientes presentes em ambos alimentos, minimizando a ocorrência de distúrbios nutricionais nos animais.

Todavia, a forma de fornecimento da palma forrageira para vacas leiteiras tem sido picada manualmente no cocho sem a mistura de qualquer outro alimento, enquanto o concentrado, quando utilizado, é oferecido no momento das ordenhas (Costa, 2016). Essa forma de utilização da palma pode elevar o tempo e os custos com mão de obra para colheita e fornecimento diário aos animais (Bem Salem & Abidi, 2009). Diante disto, a ensilagem surge como importante forma de utilização da palma forrageira, o que melhoraria a logística operacional no fornecimento diário do alimento aos animais. Portanto, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com silagens de palma forrageira associada a outros alimentos, buscando suprir esta necessidade.

A mistura de palma forrageira e capim aruana com alimentos concentrados no silo, sob formulação, dá origem a uma silagem na forma de dieta, podendo ser armazenada em períodos de abundância de alimentos e ofertada aos animais durante o período de escassez (Macêdo, 2017). Recentemente, Macêdo et al. (2018) avaliaram as características fermentativas e nutricionais de silagens de dietas à base de palma forrageira e diferentes proporções de inclusão de capim búffel, e obtiveram resultados satisfatórios com essas silagens, observando valores de recuperação de matéria seca que variaram de 96 a 99%,

concluindo que dietas com maiores proporções de palma forrageira também podem ser recomendadas para produção de silagem.

Além disso, a ensilagem de alimentos ricos em água, como a palma forrageira, torna-se excelente alternativa para a alimentação de ruminantes criados em regiões áridas e semiáridas, devido ao aporte hídrico adicional que podem oferecer aos animais. Devido a sua riqueza em água, supre grande parte das necessidades hídricas dos animais que a consomem nos períodos de escassez hídrica. Dessa forma, a conservação de dietas na forma de silagem, além de aumentar a disponibilidade de matéria seca, constituem fonte de água para os animais, uma vez que a técnica de ensilagem permite manter o teor de água do alimento (Nobre, 2017).

Vários são os benefícios da ensilagem de uma dieta, dentre eles: possibilidade de alimentação de um grande número de animais com uma dieta homogênea; diminuição da seletividade pelos animais; melhora o aproveitamento dos nutrientes; contribui para uma fermentação ruminal mais uniforme, com conseqüente saúde ao ambiente ruminal; ganhos em produtividade (Pessoa et al., 2004); maximização no uso dos recursos disponíveis no sistema de produção, com diminuição nos custos e tempo dispendidos com mão de obra; facilidade e rapidez no fornecimento diário do alimento aos animais.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar as características fermentativas e nutricionais de silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana em quatro tempos de armazenamento e durante a estabilidade aeróbia.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida nas dependências do Setor de Forragicultura, pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), situada em Areia - Paraíba, e as análises laboratoriais foram realizadas nos laboratórios de Forragicultura e Nutrição Animal da mesma instituição.

Foi utilizada a palma forrageira da espécie *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, comumente conhecida como palma Miúda ou Doce, com uma idade de rebrotação de dois anos, de um palmal já implantado na fazenda experimental da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), situada na mesorregião do Agreste paraibano, microrregião do Curimataú, município de Soledade, nas coordenadas de 7° 8' 18" S e 36° 27' 2" W.Gr., com altitude de 534 m. Baseado na classificação de Köppen, o tipo climático da região é Bsh, Semiárido quente, com chuvas de janeiro a abril, apresentando temperaturas médias anuais em torno de 24°C, umidade relativa do ar em torno de 68%, ocorrendo precipitação média de 400 mm anuais, com déficit hídrico durante quase todo o ano (Oliveira Jr. et al., 2009).

O capim aruana (*Panicum maximum*) foi obtido de um pasto já estabelecido, 40 dias após um corte de uniformização, na fazenda experimental da mesma empresa, no município de Tacima - Paraíba, situada na mesorregião do Agreste paraibano (6° 29' 16" S, 35° 38' 13" W). O clima é tropical semiárido, com chuvas de verão e pluviometria média de 432 mm.

Foram formuladas cinco dietas, tendo a palma forrageira como alimento principal, onde as proporções dos ingredientes das dietas variaram em função das proporções de inclusão do capim aruana, que foram aproximadamente 30% (Dieta 1), 25% (Dieta 2), 20% (Dieta 3), 10% (Dieta 4) e 0% (Dieta 5) com base na matéria seca (Tabela 1). As dietas foram formuladas para atender à exigência de 200 g de ganho de peso por dia de ovinos sem padrão de raça definida com 30 kg de peso vivo (NRC, 2007).

**Tabela 1.** Ingredientes utilizados e composição química das dietas experimentais.

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5
Ingredientes utilizados (g kg <sup>-1</sup> MS) <sup>2</sup>					
Palma forrageira	187,5	188,6	189,6	192,5	191,5
Capim aruana	283,9	238,0	191,6	98,5	0,00
Farelo de soja	144,6	146,1	146,3	135,6	132,8
Farelo de milho	343,6	345,6	348,9	351,6	361,3
Farelo de trigo	0,00	48,9	98,3	198,8	295,0
Ureia	12,1	10,1	8,1	6,2	2,7
Núcleo mineral	18,5	13,0	7,4	6,9	6,8
Cloreto de amônio	9,8	9,7	9,8	9,9	9,9
Composição química (g kg <sup>-1</sup> MS)					
Matéria seca (g kg <sup>-1</sup> MN) <sup>2</sup>	252,23	269,84	240,87	272,60	279,73
Proteína bruta	159,93	191,26	191,48	176,94	197,43
Carboidratos solúveis	107,55	58,34	55,19	59,90	65,85
Fibra em detergente neutro	447,3	411,9	380,8	366,1	268,0

<sup>1</sup>Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

<sup>2</sup>MS, Matéria Seca; MN, Matéria Natural.

O capim aruana e a palma forrageira foram colhidos manualmente, preservando-se os cladódios primários da palma. Posteriormente, as plantas foram processadas em máquina forrageira estacionária, proporcionando partículas de tamanho médio aproximado de 2 cm. Em seguida, foi realizada a mistura de todos os ingredientes à palma forrageira de acordo com os tratamentos, que foram as proporções de capim aruana.

A pesquisa foi dividida em dois experimentos: o primeiro experimento para avaliação das silagens em diferentes tempos de armazenamento, e o segundo experimento para avaliação das silagens durante o ensaio de estabilidade aeróbia.

*Experimento 1.* As silagens foram produzidas em 60 silos experimentais de PVC (policloreto de polivinila; 30 cm de altura e 10 cm de diâmetro) para avaliação das populações microbianas, perfil fermentativo, perdas fermentativas e composição química das silagens em diferentes tempos de armazenamento (7, 15, 60 e 100 dias após a ensilagem). Em seguida, os silos foram fechados e armazenados à temperatura ambiente em local coberto, seco e arejado até o momento das aberturas.

*Experimento 2.* As silagens foram produzidas em 15 silos experimentais de PVC (30 cm de altura e 15 cm de diâmetro) adaptados com válvula tipo *Bunsen* para eliminação dos gases resultantes da fermentação. Para captação dos efluentes, foi adicionado 1 kg de areia seca no fundo de cada silo experimental e coberta com tela de TNT (tecido não tecido). Ao final deste processo, os silos foram fechados, pesados e armazenados à temperatura ambiente em local coberto, seco e arejado até o momento da abertura, 100 dias após a ensilagem.

Considerou-se um período experimental de até 96 horas para o ensaio de estabilidade aeróbia com avaliação das populações microbianas, perfil fermentativo, composição química e recuperação de matéria seca das silagens às 0, 24, 48 e 96 horas de exposição ao ar.

Em cada tempo de avaliação, em ambos experimentos, foram determinados os valores de pH segundo a metodologia descrita por Bolsen et al. (1992), bem como coletadas amostras de aproximadamente 400 g das silagens para posteriores avaliações.

As populações microbianas foram quantificadas nas dietas, antes da ensilagem e nas silagens utilizando-se meios de cultura seletivos para cada grupo microbiano: ágar MRS (de Man, Rogosa e Sharpe), contendo 0,4% de nistatina para as bactérias ácido lácticas; ágar Violet Red Bile para as enterobactérias; e ágar Batata Dextrose, contendo 1% de ácido tartárico a 10%, para os mofos e leveduras.

A quantificação dos grupos microbianos foi realizada a partir de 10 g de uma amostra composta das repetições de cada dieta, nas quais foram adicionados 90 mL de água destilada esterilizada e homogeneizadas durante 1 minuto, obtendo-se a diluição de  $10^{-1}$ . Em seguida, diluições sucessivas foram realizadas, objetivando-se obter diluições variando de  $10^{-1}$  a  $10^{-9}$ , e o cultivo foi realizado em placas de Petri estéreis descartáveis. As placas foram incubadas de acordo com as temperaturas de incubação específicas para cada grupo microbiano (Ávila et al., 2014; Santos et al., 2014). Para bactérias ácido lácticas, 37°C durante 48 horas; para enterobactérias, 30°C durante 24h; e para mofos e leveduras, 28°C durante 72 horas. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (ufc).

Os ácidos orgânicos (ácidos láctico, acético, propiônico e butírico) e o etanol foram determinados utilizando-se a metodologia descrita por Kung Jr. & Ranjit (2001) em Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), da marca SHIMADZU, detector modelo SPD-10<sup>a</sup> VP acoplado ao detector ultravioleta (UV), utilizando-se um comprimento de ondas de 210 nm.

Para avaliação do nitrogênio amoniacal e da capacidade tampão das silagens seguiram-se as metodologias descritas por Bolsen et al. (1992) e Playne & McDonald (1966), respectivamente.

Parte das amostras das silagens coletadas, aproximadamente 300 g, foi seca em estufa de ventilação forçada de ar (60°C), processada em moinho de facas tipo *Willey* com peneira de 1 mm de crivo e analisadas segundo protocolos da AOAC (1990), para a determinação dos teores de matéria seca (ID 930.15) e proteína bruta (ID 954.01). Para determinação do teor dos carboidratos solúveis, utilizou-se o método do ácido sulfúrico concentrado descrito por

Dubois et al. (1956) com adaptações de Corsato et al. (2008). As metodologias descritas por Van Soest et al. (1991) foram utilizadas para determinação dos teores da fibra em detergente neutro.

As perdas de matéria seca nas silagens sob as formas de gases e efluentes foram quantificadas por diferença de peso pelas equações descritas por Zanine et al. (2010):

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

Onde, G = perdas por gases (% da matéria seca); PCf = peso do silo cheio no fechamento (kg); PCa = peso do silo cheio na abertura (kg); MFf = massa de forragem/dieta no fechamento do silo (kg); MSf = concentração de matéria seca da dieta no fechamento do silo (%).

$$E = [(PVf - Tb) - (PVi - Tb)] / MFi \times 100$$

Onde, E = perdas por efluentes (kg ton<sup>-1</sup> de matéria fresca); PVi = peso do silo vazio + areia no fechamento (kg); PVf = peso do silo vazio + areia na abertura (kg); Tb = peso do silo vazio (kg); MFi = massa de ração no fechamento do silo (kg).

A estimativa da recuperação de matéria seca foi obtida por diferença de peso de massa da dieta e concentração de matéria seca antes e após a ensilagem pela equação descrita por Zanine et al. (2010):

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

Onde, RMS = taxa de recuperação de matéria seca (%); MFa = massa da dieta na abertura do silo (kg); MSa = concentração de matéria seca da dieta na abertura do silo (%); MFf = massa da dieta no fechamento do silo (kg); MSf = concentração de matéria seca da dieta no fechamento do silo (%).

Aos 100 dias de ensilagem, a estabilidade aeróbia das silagens (expressa em horas) foi avaliada por meio do monitoramento das temperaturas superficial e interna das silagens expostas ao ar. As amostras de silagem foram colocadas sem compactação em silos experimentais de PVC sem tampa e mantidas em ambiente fechado com temperatura controlada (25°C). As temperaturas foram verificadas a cada 1 hora por meio de termômetros (digital a laser e digital de imersão) posicionados no centro da massa de silagem. Foi

considerado o início da deterioração quando a temperatura interna das silagens atingiu 2°C acima da temperatura ambiente (Kung Jr. et al., 2000).

Para ambos experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial. No experimento 1, 5 × 4 (cinco dietas e quatro tempos de abertura) com três repetições por dieta. Para as variáveis associadas à estabilidade aeróbia (experimento 2) considerou-se um esquema fatorial 5 × 4 (cinco dietas e quatro tempos de exposição ao ar) com três repetições por dieta. Os dados foram analisados estatisticamente pelos procedimentos de análise de variância (ANOVA) e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%, utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 2008). Modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde  $\mu$  é a média da população;  $\alpha_i$ , o efeito da Dieta;  $\beta_j$ , o efeito do Tempo;  $\gamma_{ij}$ , a interação Dieta × Tempo; e  $\varepsilon_{ijk}$ , o Erro residual.

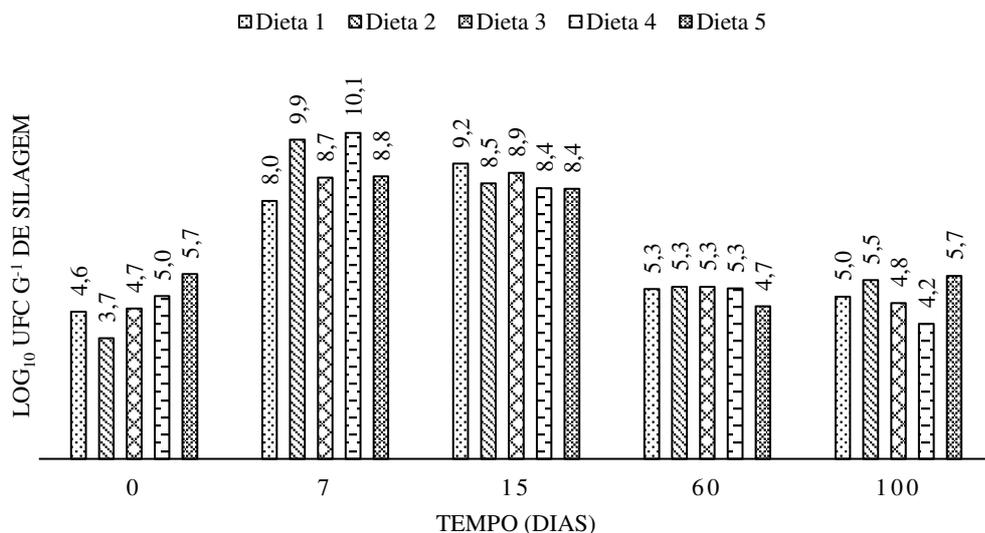
Os dados referentes as temperaturas no ensaio de estabilidade aeróbia, bem como a quantificação dos grupos microbianos (em unidade logarítmica,  $\log_{10}$ ) foram analisados de forma descritiva para ambos experimentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Experimento 1:

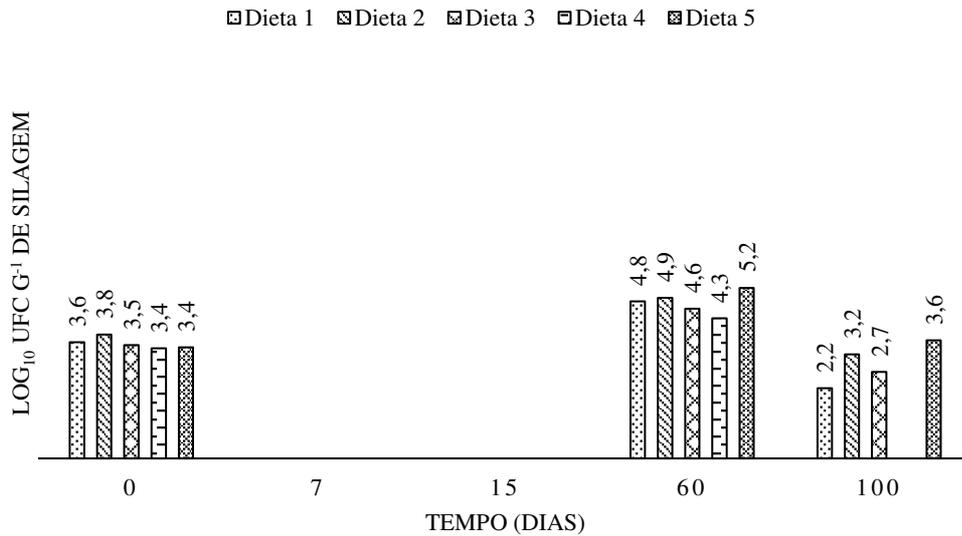
Os teores de matéria seca das dietas antes da ensilagem estavam na faixa de 240 a 300 g kg<sup>-1</sup> de forragem, estando acima de 200 g kg<sup>-1</sup>, teor mínimo que garante adequada fermentação e qualidade da silagem (McDonald et al., 1991). As concentrações dos carboidratos solúveis variaram de 55,19 a 107,55 g kg<sup>-1</sup> da matéria seca. Há na literatura diversas indicações quanto ao teor inicial de carboidratos solúveis no material a ser ensilado. Porém, de modo geral, estipula-se que teores em torno de 60 a 120 g kg<sup>-1</sup> na matéria seca podem garantir uma rápida fermentação e produção de ácidos orgânicos, especialmente o ácido lático (Santos et al., 2013). Portanto, os teores dos carboidratos solúveis das dietas nesta pesquisa podem ser considerados suficientes para assegurar uma adequada fermentação (Tabela 1).

Ao abrir os silos, observou-se aumento no crescimento das bactérias ácido lácticas a partir dos 7 dias de ensilagem em todas as dietas, variando de 8,0 a 10,1 log<sub>10</sub> ufc g<sup>-1</sup> de silagem. Porém, a partir dos 60 houve diminuição no crescimento para valores próximos de 5,0 log<sub>10</sub> ufc g<sup>-1</sup> de silagem (Figura 1).



**Figura 1.** Quantificação de bactérias ácido lácticas das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, de acordo com os tempos de abertura. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

Não foi detectada a presença de mofos e leveduras aos 7 e 15 dias de ensilagem, os quais apareceram a partir dos 60 dias em todas as silagens, exceto na silagem da dieta 4 aos 100 dias, apresentando em média 4,8 e 2,9  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$  de silagem, aos 60 e 100 dias, respectivamente (Figura 2).



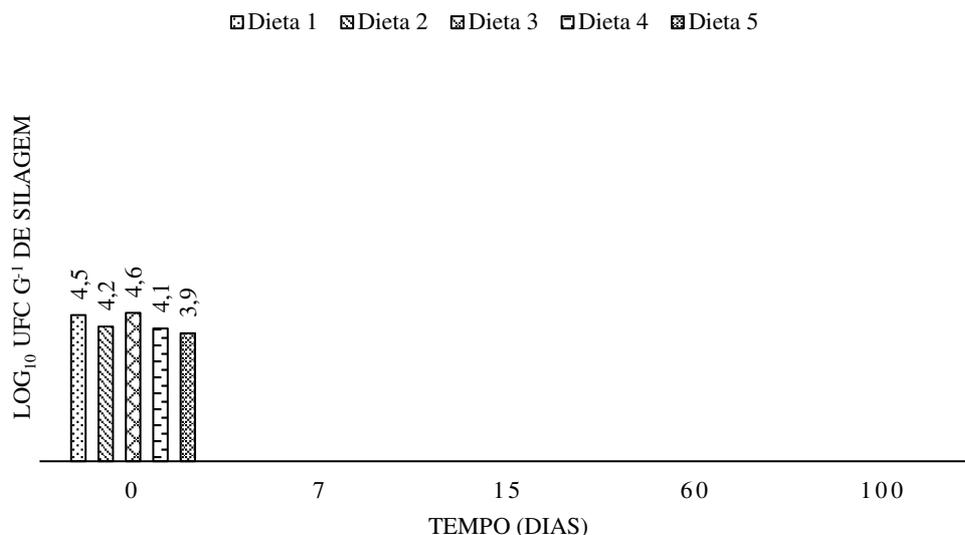
**Figura 2.** Quantificação de mofos e leveduras das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, de acordo com os tempos de abertura. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

O primeiro estágio após a ensilagem do material envolve, dentre outros, a rápida exaustão do oxigênio, seguido pela proliferação de bactérias ácido lácticas logo nos primeiros dias (Van Soest, 1994), o que foi evidenciado nesta pesquisa a partir dos 7 dias de ensilagem. Assim, à medida que a população de bactérias ácido lácticas aumentava, a população de mofos e leveduras desaparecia, pois segundo McDonald et al. (1991), a população de leveduras não é fortemente influenciada pelo pH das silagens, de modo que a provável explicação para a diminuição em função da presença de bactérias ácido lácticas seja por meio da competição por substrato (carboidratos solúveis) durante o processo de ensilagem (Penteado et al., 2007).

No decorrer da fermentação, quantidades crescentes de ácido láctico foram produzidas com conseqüente abaixamento do pH à valores suficientes para inibir o crescimento das bactérias ácido lácticas (em torno de 4,0) (McDonald et al., 1991), diminuindo assim sua população, o que foi observado a partir dos 60 dias de ensilagem. Portanto, devido a diminuição na população de bactérias ácido lácticas foi possível verificar o aumento na população de mofos e leveduras. Contudo, sua população diminuiu aos 100 dias de ensilagem, o que ocorreu, provavelmente, pelas crescentes quantidades de ácido acético produzidas, uma

vez que esse ácido apresenta propriedades antifúngicas (Danner et al., 2003), o que foi claramente evidenciado na silagem da dieta 4 aos 100 dias.

A presença de enterobactérias não foi detectada nas silagens das dietas neste estudo, sendo observada, apenas, antes da ensilagem em todas as dietas (Figura 3). Não foi possível observar o crescimento de enterobactérias após a ensilagem devido a rápida acidificação do material ensilado, fator determinante para o controle do crescimento de enterobactérias e outros microrganismos indesejáveis como os clostrídios. Estas bactérias se desenvolvem no início do processo de ensilagem e reduzem à medida que o pH das silagens reduz e se eleva a população de bactérias ácido lácticas (Pinho et al., 2016). Macêdo et al. (2018) verificaram a presença de enterobactérias apenas nas primeiras 24 horas de armazenamento em silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim búffel. Brito (2018) também verificou a presença de enterobactérias apenas nas primeiras 24 horas em silagens de palma forrageira com diferentes níveis de inclusão de Gliricídia.



**Figura 3.** Quantificação de enterobactérias das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, de acordo com os tempos de abertura. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

A presença de enterobactérias em silagens é indesejável por duas razões: patogenicidade e grande perda de nutrientes (Pinho et al., 2016). As enterobactérias são microrganismos anaeróbios facultativos e competem com as bactérias ácido lácticas pelos carboidratos solúveis no início do processo de ensilagem, produzindo principalmente o ácido acético (Henderson, 1993). Essas bactérias normalmente crescem intensivamente durante os primeiros dias de ensilagem, porém, sua população decresce rapidamente à medida que o

meio é acidificado, sendo geralmente inibidas em pH abaixo de 5,0 (Jobim & Gonçalves, 2003), como é o caso das silagens neste estudo.

O mecanismo de fermentação das enterobactérias é semelhante ao das bactérias ácido lácticas heterofermentativas, ocasionando perdas de matéria seca, porém, pequenas perdas de energia (Jobim, 2002). Entretanto, têm a capacidade de deaminar e descarboxilar aminoácidos, sendo que algumas estirpes reduzem nitrato para nitrito e óxido-nítrico, formando gases no interior do silo (Muck, 2010). Além disso, elas são responsáveis pela maior parte da amônia formada da degradação da proteína e da redução do nitrato (Pinho et al., 2016).

Esse resultado é relevante, pois há evidências de ocorrência de distúrbios nutricionais e diarreias patogênicas em animais alimentados com dietas contendo alta proporção de palma forrageira, e há indícios de muitos casos de diarreia terem sido causados por enterobactérias patogênicas, principalmente *Escherichia coli* (Coura et al., 2014; Vieira et al., 2015; Moreira, 2007). O controle de enterobactérias claramente representa uma vantagem da técnica de ensilagem de dietas a base de palma forrageira.

Houve efeito de interação das proporções de capim aruana e os tempos de armazenamento para a capacidade tampão ( $P=0,0316$ ), os ácidos láctico ( $P<0,0001$ ), acético ( $P<0,0001$ ), propiônico ( $P<0,0001$ ) e butírico ( $P<0,0001$ ), e etanol ( $P<0,0001$ ; Tabela 2). A capacidade tampão foi maior para a silagem da dieta 1, mas não diferiu da dieta 2 aos 7 e 60 dias, e aos 15 dias foi semelhante as demais silagens. Isto foi atribuído as maiores proporções de inclusão do capim aruana que essas dietas receberam (30 e 25%), uma vez que os capins tropicais apresentam alta capacidade tamponante (Evangelista et al., 2004; Nussio et al., 2002). Os valores observados na presente pesquisa podem ser considerados elevados quando comparados aos valores encontrados por Ávila et al. (2006) avaliando silagens de capim tanzânia aditivadas com diferentes níveis (3, 6, 9 e 12%) de polpa cítrica, farelo de trigo e fubá de milho. Os autores verificaram valores de 16,98, 16,62 e 13,58 E.mg de NaOH/100g de matéria seca, respectivamente. Chiou et al. (2000) registraram valores de 41,5, 55,5, 54,0 e 58,2 E.mg de NaOH/100 g de matéria seca no capim elefante cv. Napier com a inclusão de 0, 20, 40 e 60% de grãos de sorgo, respectivamente.

**Tabela 2.** Médias resultantes da interação tratamento × tempo de armazenamento para os ácidos láctico, acético, propiônico e butírico, capacidade tampão e etanol das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana.

Tempos	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5		
Capacidade tampão (E.mg/100g MS)							
7 dias	90,0 <sup>BCa</sup>	80,0 <sup>Bab</sup>	70,0 <sup>Bb</sup>	70,0 <sup>Bb</sup>	70,0 <sup>Ab</sup>	0,00	0,0316
15 dias	80,0 <sup>Ca</sup>	80,0 <sup>Ba</sup>	70,0 <sup>Ba</sup>	80,0 <sup>ABa</sup>	70,0 <sup>Aa</sup>		
60 dias	100,0 <sup>Ba</sup>	90,0 <sup>Bab</sup>	90,0 <sup>Abc</sup>	80,0 <sup>ABc</sup>	80,0 <sup>Ac</sup>		
100 dias	120,0 <sup>Aa</sup>	100,0 <sup>Ab</sup>	100,0 <sup>Ab</sup>	90,0 <sup>Abc</sup>	80,0 <sup>Ac</sup>		
Ácido láctico (g kg <sup>-1</sup> MS)							
7 dias	57,5 <sup>Ca</sup>	43,9 <sup>Ca</sup>	48,4 <sup>Ba</sup>	44,2 <sup>Ba</sup>	53,4 <sup>Ba</sup>	0,67	<0,0001
15 dias	32,6 <sup>Cc</sup>	59,7 <sup>Cab</sup>	45,1 <sup>Bab</sup>	65,2 <sup>Bab</sup>	88,2 <sup>ABa</sup>		
60 dias	109,5 <sup>Bb</sup>	173,4 <sup>Aa</sup>	115,4 <sup>Ab</sup>	79,9 <sup>Bb</sup>	113,5 <sup>Ab</sup>		
100 dias	221,3 <sup>Aa</sup>	111,6 <sup>Bbc</sup>	149,6 <sup>Ab</sup>	133,4 <sup>Abc</sup>	99,9 <sup>Ac</sup>		
Ácido acético (g kg <sup>-1</sup> MS)							
7 dias	6,1 <sup>Ba</sup>	4,5 <sup>Ba</sup>	5,5 <sup>Ba</sup>	7,8 <sup>Ba</sup>	11,8 <sup>Aa</sup>	0,11	<0,0001
15 dias	5,8 <sup>Ba</sup>	11,3 <sup>BCa</sup>	5,7 <sup>Ba</sup>	12,7 <sup>ABa</sup>	12,3 <sup>Aa</sup>		
60 dias	25,1 <sup>Aa</sup>	24,3 <sup>Aab</sup>	15,1 <sup>Abc</sup>	11,9 <sup>ABc</sup>	14,1 <sup>Ac</sup>		
100 dias	33,4 <sup>Aa</sup>	13,8 <sup>Bb</sup>	21,7 <sup>Ab</sup>	17,0 <sup>Ab</sup>	14,5 <sup>Ab</sup>		
Ácido propiônico (g kg <sup>-1</sup> MS)							
7 dias	1,8 <sup>ABab</sup>	1,5 <sup>Bab</sup>	2,5 <sup>Aa</sup>	1,3 <sup>Ab</sup>	1,2 <sup>Ab</sup>	0,01	<0,0001
15 dias	1,2 <sup>Bb</sup>	2,7 <sup>Aa</sup>	1,2 <sup>Bb</sup>	1,5 <sup>Ab</sup>	0,9 <sup>Ab</sup>		
60 dias	2,7 <sup>Aa</sup>	1,2 <sup>Bb</sup>	1,4 <sup>Bb</sup>	1,2 <sup>Ab</sup>	1,8 <sup>Aab</sup>		
100 dias	2,7 <sup>Aa</sup>	0,9 <sup>Bb</sup>	0,9 <sup>Bb</sup>	1,8 <sup>Aab</sup>	1,4 <sup>Ab</sup>		
Ácido butírico (g kg <sup>-1</sup> MS)							
7 dias	1,1 <sup>Bb</sup>	0,9 <sup>Bb</sup>	1,1 <sup>Bb</sup>	1,4 <sup>Bab</sup>	1,9 <sup>Aa</sup>	0,01	<0,0001
15 dias	2,3 <sup>Aab</sup>	2,7 <sup>Aa</sup>	2,3 <sup>Aab</sup>	1,9 <sup>ABbc</sup>	1,4 <sup>Ac</sup>		
60 dias	2,0 <sup>Abc</sup>	2,7 <sup>Aa</sup>	1,5 <sup>Bc</sup>	2,4 <sup>Aab</sup>	1,7 <sup>Ac</sup>		
100 dias	1,8 <sup>Ab</sup>	2,7 <sup>Aa</sup>	1,3 <sup>Bb</sup>	1,6 <sup>Bb</sup>	1,4 <sup>Ab</sup>		
Etanol (g kg <sup>-1</sup> MS)							
7 dias	2,2 <sup>Ba</sup>	1,8 <sup>Ca</sup>	2,2 <sup>Ca</sup>	1,6 <sup>Ca</sup>	1,6 <sup>Ca</sup>	0,05	<0,0001
15 dias	1,7 <sup>Ba</sup>	2,5 <sup>BCa</sup>	2,7 <sup>Ca</sup>	3,1 <sup>BCa</sup>	2,7 <sup>Ca</sup>		
60 dias	10,8 <sup>Aa</sup>	4,5 <sup>Bb</sup>	5,1 <sup>Bb</sup>	4,8 <sup>Bb</sup>	5,0 <sup>Bb</sup>		
100 dias	12,7 <sup>Aa</sup>	10,7 <sup>Aab</sup>	10,4 <sup>Ab</sup>	8,9 <sup>Ab</sup>	8,7 <sup>Ab</sup>		

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana; MS, Matéria Seca.

<sup>2</sup>Erro Padrão da Média.

Os teores dos ácidos láctico e acético foram maiores para a silagem da dieta 1 aos 100 dias, porém, não diferiram dos teores da silagem da dieta 2 aos 60 dias de ensilagem. É possível que a alta capacidade tampão inicial apresentada pela dieta 1 tenha aumentado o tempo de atuação das bactérias ácido lácticas, permitindo maior produção de ácidos orgânicos. Além disso, esta dieta apresentou o maior teor de carboidratos solúveis antes da ensilagem (107,55 g kg<sup>-1</sup> MS), principal substrato utilizado pelas bactérias ácido lácticas para produção dos ácidos orgânicos, o que possivelmente proporcionou a maior produção do ácido láctico e, consequentemente, do ácido acético.

As produções dos ácidos propiônico e butírico foram bastante variadas entre as silagens das dietas e no decorrer dos tempos de armazenamento, apresentando teores que

variaram de 1,0 a 3,0 g kg<sup>-1</sup> da matéria seca. Todavia, estas concentrações podem ser consideradas pequenas quando comparadas as quantidades observadas em silagens mal preservadas relatadas por McDonald et al. (1991), de 14 e 23 g kg<sup>-1</sup> da matéria seca, respectivamente, indicando que as dietas ensiladas nesta pesquisa tiveram acidificação rápida o suficiente para não favorecer o desenvolvimento de bactérias propiônicas e clostrídicas, que se desenvolvem em silagens com pH acima de 6,0.

O teor de etanol variou significativa entre as dietas a partir dos 60 dias de ensilagem, momento em que ocorreu o aparecimento de leveduras (Figura 2), as quais contribuíram significativamente para o aumento no teor de etanol, concentrando as maiores produções aos 100 dias, principalmente na silagem da dieta 1, o que provavelmente ocorreu devido ao maior conteúdo de carboidratos solúveis que esta dieta possuía antes da ensilagem (Tabela 1), favorecendo o crescimento das leveduras. Além disso, é importante salientar que bactérias ácido lácticas heterofermentativas podem promover a produção de etanol nas silagens (Santos et al., 2013), o que explica o aparecimento desta variável em todas as silagens até os 15 dias de armazenamento, quando não houve crescimento de leveduras. Desta forma, as bactérias ácido lácticas heterofermentativas podem ter contribuído para o aumento nos teores de etanol até os 100 dias de armazenamento.

Houve efeito de tratamento e do tempo para as variáveis pH ( $P < 0,0001$ ) e nitrogênio amoniacal ( $P < 0,0001$ ; Tabela 3). Todas as silagens apresentaram valores de pH considerados adequados para silagens bem fermentadas, pois, conforme McDonald et al. (2010), silagens bem preservadas são caracterizadas por apresentarem valores de pH baixos, geralmente entre 3,7 e 4,2. Valores bem próximos a estes foram encontrados nesta pesquisa. A silagem da dieta 1 apresentou o maior valor de pH, diferenciando significativamente das demais silagens. Esse fato foi atribuído a alta capacidade tampão que os capins tropicais apresentam (Evangelista et al., 2004), uma vez que essa dieta possuía a maior proporção de inclusão do capim aruana. Adicionalmente, essa dieta continha a maior proporção de ureia em sua composição, o que resultou em maior produção de amônia que também possui ação tamponante (Neumann et al., 2010).

**Tabela 3.** Médias resultantes do efeito de tratamento e dos tempos de armazenamento para o pH e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM <sup>3</sup>	P-valor
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5		
pH	4,36 <sup>a</sup>	4,11 <sup>b</sup>	4,08 <sup>b</sup>	3,97 <sup>b</sup>	4,03 <sup>b</sup>	0,04	<0,0001
N-NH <sub>3</sub> (% NT)	0,10 <sup>a</sup>	0,08 <sup>b</sup>	0,06 <sup>bc</sup>	0,05 <sup>cd</sup>	0,04 <sup>d</sup>	0,01	<0,0001
Tempos <sup>1</sup>							
	7 dias	15 dias	60 dias	100 dias			
pH	4,39 <sup>a</sup>	4,33 <sup>a</sup>	3,97 <sup>b</sup>	4,07 <sup>b</sup>	0,04	<0,0001	
N-NH <sub>3</sub> (% NT)	0,04 <sup>c</sup>	0,04 <sup>c</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,01	<0,0001	

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

<sup>2</sup>% NT, Porcentagem do Nitrogênio Total.

<sup>3</sup>Erro Padrão da Média.

Até os 15 dias de ensilagem, os valores de pH permaneceram mais elevados. É provável que isto tenha ocorrido devido à capacidade tampão das silagens, resultando em alguma resistência na redução do pH, pois é um dos fatores que determinam a velocidade de redução do pH (Evangelista et al., 2009). Além disso, os cladódios da palma forrageira apresentam substâncias tamponantes, como os ácidos oxálico, málico, cítrico, malônico, succínico e tartárico (Stintzing & Carle, 2005), bem como quantidades consideráveis dos minerais cálcio, magnésio e potássio (Carvalho, 2017) que contribuíram para o tamponamento das massas ensiladas.

A concentração do nitrogênio amoniacal não passou de 0,1% do nitrogênio total e foi significativamente maior na silagem da dieta 1. A provável explicação para este ocorrido seria a maior inclusão do capim aruana nessa silagem, o que ocasionou um atraso na redução do pH devido à alta capacidade tampão que o capim apresenta. Aguiar et al. (2001) citado por Nussio et al. (2002) adicionou 10% de polpa cítrica na ensilagem de capim tanzânia e observaram menor teor de nitrogênio amoniacal em relação à silagem controle, o que foi explicado pela redução da atividade de enzimas proteolíticas da planta, através do rápido abaixamento de pH. Resultado semelhante foi encontrado por Rodrigues et al. (2007) ao adicionar polpa cítrica na ensilagem de capim elefante. Estes autores observaram que a adição da polpa diminuiu linearmente os valores de nitrogênio amoniacal, o que ocorreu, provavelmente, devido à baixa proteólise oriunda da atividade das enzimas da planta. Ainda, essa ração possuía a maior proporção de ureia em sua composição, o que resultou em maior produção de amônia (Neumann et al., 2010).

Contudo, as concentrações de nitrogênio amoniacal das silagens nesta pesquisa podem ser consideradas pequenas quando comparadas ao valor de referência, para produção de silagem estável, relatado por Pinho et al. (2016) citando Mahanna (1994), de 5% para silagem

de milho e outros cereais, o que sugere que este foi produzido através da proteólise realizada pelas enzimas da planta durante o processo de ensilagem. Se considerar a ureólise da ureia adicionada às dietas, a produção de amônia ocorreria.

No entanto, com o aumento dos dias de armazenamento, a concentração do nitrogênio amoniacal aumentou, ficando maior aos 100 dias de ensilagem. Todavia, segundo McDonald et al. (1991), bactérias ácido lácticas, como o *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* e *Pediococcus* spp. podem descarboxilar aminoácidos formando CO<sub>2</sub> e amônia. Porém, as perdas totais de matéria seca decorrente da atividade de bactérias ácido lácticas são baixas (menor que 5%) (McDonald et al., 2010). De fato, Jobim & Gonçalves (2003) afirmaram que o nitrogênio amoniacal é produzido em pequenas quantidades por outros microrganismos da silagem e pelas enzimas da planta. Além disso, é provável que a ureólise gradativa da ureia, no decorrer do tempo de armazenamento, tenha contribuído para o aumento na produção de amônia.

Observou-se efeito de interação para a composição química das silagens (Tabela 4). Os teores de matéria seca foram diferentes entre as dietas (P=0,0250), notando-se aumento com a diminuição dos níveis de inclusão do capim aruana, especialmente na dieta 5. O aumento nos teores de matéria seca das dietas com a diminuição dos níveis de inclusão do capim aruana era esperado, tendo em vista que a proporção dos farelos foram aumentando em substituição ao capim. Contudo, comparando os teores de matéria seca das dietas antes da ensilagem (Tabela 1) com os teores observados nas silagens, verificou-se que houve um aumento nos teores de matéria seca após a ensilagem, o que ocorreu, possivelmente, devido à hidrólise ácida de polissacarídeos, tais como hemicelulose e pectina, liberando compostos mais simples como os monossacarídeos (McDonald et al., 2010). De acordo com McDonald et al. (1991) hidrólises significativas têm sido encontradas durante a ensilagem, podendo ser degradado até metade do teor inicial de hemicelulose. Conforme os autores, existem três fontes possíveis de degradação da hemicelulose: hemicelulases presentes na forragem original; hemicelulases bacterianas; e hidrólise pelos ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação. Além disso, a ureia adicionada às dietas pode ter favorecido a solubilização parcial da hemicelulose (Neumann et al., 2010).

**Tabela 4.** Médias resultantes da interação tratamento × tempo de armazenamento para matéria seca, proteína bruta, carboidratos solúveis e fibra em detergente neutro das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana.

Tempos	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5		
Matéria seca (g kg <sup>-1</sup> )							
7 dias	288,9 <sup>Ac</sup>	290,6 <sup>Ac</sup>	315,8 <sup>Abc</sup>	324,4 <sup>Aab</sup>	343,8 <sup>ABa</sup>	0,37	0,0250
15 dias	293,1 <sup>Ab</sup>	293,8 <sup>Ab</sup>	291,9 <sup>BCb</sup>	297,4 <sup>Bb</sup>	338,0 <sup>ABa</sup>		
60 dias	277,2 <sup>ABc</sup>	272,1 <sup>Ac</sup>	309,6 <sup>ABb</sup>	317,4 <sup>ABb</sup>	346,4 <sup>Aa</sup>		
100 dias	260,5 <sup>Bc</sup>	273,3 <sup>Ac</sup>	275,0 <sup>Cbc</sup>	295,8 <sup>Bb</sup>	322,0 <sup>Ba</sup>		
Proteína bruta (g kg <sup>-1</sup> MS)							
7 dias	161,9 <sup>Bb</sup>	184,3 <sup>Aa</sup>	195,3 <sup>Aa</sup>	187,9 <sup>Aa</sup>	178,2 <sup>ABab</sup>	0,12	0,0094
15 dias	187,7 <sup>Aa</sup>	183,3 <sup>Aa</sup>	187,2 <sup>Aa</sup>	181,2 <sup>Aa</sup>	189,8 <sup>Aa</sup>		
60 dias	180,1 <sup>Aa</sup>	182,3 <sup>Aa</sup>	179,4 <sup>Aa</sup>	181,9 <sup>Aa</sup>	183,4 <sup>ABa</sup>		
100 dias	181,2 <sup>Aa</sup>	183,7 <sup>Aa</sup>	185,9 <sup>Aa</sup>	172,5 <sup>Aa</sup>	171,9 <sup>Ba</sup>		
Carboidratos solúveis (g kg <sup>-1</sup> MS)							
7 dias	ND <sup>3</sup>	ND	ND	ND	ND	0,49	0,0498
15 dias	90,5 <sup>Aab</sup>	88,1 <sup>Aab</sup>	72,3 <sup>Bb</sup>	139,2 <sup>Aa</sup>	80,8 <sup>Bab</sup>		
60 dias	115,6 <sup>Aab</sup>	127,7 <sup>Aab</sup>	136,5 <sup>Aab</sup>	149,9 <sup>Aa</sup>	91,6 <sup>Bb</sup>		
100 dias	97,2 <sup>Aa</sup>	130,9 <sup>Aa</sup>	144,6 <sup>Aa</sup>	136,5 <sup>Aa</sup>	143,9 <sup>Aa</sup>		
Fibra em detergente neutro (g kg <sup>-1</sup> MS)							
7 dias	323,2 <sup>Aab</sup>	350,0 <sup>Aa</sup>	293,2 <sup>Ab</sup>	230,7 <sup>Ac</sup>	177,2 <sup>Ac</sup>	0,93	0,0001
15 dias	301,7 <sup>Aa</sup>	319,4 <sup>ABa</sup>	273,1 <sup>ABa</sup>	109,7 <sup>Bc</sup>	194,0 <sup>Ab</sup>		
60 dias	280,3 <sup>Aa</sup>	282,1 <sup>BCa</sup>	232,1 <sup>Bb</sup>	204,8 <sup>Abc</sup>	172,4 <sup>Ac</sup>		
100 dias	304,3 <sup>Aa</sup>	248,1 <sup>Cb</sup>	251,2 <sup>ABb</sup>	203,6 <sup>Ac</sup>	188,3 <sup>Ad</sup>		

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana; MS, Matéria Seca.

<sup>2</sup>Erro Padrão da Média.

<sup>3</sup>Não Determinado.

Este fato pode ser evidenciado quando foi avaliado o teor dos carboidratos solúveis das silagens, os quais aumentaram significativamente (P=0,0498) após a ensilagem das dietas, exceto para dieta 1, podendo ser observado um aumento de mais de 100% no teor dos carboidratos solúveis para as dietas com os níveis intermediários de inclusão do capim aruana, especialmente para a dieta 4, chegando aos exatos 137% de aumento em relação ao teor inicial (Tabela 1). Sabe-se que a palma forrageira é rica em polissacarídeos complexos, como as pectinas, que compreendem uma diversidade de carboidratos (Ribeiro et al., 2010). Essas pectinas são açúcares esterificados ricos em galactose, arabinose, xilose e frutose (Habibi et al., 2004; Majdoub et al., 2001; Medina-torres et al., 2000; Amin, et al., 1970).

Resultado semelhante foi observado nos teores de fibra em detergente neutro, os quais reduziram visivelmente após a ensilagem (P=0,0001). Resultado que pode, também, ser atribuído a hidrólise por enzimas da planta, hidrólise ácida através dos ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação, ou hidrólise alcalina ocasionada pela ureólise.

Os teores de proteína bruta variaram significativamente (P=0,0094) entre as dietas apenas aos 7 dias de ensilagem, sendo observado o menor teor para silagem de dieta 1, o que

pode ser associado a maior proteólise ocorrida na silagem desta dieta, sendo evidenciado pela maior produção de nitrogênio amoniacal que esta silagem apresentou. Observou-se teor de proteína bruta inferior na silagem da dieta 5 aos 100 dias em relação aos 15 dias de ensilagem. Este fato pode ser atribuído à maior proteólise ocorrida neste tempo de armazenamento, o que pode ser verificado através da maior produção de nitrogênio amoniacal aos 100 dias (Tabela 3).

As perdas ocorridas durante o processo fermentativo foram avaliadas aos 100 dias de armazenamento, não sendo encontradas diferenças significativas entre as silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana para as variáveis recuperação de matéria seca ( $P=0,8133$ ), perdas por gases ( $P=0,7760$ ) e perdas por efluentes ( $P=0,3095$ ) aos 100 dias de armazenamento, apresentando, em média, valores de  $991,2 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $7,8 \text{ g kg}^{-1}$  e  $10,0 \text{ kg ton}^{-1}$  da MS, respectivamente (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias resultantes do efeito de tratamento para recuperação de matéria seca (RMS), perdas por gases (PG) e perdas por efluentes (PE) das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, aos 100 dias de armazenamento.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM <sup>3</sup>	P-valor
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5		
RMS ( $\text{g kg}^{-1}$ MS)	992,4	991,8	991,8	986,5	993,7	0,19	0,8133
PG ( $\text{g kg}^{-1}$ MS)	7,4	7,0	7,2	12,8	4,8	0,19	0,7760
PE ( $\text{kg ton}^{-1}$ MS)	5,8	11,9	10,4	7,6	14,4	1,38	0,3095

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

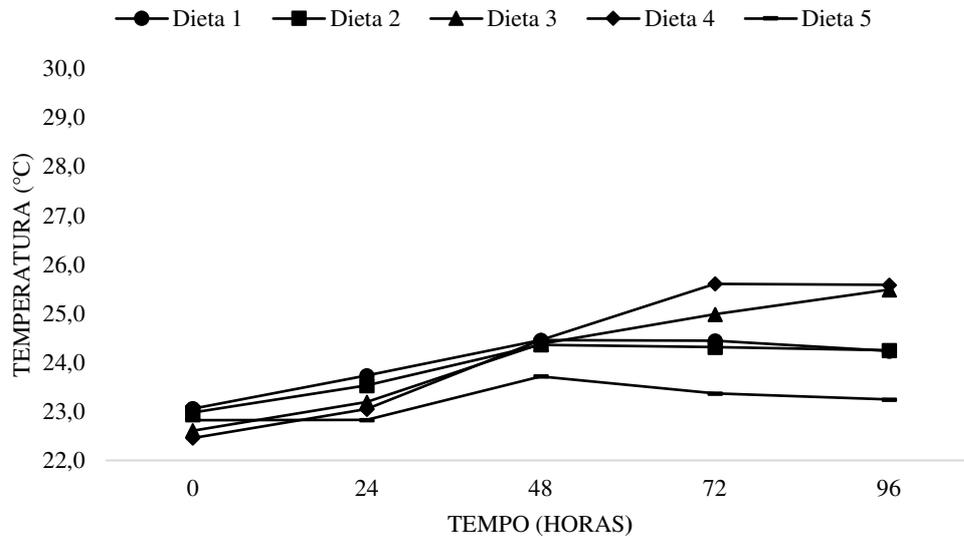
<sup>2</sup>MS, Matéria Seca.

<sup>3</sup>Erro Padrão da Média.

Avaliando-se estes resultados, pode-se inferir que as perdas ocorridas nas silagens avaliadas nesta pesquisa foram mínimas e dentro do esperado para silagens que foram fermentadas por bactérias ácido lácticas, chegando a menos de 1% da matéria seca, uma vez que mais de 99% da matéria seca foi recuperada após o processo de ensilagem. Resultado semelhante foi obtido por Macêdo et al. (2018) avaliando silagem de rações a base de palma forrageira e capim búffel. Esses autores observaram valores que variam de 96 a 99% de recuperação da matéria seca nessas silagens.

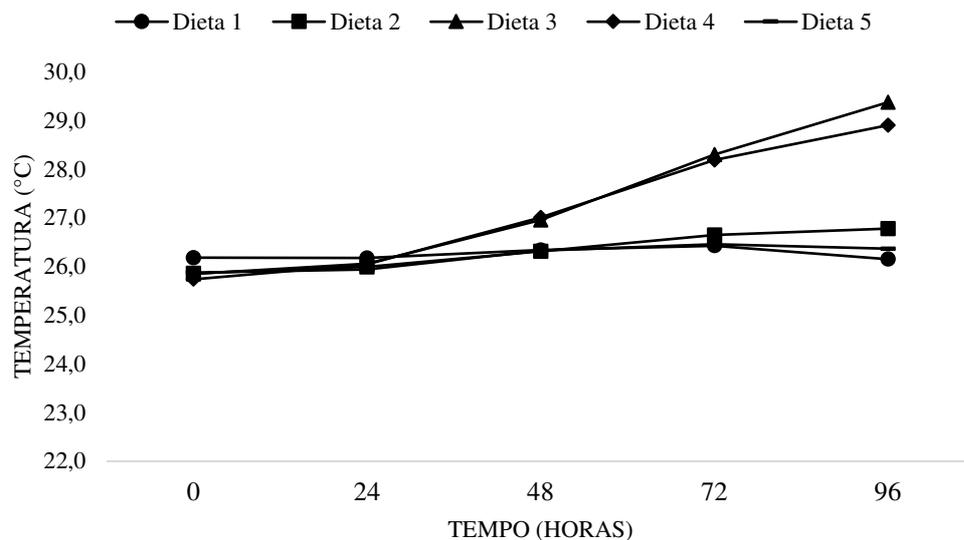
#### *Experimento 2:*

Os resultados do ensaio de estabilidade aeróbia da camada superficial de todas as silagens não apresentaram deterioração durante as 96 horas de avaliação (Figura 4).



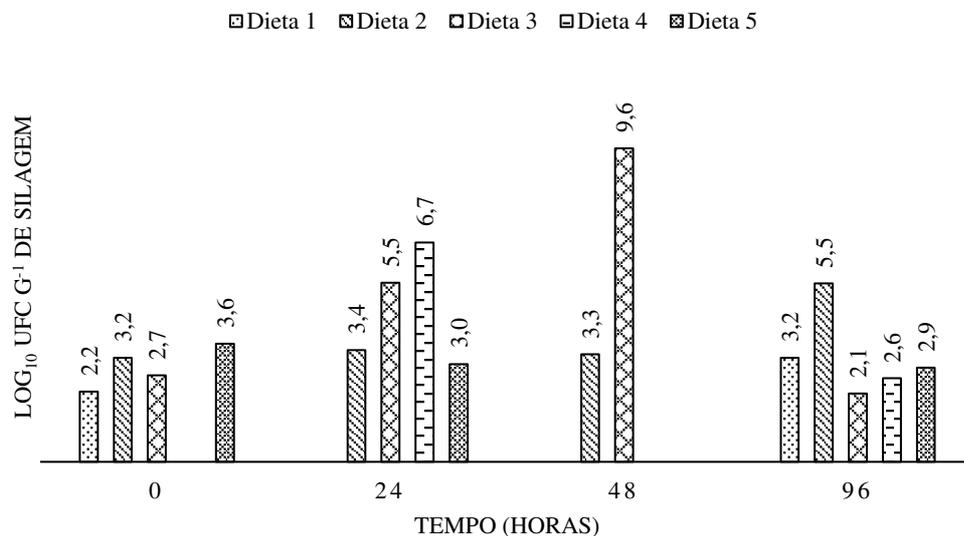
**Figura 4.** Temperaturas superficiais das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana às 0, 24, 48, 72 e 96 horas de exposição ao ar. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

Entretanto, considerando a camada interna da massa de silagem das dietas, a deterioração aeróbia iniciou a partir das 48 horas de avaliação, mas apenas para as silagens das dietas 3 e 4 (Figura 5).



**Figura 5.** Temperaturas internas das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana às 0, 24, 48, 72 e 96 horas de exposição ao ar. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

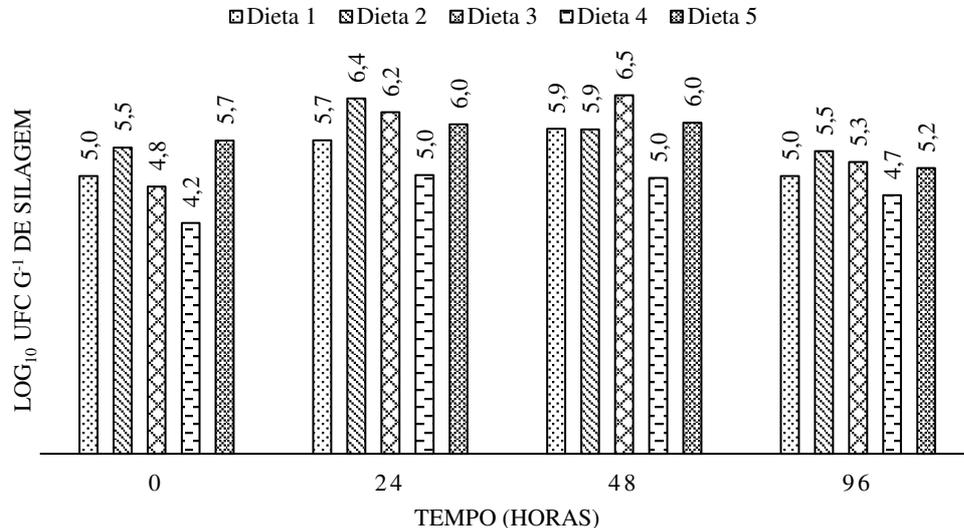
Este ocorrido deve ser associado ao maior crescimento de leveduras, uma vez que às 24 horas de avaliação estas silagens já apresentavam os maiores crescimentos destes microrganismos, chegando a 9,6  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$  de silagem às 48 horas na silagem da dieta 3 (Figura 6). Além disso, estas silagens apresentaram as menores produções do ácido acético, bem como as maiores concentrações dos carboidratos solúveis residuais, o que favoreceu o crescimento destes microrganismos responsáveis pelo início do processo de deterioração aeróbia das silagens (Taylor & Kung Jr., 2002). Segundo Woolford (1990), quando a silagem é exposta ao oxigênio a deterioração aeróbia é inevitável. O oxigênio pode reativar leveduras presentes na silagem, e muitos destes microrganismos utilizam, além dos carboidratos solúveis, o ácido láctico como fonte de energia (Taylor & Kung Jr., 2002).



**Figura 6.** Quantificação de mofos e leveduras das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana às 0, 24, 48 e 96 horas de exposição ao ar. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

Durante o ensaio de estabilidade aeróbia, observou-se aumento no crescimento das bactérias ácido lácticas às 24 horas de avaliação nas silagens das dietas 2, 3, 4 e 5, variando de 5,0 a 6,4  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$  de silagem (Figura 7). Não se sabe ao certo o porquê da reativação das bactérias ácido lácticas durante exposição ao ar, tendo em vista que os valores de pH continuaram suficientemente baixos para inibir o crescimento potencial de tais microrganismos, de modo que a provável explicação seria a presença do oxigênio, já que as bactérias ácido lácticas são anaeróbias facultativas (Carr et al., 2002). Santos (2014) avaliaram a população de bactérias ácido lácticas durante o ensaio de estabilidade aeróbia de silagens de

sorgo tratadas com níveis de ureia e verificaram aumento no crescimento destes microrganismos durante 24 e 48 horas de exposição ao ar.



**Figura 7.** Quantificação de bactérias ácido lácticas das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana às 0, 24, 48 e 96 horas de exposição ao ar. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

Durante a deterioração aeróbia das silagens, quando ocorre a degradação dos ácidos láctico e acético, as enterobactérias têm a oportunidade de reiniciar seu crescimento (Jobim, 2002; Jobim & Gonçalves, 2003). No entanto, não foi detectada a presença de enterobactérias durante as 96 horas de avaliação da estabilidade aeróbia das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, o que pode ser atribuído à manutenção do baixo pH das silagens.

Observou-se efeito de interação das proporções de capim aruana e as horas de exposição ao ar para os ácidos láctico ( $P < 0,0001$ ), acético ( $P < 0,0001$ ), propiônico ( $P < 0,0001$ ) e butírico ( $P < 0,0001$ ), etanol ( $P < 0,0001$ ) e nitrogênio amoniacal ( $P < 0,0001$ ) das silagens durante o ensaio de estabilidade aeróbia (Tabela 6). As concentrações de ácido láctico variaram bastante do momento da abertura das silagens até as 96 horas de avaliação, de forma que, ao final do ensaio de estabilidade aeróbia (às 96 horas), a maior concentração foi observada na silagem da dieta 2, mas não diferiu da dieta 3, podendo este ocorrido estar associado ao crescimento de bactérias ácido lácticas durante o ensaio de estabilidade aeróbia. Estas silagens apresentaram, relativamente, as maiores contagens de bactérias ácido lácticas às 24 e 96 horas, o que provavelmente lhes proporcionou as maiores concentrações de ácido láctico.

**Tabela 6.** Médias resultantes do efeito da interação tratamento × horas de exposição ao ar para os ácidos láctico, acético, propiônico e butírico, etanol e nitrogênio amoniacal das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, durante a estabilidade aeróbia.

Tempos	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5		
Ácido láctico (g kg <sup>-1</sup> MS)							
0 horas	221,3 <sup>Aa</sup>	111,6 <sup>Bbc</sup>	149,6 <sup>Ab</sup>	133,4 <sup>Abc</sup>	99,9 <sup>Bc</sup>	0,56	<0,0001
24 horas	110,9 <sup>Bb</sup>	175,8 <sup>Aa</sup>	152,6 <sup>Aab</sup>	54,2 <sup>Bc</sup>	155,5 <sup>Aab</sup>		
48 horas	105,0 <sup>Bab</sup>	74,1 <sup>Bb</sup>	140,1 <sup>Aa</sup>	94,9 <sup>ABab</sup>	132,8 <sup>ABa</sup>		
96 horas	131,5 <sup>Bbc</sup>	208,4 <sup>Aa</sup>	167,1 <sup>Aab</sup>	131,5 <sup>Abc</sup>	112,1 <sup>Bc</sup>		
Ácido acético (g kg <sup>-1</sup> MS)							
0 horas	33,4 <sup>Aa</sup>	13,8 <sup>BCc</sup>	21,7 <sup>Ab</sup>	17,0 <sup>Abc</sup>	14,5 <sup>Abc</sup>	0,08	<0,0001
24 horas	20,6 <sup>Ba</sup>	20,1 <sup>ABa</sup>	11,5 <sup>BCbc</sup>	8,8 <sup>Bc</sup>	16,9 <sup>Aab</sup>		
48 horas	15,4 <sup>Ba</sup>	13,2 <sup>Ca</sup>	16,0 <sup>ABa</sup>	10,6 <sup>ABa</sup>	13,3 <sup>Aa</sup>		
96 horas	19,0 <sup>Ba</sup>	20,7 <sup>Aa</sup>	6,6 <sup>Cb</sup>	8,3 <sup>Bb</sup>	18,9 <sup>Aa</sup>		
Ácido propiônico (g kg <sup>-1</sup> MS)							
0 horas	2,7 <sup>Aa</sup>	0,9 <sup>Cb</sup>	0,9 <sup>Cb</sup>	1,8 <sup>Aab</sup>	1,4 <sup>Cb</sup>	0,02	<0,0001
24 horas	0,8 <sup>Cc</sup>	1,9 <sup>BCbc</sup>	1,8 <sup>BCbc</sup>	2,3 <sup>Ab</sup>	4,9 <sup>Aa</sup>		
48 horas	2,5 <sup>ABa</sup>	2,2 <sup>Ba</sup>	2,6 <sup>Ba</sup>	2,3 <sup>Aa</sup>	2,7 <sup>Ba</sup>		
96 horas	1,4 <sup>BCb</sup>	5,8 <sup>Aa</sup>	4,9 <sup>Aa</sup>	2,5 <sup>Ab</sup>	2,0 <sup>BCb</sup>		
Ácido butírico (g kg <sup>-1</sup> MS)							
0 horas	1,8 <sup>Ab</sup>	2,7 <sup>Aa</sup>	1,3 <sup>Bb</sup>	1,6 <sup>Bb</sup>	1,4 <sup>Bb</sup>	0,01	<0,0001
24 horas	1,4 <sup>Ab</sup>	1,7 <sup>Bb</sup>	1,8 <sup>ABab</sup>	1,9 <sup>ABab</sup>	2,4 <sup>Aa</sup>		
48 horas	1,4 <sup>Ab</sup>	1,6 <sup>Bb</sup>	1,7 <sup>ABab</sup>	1,6 <sup>Bb</sup>	2,2 <sup>Aa</sup>		
96 horas	1,8 <sup>Ab</sup>	2,3 <sup>Aab</sup>	2,2 <sup>Aab</sup>	2,4 <sup>Aa</sup>	2,0 <sup>Aab</sup>		
Etanol (g kg <sup>-1</sup> MS)							
0 horas	2,7 <sup>Aa</sup>	10,7 <sup>Aab</sup>	10,4 <sup>Ab</sup>	8,9 <sup>Ab</sup>	8,7 <sup>Ab</sup>	0,05	<0,0001
24 horas	11,6 <sup>Aa</sup>	6,0 <sup>Bb</sup>	6,5 <sup>Bb</sup>	6,2 <sup>Bb</sup>	6,2 <sup>Bb</sup>		
48 horas	6,3 <sup>Ba</sup>	4,2 <sup>BCab</sup>	3,5 <sup>Cb</sup>	4,2 <sup>Cab</sup>	3,7 <sup>Cb</sup>		
96 horas	13,4 <sup>Aa</sup>	2,3 <sup>Cb</sup>	2,3 <sup>Cb</sup>	3,4 <sup>Cb</sup>	3,9 <sup>Cb</sup>		
Nitrogênio amoniacal (% NT)							
0 horas	0,14 <sup>Ba</sup>	0,11 <sup>Aab</sup>	0,10 <sup>ABab</sup>	0,07 <sup>Bbc</sup>	0,05 <sup>ABc</sup>	0,01	<0,0001
24 horas	0,13 <sup>Ba</sup>	0,09 <sup>Aab</sup>	0,06 <sup>Bbc</sup>	0,06 <sup>Bbc</sup>	0,04 <sup>Bc</sup>		
48 horas	0,13 <sup>Ba</sup>	0,09 <sup>Aab</sup>	0,08 <sup>ABb</sup>	0,12 <sup>Aab</sup>	0,09 <sup>Ab</sup>		
96 horas	0,20 <sup>Aa</sup>	0,12 <sup>Ab</sup>	0,11 <sup>Ab</sup>	0,04 <sup>Bc</sup>	0,05 <sup>ABc</sup>		

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana; MS, Matéria Seca; % NT, Porcentagem do Nitrogênio Total.

<sup>2</sup>Erro Padrão da Média.

Comportamento semelhante foi observado para as concentrações de ácido acético, que aumentaram para algumas silagens e diminuíram para outras, de modo que ao final das 96 horas de avaliação as menores concentrações foram encontradas nas silagens das dietas 3 e 4, razão pela qual a estabilidade aeróbia foi menor nestas silagens.

As concentrações dos ácidos propiônico e butírico variaram de forma significativa durante o ensaio de estabilidade aeróbia. Na silagem de todas as dietas, as concentrações dos ácidos propiônico e butírico ficaram abaixo de 1%, variando em torno de 0,1 a 0,5% da matéria seca, valores que podem ser considerados pequenos, mostrando que as silagens nesta pesquisa foram bem fermentadas, uma vez que o crescimento dos microrganismos

indesejáveis não foi favorecido. É evidente que o aumento ou manutenção nos teores do ácido láctico manteve os valores de pH suficientemente baixos para inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, como as enterobactérias e os clostrídios.

Com exceção da silagem da dieta 1, as concentrações de etanol diminuíram significativamente e gradativamente até as 96 horas de avaliação da estabilidade aeróbia, o que provavelmente ocorreu devida a alta volatilidade do etanol. As concentrações do nitrogênio amoniacal variaram bastante no decorrer do ensaio de estabilidade aeróbia, porém, as concentrações às 96 horas de avaliação não diferiram das concentrações observadas no momento da abertura das silagens (0 horas), mostrando que o crescimento dos microrganismos indesejáveis não foi favorecido. As concentrações do nitrogênio amoniacal foram sempre maiores nas silagens com as maiores proporções de inclusão do capim aruana. É possível que o atraso na redução do pH destas silagens devido a maior capacidade tampão tenha favorecido a proteólise pelas enzimas da planta, ocasionando maiores produções de amônia.

Houve efeito de tratamento e de horas de exposição ao ar para os valores de pH ( $P < 0,0001$ ;  $P = 0,0025$ ) e capacidade tampão ( $P < 0,0001$ ) das silagens durante o ensaio de estabilidade aeróbia (Tabela 7). Todas as silagens apresentaram valores de pH indicativo de fermentação normal, permanecendo em torno de 4,0, embora houvesse uma tendência ao aumento até o final das 96 horas do ensaio de estabilidade aeróbia, o que pode estar associado a diminuição da capacidade tampão a partir das 48 horas de avaliação. O pH permaneceu mais elevado na silagem da dieta 1, o que foi associado a maior inclusão do capim aruana devido à alta capacidade tampão que os capins apresentam, bem como a maior produção de amônia, retardando o abaixamento do pH (Lima Júnior et al., 2014). Este fato foi evidenciado pela maior capacidade tampão que esta silagem apresentou durante o ensaio de estabilidade aeróbia.

**Tabela 7.** Médias resultantes do efeito de tratamento e das horas de exposição ao ar para o pH e capacidade tampão (Capt.) das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, durante a estabilidade aeróbia.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM <sup>3</sup>	P-valor
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5		
pH	4,29 <sup>a</sup>	4,13 <sup>b</sup>	4,06 <sup>bc</sup>	3,95 <sup>d</sup>	3,97 <sup>cd</sup>	0,02	<0,0001
Capt. (E.mg/100gMS)	105,8 <sup>a</sup>	87,5 <sup>b</sup>	81,7 <sup>b</sup>	78,3 <sup>b</sup>	78,3 <sup>b</sup>	0,00	<0,0001
Tempos <sup>1</sup>							
	0 horas	24 horas	48 horas	96 horas			
pH	4,07 <sup>ab</sup>	4,04 <sup>b</sup>	4,05 <sup>b</sup>	4,16 <sup>a</sup>		0,02	0,0025
Capt. (E.mg/100gMS)	96,7 <sup>a</sup>	91,3 <sup>a</sup>	76,7 <sup>b</sup>	80,7 <sup>b</sup>		0,00	<0,0001

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

<sup>2</sup>MS, Matéria Seca.

<sup>3</sup>Erro Padrão da Média.

Observou-se efeito de interação das proporções de inclusão do capim aruana e as horas de exposição ao ar para as variáveis proteína bruta (P=0,0031) e carboidratos solúveis (P=0,0066; Tabela 8). Os teores de proteína bruta foram variáveis durante os tempos de avaliação nas silagens com os maiores níveis de inclusão do capim aruana (Dietas 1 e 2), porém, não diferenciaram das demais dietas às 96 horas de exposição ao ar. A silagem da dieta 1 sofreu significativa proteólise do momento da abertura até o final da estabilidade aeróbia, ocasionando as maiores produções de nitrogênio amoniacal.

**Tabela 8.** Médias resultantes do efeito da interação tratamento × horas de exposição ao ar para proteína bruta e carboidratos solúveis das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, durante a estabilidade aeróbia.

Tempos	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5		
Proteína bruta (g kg <sup>-1</sup> MS)							
0 horas	181,2 <sup>Aab</sup>	183,7 <sup>Aa</sup>	185,9 <sup>Aa</sup>	172,5 <sup>Ab</sup>	171,9 <sup>Ab</sup>	0,09	0,0031
24 horas	174,4 <sup>ABb</sup>	177,5 <sup>ABab</sup>	186,7 <sup>Aa</sup>	173,0 <sup>Ab</sup>	180,8 <sup>Aab</sup>		
48 horas	169,5 <sup>Bb</sup>	167,9 <sup>Bb</sup>	182,9 <sup>Aa</sup>	170,0 <sup>Ab</sup>	178,2 <sup>Aab</sup>		
96 horas	170,4 <sup>Ba</sup>	175,6 <sup>ABa</sup>	179,9 <sup>Aa</sup>	179,8 <sup>Aa</sup>	180,2 <sup>Aa</sup>		
Carboidratos solúveis (g kg <sup>-1</sup> MS)							
0 horas	97,2 <sup>Ab</sup>	130,9 <sup>Aab</sup>	144,6 <sup>Aa</sup>	136,5 <sup>Aa</sup>	143,9 <sup>Aa</sup>	0,48	0,0066
24 horas	ND <sup>3</sup>	ND	ND	ND	ND		
48 horas	ND	ND	ND	ND	ND		
96 horas	101,4 <sup>Ab</sup>	86,0 <sup>Bb</sup>	95,6 <sup>Bb</sup>	93,8 <sup>Bb</sup>	143,6 <sup>Aa</sup>		

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana; MS, Matéria Seca.

<sup>2</sup>Erro Padrão da Média.

<sup>3</sup>Não Determinado.

Os teores dos carboidratos solúveis das silagens com as proporções intermediárias de inclusão do capim aruana (Dietas 2, 3 e 4) sofreram redução às 96 horas de exposição ao ar. Estas silagens mostraram-se de boa qualidade fermentativa, o que favoreceu a atividade das

leveduras durante o ensaio de estabilidade aeróbia. Apresentaram teores de carboidratos solúveis e ácido láctico residuais suficientes para estimular as leveduras. Além disso, as silagens das dietas 3 e 4 apresentaram as menores concentrações de ácido acético.

Houve efeito de tratamento para os teores de matéria seca ( $P < 0,0001$ ) e fibra em detergente neutro ( $P < 0,0001$ ) das silagens durante o ensaio de estabilidade aeróbia (Tabela 9). Os teores de matéria seca foram sempre maiores nas silagens de dietas com os menores níveis de inclusão do capim aruana, o que ocorreu devido as inclusões crescentes dos farelos em substituição ao capim.

**Tabela 9.** Médias resultantes do efeito de tratamento para matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN), e das horas de exposição ao ar para matéria seca e recuperação de matéria seca (RMS) das silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana, durante a estabilidade aeróbia.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM <sup>3</sup>	P-valor
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5		
MS (g kg <sup>-1</sup> )	272,8 <sup>d</sup>	282,4 <sup>cd</sup>	288,9 <sup>c</sup>	302,1 <sup>b</sup>	332,4 <sup>a</sup>	0,30	<0,0001
FDN (g kg <sup>-1</sup> MS)	294,9 <sup>a</sup>	260,5 <sup>b</sup>	245,8 <sup>b</sup>	207,7 <sup>c</sup>	160,2 <sup>d</sup>	0,62	<0,0001
	Tempos <sup>1</sup>						
	0 horas	24 horas	48 horas	96 horas			
MS (g kg <sup>-1</sup> )	285,3 <sup>b</sup>	295,8 <sup>a</sup>	301,2 <sup>a</sup>	300,6 <sup>a</sup>	0,30	<0,0001	
RMS (g kg <sup>-1</sup> MS)	990,0 <sup>a</sup>	994,6 <sup>a</sup>	989,1 <sup>a</sup>	977,8 <sup>b</sup>	0,11	<0,0001	

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Dieta 1, 30% de capim aruana; Dieta 2, 25% de capim aruana; Dieta 3, 20% de capim aruana; Dieta 4, 10% de capim aruana; Dieta 5, 0% de capim aruana.

<sup>2</sup>MS, Matéria seca.

<sup>3</sup>Erro Padrão da Média.

Por outro lado, os teores de fibra em detergente neutro reduziram significativamente a medida em que as proporções de inclusão do capim aruana diminuíram nas dietas, uma vez que o capim possui maior teor de fibra em detergente neutro em relação aos farelos. Macêdo et al. (2018) também observaram aumento nos teores de matéria seca com o aumento dos níveis de inclusão de farelos em substituição ao capim em silagens de dietas a base de palma forrageira e capim búffel. Ainda, diminuição nos teores de fibra em detergente neutro com a diminuição da inclusão do capim búffel.

Observou-se efeito das horas de exposição ao ar para os teores de matéria seca ( $P < 0,0001$ ) e recuperação de matéria seca das silagens ( $P < 0,0001$ ; Tabela 9). Verificou-se aumento nos teores de matéria seca a partir das 24 horas de avaliação da estabilidade aeróbia das silagens, mantendo estes teores até as 96 horas. Avaliando-se outras variáveis em busca de possíveis elucidações para o aumento nos teores de matéria seca, constatou-se que a provável explicação seria o aumento ocorrido nas concentrações do ácido láctico devido a

reativação das bactérias ácido lácticas, uma vez que estes microrganismos são capazes de converter 1 mol de glicose em 2 mols de ácido láctico (McDonald et al., 2010).

Houve recuperação de mais de 95% da matéria seca em todas as silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de inclusão do capim aruana, apesar de esta variável ter sofrido redução no final do ensaio de estabilidade aeróbia (96 horas), variando de 97 a 99%. Este resultado pode ser considerado bastante satisfatório tendo em vista que, mesmo durante horas de exposição ao ar, estas silagens tiveram perdas de até 3% da matéria seca. Santos (2014) avaliaram a recuperação de matéria seca em silagens de sorgo com níveis de ureia durante 48 horas de exposição ao ar e verificaram recuperações de matéria seca que variaram de 91,3 a 97,7%, recuperações relativamente menores do que as obtidas nesta pesquisa.

## CONCLUSÕES

As silagens de dietas a base de palma forrageira e diferentes proporções de capim aruana apresentaram predominância de bactérias ácido lácticas em relação aos outros grupos microbianos, proporcionando perfil fermentativo considerado ideal para silagens adequadamente fermentadas, com composição química característica de silagens bem preservadas, sem perdas significativas, mantendo o máximo do valor nutritivo.

## REFERÊNCIAS

- AOAC, 1990. **Official methods of analysis**. 15.ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA. 684p.
- AMIN, E. S.; AWAD, O. M.; EL-SAYED, M. M. The mucilage of *Opuntia ficus-indica* Mill. **Carbohydrate Research**, v. 15, p. 159-161, 1970.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; TAVARES, V. B. et al. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 648-654, 2006.
- ÁVILA, C. L. S., CARVALHO, B. F., PINTO, J. C. et al. The use of *Lactobacillus* species as starter cultures for enhancing the quality of sugar cane silage. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 940-951, 2014.
- BEN SALEM, H.; ABIDI, S. Recent advances on the potential use of *Opuntia* spp. in livestock feeding. **Acta Horticulturae**, v. 811, p. 317-326, 2009.
- BOLSEN, K. K.; LIN, C.; BRENT, C. R. et al. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 3066-3083, 1992.
- BRITO, G. S. M. S. **Características fermentativas e nutricionais de silagens compostas por Palma forrageira e Gliricídia**. 2018. 67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, Areia.
- CARR, F. J.; CHILL, D.; MAIDA, N. The lactic acid bacteria: a literature survey. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 28, p. 281-370, 2002.
- CARVALHO, C. B. M. **Estratégias de conservação da palma forrageira**. 2017. 82 f. (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus.
- CHIOU, P. W.; CHANG, S.; YU, B. The effects of wet sorghum distillers' grains inclusion on napiergrass silage quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 1199-1205, 2000.
- CORSATO, C. E.; SCARPARE FILHO, J. A.; SALES, E. C. J. Teores de carboidratos em órgãos lenhosos do caqui em clima tropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 414-418, 2008.
- COSTA, M. R. G. F. **Palma forrageira na alimentação animal**. Disponível em: < <http://www.higieneanimal.ufc.br> >. Acesso em: 28/12/2016.
- COURA, F. M.; LAGE, A. P.; HEINEMANN, M. B. Patotipos de *Escherichia coli* causadores de diarreia em bezerros: uma atualização. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 811-818, 2014.
- DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E. et al. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and environmental microbiology**, v. 69, p. 562-567, 2003.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

- EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C. et al. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) com e sem emurchecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 2, p. 443-449, 2004.
- EVANGELISTA, A. R.; SIQUEIRA, G. R.; LIMA, J. A. et al. Alterações bromatológicas e fermentativas durante o armazenamento de silagens de cana-de-açúcar com e sem milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 20-26, 2009.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.
- FERREIRA, M. A.; PESSOA, R. A. S.; SILVA, F. M. et al. **Palma forrageira e uréia na alimentação de vacas leiteiras**. Recife: EDUFRPE, 2011. 40p.
- GERDES, L.; MATTOS, H. B.; WERNER, J. C. et al. Composição química e digestibilidade da massa de forragem em pastagem irrigada de capim-aruaana exclusivo ou sobre-semeado com mistura de aveia preta e azevém. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1098-1108, 2005.
- HABIBI, Y.; HEYRAUD, A.; MAHROUZB, M. et al. Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. **Carbohydrate Research**, v. 339, p. 1119-1127, 2004.
- HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 35-56, 1993.
- JOBIM, C. C. Produção e conservação de forragens. In: I Curso de Atualização por Tutoria à Distância. Atualização da produção de bovinos de corte, 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá/UEM, 2002. p. 427-485.
- JOBIM, C. C.; GONÇALVES, G. D. Microbiologia de forragens conservadas. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. et al. Volumosos na produção de ruminantes: Valor alimentício de forragens. (Ed.). 2003. Jaboticabal. **Anais...** FUNEP. p. 1-26. 2003.
- KUNG JR., L.; ROBINSON, J. R.; RANJIT, N. K. et al. Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1479-1486, 2000.
- KUNG JR., L.; RANJIT, N. K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 1149-1155, 2001.
- LIMA JÚNIOR, D. M.; RANGEL, A. H. N.; URBANO, S. A. et al. Silagens de gramíneas tropicais não-graníferas. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 10, n. 2, p. 01-11, 2014.
- MACÊDO, A. J. S. **Silagem na forma de ração à base de palma forrageira e capim-buffel**. 2017. 74f. Monografia (Bacharel em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba/Centro de Ciências Agrárias, Paraíba, Brasil.
- MACÊDO, A. J. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L. et al. Silages in the form of diet based on spineless cactus and buffelgrass. **African Journal of Range & Forage Science**, p. 1-9, 2018.
- MAJDOUB, H.; ROUDESLI, S.; DERATANI, A. Polysaccharides from prickly pear peel and nopals of *Opuntia ficus-indica*: extraction, characterization and polyelectrolyte behavior. **Polymer International**, v. 50, p. 552-560, 2001.

- MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MCDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D. et al. **Animal Nutrition**. 7.ed. Pearson, 2010. 714p.
- MEDINA-TORRES, L.; BRITO-DE LA FUENTE, E.; TORRESTIANA-SANCHEZ, B. et al. Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*). **Food Hydrocolloids**, v. 14, p. 417-424, 2000.
- MOREIRA, H. O. M. Isolamento de *Escherichia coli* ácido-resistentes em fezes de bovinos submetidos à dieta de volumoso e concentrado. 2007. 60f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) - Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183-191, 2010.
- NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R. et al. Chemicals additive used in silages. **Pesquisa aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, p. 197-207, 2010.
- NOBRE, I. S. **Utilização de silagem de palma forrageira para ovinos submetidos a ofertas intermitentes de água**. 2017. 117f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- NRC, 2007. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. National Research Council, Washington, D.C.: National Academic, USA. 292p.
- NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F.; NUSSIO, C. M. B. Ensilagem de capins tropicais. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. p.60-83.
- OLIVEIRA JUNIOR, S.; BARREIRO NETO, M.; RAMOS, J. P. F. et al. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 3, n. 1, p. 7-12, 2009.
- PENTEADO, D. C. S.; SANTOS, E. M.; DE CARVALHO, G. G. P. et al. Inoculação com *Lactobacillus plantarum* da microbiota em silagem de capim-mombaça. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, p. 191-202, 2007.
- PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; LIMA, L. E. et al. Desempenho de vacas leiteiras submetidas a diferentes estratégias alimentares. **Archivos de Zootecnia**, v. 53, n. 203, p. 309-320, 2004.
- PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; SILVA, T. C. et al. Microbiologia e o processo de ensilagem. In: SANTOS, E. M.; PARENTE, H. N.; OLIVEIRA, J. S. et al. **Ensilagem de plantas forrageiras para o Semiárido**. São Luís: Ed. EDUFMA, 2016. 317p.
- PLAYNE, M. J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and silage. **Journal Science of Food and Agriculture**, v. 17, p. 264-268, 1966.
- RIBEIRO, E. M. D. O.; SILVA, N. H.; LIMA FILHO, J. L. et al. Study of carbohydrates present in the cladodes of *Opuntia ficus-indica* (fodder palm), according to age and season. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 933-939, 2010.
- RODRIGUES, P. H. M.; LOBO, J. R.; SILVA, E. J. A. et al. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1751-1760, 2007.

- SANTOS, E. M.; SILVA, T. C.; MACEDO, C. H. O. et al. Lactic acid bacteria in tropical grass silages. In: KONGO, M. **Lactic acid bacteria - R & D for food, health and livestock purposes**. Publisher: InTech, Chapters published, 2013. 670p.
- SANTOS, E. M.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R. et al. Effect of regrowth interval and a microbial inoculant on the fermentation profile and dry matter recovery of guinea grass silages. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 4423-4432, 2014.
- SANTOS, A. P. M. **Silagens de sorgo BRS ponta negra aditivadas com Ureia**. 2014. 57f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- STINTZING, F. C.; CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): a review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 49, p. 175-194, 2005.
- TAYLOR, C. C.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 1526-1532, 2002.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. In: Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press. 2. ed, 1994. 476p.
- VIEIRA, E. A.; ABRÃO, F. O.; RIBEIRO, I. C. O. et al. Bastonetes Gram-negativos aeróbios e anaeróbios facultativos no fluido ruminal de bovinos de corte alimentados em pastagem lignificada e em novilhos com acidose ruminal. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 811-816, 2015.
- WOOLFORD, M. K. A Review: The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 68, p. 101-116, 1990.
- ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; DOREA, J. R. R. et al. Evaluation of elephant grass with addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2611-2616, 2010.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A palma forrageira apresenta grande potencial para uso na forma de silagem. Tomando em consideração os resultados obtidos na primeira pesquisa, foi possível concluir que a palma forrageira pode ser ensilagem sem o uso dos aditivos estudados, no que diz respeito às características fermentativas e estabilidade aeróbia. Entretanto, com relação a composição química, o uso da ureia pode ser feito com o objetivo de incrementar a proteína bruta da silagem. Porém, é preciso mais estudos para avaliar níveis diferentes de inclusão da ureia na silagem de palma para obtenção de melhores conclusões.

Além disso, é possível que a espécie de palma forrageira utilizada para produção de silagem tenha influência direta no processo fermentativo, de forma a proporcionar resultados positivos ou negativos, dependendo da espécie. Diante dos resultados disponíveis atualmente na literatura com silagem de palma das espécies *Opuntia ficus indica* e *Nopalea cochenillifera*, pode-se observar que melhores resultados são obtidos com o uso da espécie *Nopalea cochenillifera*, o que pode estar relacionado com o maior teor de matéria seca que esta apresenta. Dessa forma, são necessárias mais pesquisas no sentido de comparar os parâmetros fermentativos e deterioração aeróbia da silagem de diferentes espécies de palma forrageira.

Por outro lado, considerando os resultados obtidos na segunda pesquisa com silagem de palma forrageira, foi possível concluir que o uso de dietas à base de palma no processo de ensilagem não promoveu qualquer inconveniente que impossibilitasse sua utilização, nem as diferentes proporções de inclusão do capim aruana resultou em dados negativos, sendo recomendado o uso de dietas à base de palma forrageira por proporcionar melhoras na logística operacional no fornecimento diário do alimento aos animais.