

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE SILAGEM PARA O
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

EDGAR FRAGA SANTOS FARIA

**SALVADOR – BAHIA
AGOSTO - 2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE SILAGEM PARA O
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**EDGAR FRAGA SANTOS FARIA
Médico Veterinário**

**SALVADOR – BAHIA
AGOSTO– 2018**

EDGAR FRAGA SANTOS FARIA

**INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE SILAGEM
PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Zootecnia

Área de concentração: Produção animal

Orientador: Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

Coorientador: Prof. Dr. Edson Mauro Santos e Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva

**SALVADOR – BAHIA
AGOSTO – 2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI - UFBA

F224 Faria, Edgar Fraga Santos
Inovações tecnológicas na produção de silagem para o semiárido brasileiro / Edgar Fraga Santos Faria – Salvador, 2018.
107 f.: Il
Orientador: Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho.
Coorientador: Prof. Dr. Edson Mauro Santos
Coorientador: Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva

Tese (Doutorado - Zootecnia) – Universidade Federal da Bahia. Escola de Medicina Veterinária, 2018.

1. Produção animal. 2. Inovações Tecnológicas. 3. Silagem. 4. Semiarido. I. Carvalho, Gleidson Giordano Pinto de. II. Santos, Edson Mauro. III. Silva, Thiago Carvalho da. IV. Universidade Federal da Bahia. V. Título.

CDU: 636

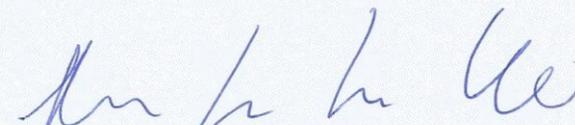
INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE SILAGEM PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Edgar Fraga Santos Faria

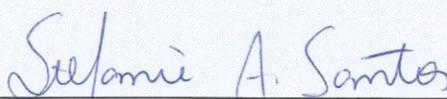
Tese defendida e aprovada para obtenção do grau de
Doutor em Zootecnia

Salvador, 31 de agosto de 2018

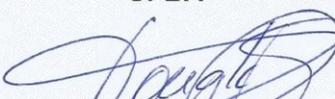
Comissão examinadora:



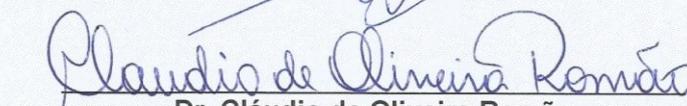
Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho
UFBA
Orientador / Presidente



Dra. Stefanie Alvarenga Santos
UFBA



Dr. Douglas dos Santos Pina
UFBA



Dr. Cláudio de Oliveira Romão
UFBA



Dra. Camila Maida de Albuquerque Maranhão
UNIOESTE

PI

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

	Página
Figura 1. Efeito da interação entre o uso de aditivos, farelo de soja (0, 15 e 30% de inclusão na matéria natural) e o tempo de armazenamento sobre os níveis de ácido láctico.....	42
_____ 2. Efeito da interação entre o uso de aditivos, farelo de soja (0, 15 e 30% de inclusão na matéria natural) e o tempo de armazenamento sobre os níveis de ácido acético.....	44
_____ 3. Efeito da interação entre o uso de aditivos, farelo de soja (0, 15 e 30% de inclusão na matéria natural) e o tempo de armazenamento sobre os níveis de ácido butírico.....	45
_____ 4. Efeito da interação entre o uso de aditivos, farelo de soja (0, 15 e 30% de inclusão na matéria natural) e o tempo de armazenamento sobre os níveis de ácido propiônico.....	46
_____ 5. Efeito da interação entre o uso de aditivos, farelo de soja (0, 15 e 30% de inclusão na matéria natural) e o tempo de armazenamento sobre os níveis de pH.....	47
_____ 6. Desdobramento da interação entre farelo de soja e aditivos químicos nas perdas de matéria seca (g kg^{-1}) em silagens de palma forrageira.....	51

Capítulo 2

Figura 1. Efeito da interação entre o tempo de exposição aeróbia, antes da re-ensilagem e a utilização do <i>L. Buchneri</i> sobre os teores de MS de silagens de cana-de-açúcar.....	76
_____ 2. Efeito da interação entre o tempo de exposição aeróbia, antes da re-ensilagem e a utilização do <i>L. Buchneri</i> sobre os teores de MM de silagens de cana-de-açúcar.....	77
_____ 3. Efeito da interação entre o tempo de exposição aeróbia, antes da re-ensilagem e a utilização do <i>L. Buchneri</i> sobre os teores de CNF de silagens de cana-de-açúcar.....	77

_____ 4. Efeito da interação entre o tempo de exposição aeróbia, antes da re-ensilagem e a utilização do <i>L. Buchneri</i> sobre os teores de FDN de silagens de cana-de-açúcar.....	78
_____ 5. Desdobramento da interação para a perda de matéria seca (PMS) em silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos de exposição aeróbica com e sem inclusão de <i>Lactobacillus buchneri</i>	79

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Percentagem de umidade, velocidade de crescimento e época de corte de algumas espécies de Palmas cultivadas.....	7
_____2. Composição bromatológica da palma forrageira.....	8
_____3. Composição nutricional de dois tipos de palma forrageira.....	9
_____4. Composição químico-bromatológica da palma gigante.....	10
_____5. Composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar.....	15

Capítulo 1

	Página
Tabela 1. Composição química e capacidade tampão da palma forrageira e do farelo de soja, antes da ensilagem.....	38
_____2. Valores médios dos teores de ácidos orgânicos e pH em silagens de palma sem aditivo, com 2% de ureia na MS ou 1% de quitosana na MN associados à diferentes níveis de inclusão de farelo de soja avaliadas em diferentes períodos de abertura.....	41
_____3. Componentes nutricionais e teores de carboidratos solúveis em silagens de Palma forrageira associada ou não com ureia, quitosana e farelo de soja (180 dias de armazenamento).....	49
_____4. Desdobramentos dos efeitos de interação da adição na composição química das silagens de palma com aditivos químicos (ureia ou quitosana) e dois níveis de farelo de soja (15 e 30% da MN).....	50
_____5. Valores médios da perda de matéria seca (g kg^{-1} MS) e perdas por efluentes (kg t^{-1} MN) em silagens de palma forrageira com níveis de farelo de soja e aditivos químicos.....	51
_____6. Estabilidade aeróbica (EA), temperatura máxima atingida (TEMPMAX), tempo para atingir a temperatura máxima (HTMAX), diferença entre a temperatura máxima e mínima (AMPL) em silagens de palma forrageira tratadas com ureia e quitosana em associação a níveis de farelo de soja com 180 dias de armazenamento.....	52

Capítulo 2

	Página
Tabela 1. Composição química e capacidade tampão da cana-de-açúcar.....	71
_____ 2. Perfil fermentativo de silagens de cana-de-açúcar ré ensiladas em quatro tempos de exposição ao ar, com e sem aditivo bacteriano (<i>L. buchneri</i>).....	74
_____ 3. Desdobramento dos efeitos de interação no perfil fermentativo de silagens de cana-de-açúcar ré ensiladas em quatro tempos de exposição ao ar, com e sem aditivo bacteriano (<i>L. buchneri</i>).....	74
_____ 4. Componentes nutricionais e teores de carboidratos solúveis (CHO) em silagens de cana-de-açúcar em quatro tempos de ré ensilagem (0, 6, 12 e 24 horas), com e sem aditivo microbiano (<i>L. buchneri</i>).....	75
_____ 5. Valores médios da perda de matéria seca (PMS) e perdas por efluentes (PE) em silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos de exposição aeróbica com e sem inclusão de <i>L. buchneri</i>	79
_____ 6. Estabilidade aeróbica (EA), temperatura máxima atingida (T), tempo para atingir a temperatura máxima (HT), diferença entre a temperatura máxima e mínima (A) em silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos de exposição aeróbica com e sem inclusão de <i>L. buchneri</i>	80

LISTA DE SIGLAS

AOAC	<i>Association of analytical chemists</i>
CNF	Carboidratos não fibrosos
CHO	Carboidratos
CHOs	Carboidratos solúveis
CT	Capacidade tampão
CV	Coefficiente de variação
EE	Extrato etéreo
EPM	Erro padrão da média
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
g	Gramas
Kg	Kilograma
L	Litro
MG	Miligrama
Mg	Megagrama
MM	Matéria mineral
mm	Miligrama
MN	Matéria natural
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
NDT	Nutrientes digestíveis totais
PB	Proteína bruta
UI	Unidades internacionais
µg	Micrograma

SUMÁRIO

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE SILAGEM PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1. Hipóteses	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo geral	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. O semiárido	5
2.2. A cultura da palma forrageira	6
2.2.1. Caracterização e avaliação	6
2.2.2. Composição química	8
2.2.3. Produção	11
2.2.4. Formas de utilização	12
2.3. A cultura da cana-de-açúcar	14
2.3.1. Composição química	15
2.3.2. Ensilagem de cana-de-açúcar	16
2.4. Aditivos para silagem	16
2.4.1. A ureia como aditivo	17
2.4.2. A quitosana como aditivo	17
2.4.3. O <i>Lactobacillus buchneri</i> como aditivo	18
2.4.4. O farelo de soja como aditivo	19
2.5. Reensilagem de forrageiras	19
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

Capítulo 1

Diferentes aditivos e farelo de soja na ensilagem de palma forrageira (<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill.)	
RESUMO	33
ABSTRACT	34
1. INTRODUÇÃO	35
2. MATERIAL E MÉTODOS	36
3. RESULTADOS	41
4. DISCUSSÃO	52
5. CONCLUSÕES	60
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

Capítulo 2

Reensilagem de cana-de-açúcar com e sem *Lactobacillus buchneri*

RESUMO	66
ABSTRACT	67
1. INTRODUÇÃO	68
2. MATERIAL E MÉTODOS	69
3. RESULTADOS	73
4. DISCUSSÃO	80
5. CONCLUSÕES	89
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS	95

1. INTRODUÇÃO GERAL

No semiárido, em geral, animais ruminantes tem como base alimentar pastos nativos ou cultivados. Na época das chuvas a disponibilidade de forragens é quantitativamente e qualitativamente satisfatória. Todavia, nas épocas críticas do ano, além da escassez de forragens o valor nutritivo se apresenta em níveis bastante baixos, resultando em queda da produtividade, o que comprometem a produção de leite e carne (LIMA et al., 2004).

Essa situação faz com que o desempenho dos sistemas de produção nessas condições climáticas apresente resultados que torna a atividade pastoril uma atividade predominantemente de subsistência (VELOSO, 2000).

De modo suprir o déficit das forrageiras nessas condições, vem sendo empregadas tecnologias de conservação de forragens tanto através de desidratação (fenação) e por fermentação em meio ácido (ensilagem), as quais podem minimizar a queda do desempenho produtivo dos animais durante os longos períodos de estiagem.

A fenação é utilizada, principalmente para conservar o excedente da produção forrageira da estação das chuvas e esse excedente muitas vezes não ocorre. Além desse fato, a composição botânica das forrageiras da Caatinga não favorece essa prática, pois é composta por inúmeras espécies com morfologia diversa, o que dificulta a prática (CAVALCANTI e RESENDE, 2004).

A planta do milho é a forrageira padrão utilizada na produção de silagem no Brasil e no mundo. Essa planta une todas as características necessárias ao êxito do processo, como concentração adequada de carboidratos solúveis, bom valor nutricional e teor adequado de matéria seca no momento da colheita. No entanto, o milho apresenta uma série de problemas para seu cultivo no semiárido. A principal é a necessidade de um volume constante de água disponível no solo durante seu ciclo, fato difícil de ocorrer nessas condições climáticas. A utilização do sorgo e o milheto, que apresentam características favoráveis para serem ensiladas e apresentam menor exigência hídrica, vem crescendo. Entretanto, essas plantas têm de ser semeadas anualmente no período das águas e é sabido que a irregularidade das chuvas não ocorre apenas ao longo do ano,

mas pode ocorrer ao longo de ciclos de secas prolongadas, tornando incerto o plantio dessas forrageiras.

A palma forrageira, que por apresentar elevada produção e acumular grande quantidade de água e energia vem se destacando no cenário agropecuário nordestino. Faz parte de um grupo de espécie vegetal denominado de Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM). Uma característica chave desse grupo é a conservação da água pelo número reduzido de estômatos e na abertura noturna dos mesmos, resultando que a maior parte de sua água se perca durante a noite quando as temperaturas são mais amenas e a umidade relativa do ar é mais alta. Associado a isso, ao abrirem seus estômatos à noite, também trocam CO₂ com a atmosfera num horário em que as outras espécies de plantas estão com os mesmos fechados (SUASSUNA, 2004).

Apresenta elevado potencial para produção de Matéria Seca (MS) com predominância de carboidratos não fibrosos, baixo conteúdo em fibras e proteínas, sendo classificada como um concentrado energético (SANTOS et al., 2005). Pode ser utilizada fresca, desidratada e transformada em farelo ou até sob a forma de silagem. Vale ressaltar que, cortar e triturar diariamente exige tempo e mão de obra.

Desidratar para transformar em farelo facilita a logística do fornecimento, pois diminui o volume, entretanto, perde-se a água, que no semiárido é um componente escasso.

Embora a palma forrageira apresente teor de MS bem abaixo da faixa de 30 a 35% preconizados para produção de uma boa silagem (NEGRÃO e SILVA, 2011), adequado conteúdo em carboidratos solúveis para a fermentação láctica explicam os resultados promissores que vem sendo obtidos na avaliação de silagens da palma (VALADARES FILHO et al., 2006; RIBEIRO et al., 2010; SANTOS et al., 2016).

Inúmeros aditivos vêm sendo utilizados para melhorar a qualidade de silagens de forrageiras, principalmente aquelas com elevado teor de umidade. Podem agir para controlar o processo fermentativo, absorver umidade e melhorar o valor nutritivo, podendo ter mais de uma função ao mesmo tempo (Mc DONALD et al., 1991). Neste sentido, Nogueira (2015), utilizou quatro níveis de adição de farelo de trigo (0,5, 10 e 20% da MS), com e sem a adição de 1% de ureia, na ensilagem de palma forrageira e registrou que os aditivos promoveram melhoria na estabilidade aeróbia das silagens, quando expostas ao ar. As silagens obtidas pelo autor apresentaram valores de pH

dentro da faixa considerada ideal de 3,8 a 4,2, sendo que a inclusão do aditivo não afetou o pH.

Resultados similares foram obtidos por Mokobi et al. (2016), que ao ensilarem cladódios de *Opuntia* das variedade Van obtiveram valores de pH de 3,81 para o tratamento controle (palma forrageira pura).

Além de facilitar o manejo durante o fornecimento aos animais, ensilar a palma forrageira no início do período chuvoso possibilitaria aumentar a produtividade forrageira, já que o corte seria feito num momento em que a umidade do solo favorece a rebrota.

Novos aditivos químicos vêm sendo estudados como para melhorar o processo fermentativo e a estabilidade aeróbia das silagens. De acordo com Goiri et al. (2009), a quitosana é um biopolímero natural proveniente da desacetilação da quitina. Apresenta comprovada eficiência como fungicida (MENDES et al., 2016). Sua eficácia na melhoria da silagem de cana-de-açúcar foi constatada por Gandra et al., (2016), que avaliaram a adição de 1% de quitosana na MS total e observaram que o aditivo promoveu melhoria na eficiência do processo de fermentação, aumentando a produção de ácido lático e reduzindo as perdas por gases.

A ensilagem da cana-de-açúcar tem sido proposta por diversos autores como uma alternativa para facilitar o manejo do trato dos animais, quando comparado ao uso da cana fresca (PEDROSO et al., 2005; EVANGELISTA et al., 2009). No entanto, a elevada quantidade de carboidratos solúveis e a natural presença de leveduras, faz com que, no processo de ensilagem dessa forrageira, a velocidade de abaixamento do pH ocorra rapidamente, o que favorece mais ainda o crescimento das leveduras, resultando na produção de etanol, CO₂ e água (DRIEHUIS e VAN WIKSELAAR, 2000; OLIVEIRA et al., 2015).

A presença do etanol na silagem resulta em elevação nas perdas da massa ensilada e queda da qualidade como alimento, já que sua presença promove redução no consumo voluntário (NUSSIO et al., 2003; PEDROSO et al., 2005).

Visando reduzir a produção de etanol em silagens, trabalhos vêm sendo conduzidos com a utilização de aditivos bacterianos, sendo o *Lactobacillus buchneri* uma das mais promissoras. O *L. buchneri* é uma bactéria heterofermentativa, que produz, além do ácido lático, o ácido acético (SANTOS et al., 2016), que é o

responsável pelo menor desenvolvimento das leveduras, resultando em silagens com menos etanol e melhor estabilidade após a exposição ao ar(RANJIT & KUNG Jr.,2000).

Outro entrave do uso da silagem de cana no semiárido é o fato dessa forrageira não se adaptar à faixa de precipitação pluviométrica da região (SILVA et al., 2014). No entanto, a aquisição de silagem produzida em outras regiões e sua posterior reensilagem é uma prática que vem se expandindo em outros países e, recentemente, aqui no Brasil (CHEN &WEINBERG, 2014; LIMA et al., 2017).

A utilização de inoculantes em silagens reensiladas, como destacado por Michel (2015), pode ser benéfica, contudo, foi destacado pelo autore que ainda são escassas informações a respeito desta técnica no Brasil.

Diante do exposto, o presente trabalho foi dividido em dois experimentos e organizado em dois capítulos:

Capítulo 1 - Com título “Diferentes aditivos na ensilagem de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.)

Capítulo 2 – Intitulado “Reensilagem da cana-de-açúcar com e sem *Lactobacillus buchneri*”.

1.1. Hipóteses

Capítulo I- A adição de farelo de soja na ensilagem da palma gigante melhora melhora o perfil fermentativo enquanto, que a adição de ureia ou quitosana melhoram a estabilidade aeróbia da silagem. Os efeitos da quitosana e da ureia são influenciados pelo nível de farelo de soja adicionado na ensilagem da palma forrageira.

Capítulo II - A ré ensilagem altera as características fermentativas e nutricionais da silagem de cana-de-açúcar aumentando as perdas. O aumento no tempo decorrido na ré ensilagem aumenta as perdas e conseqüentemente diminui o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar. O uso de um aditivo biológico durante a ré ensilagem minimiza os efeitos da exposição ao ar e do excesso de tempo durante a realização desta técnica.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Avaliar a inclusão de aditivos químicos e farelo de soja no processo de ensilagem da palma forrageira, diferentes tempos de exposição ao ar na reensilagem de cana-de-açúcar inoculadas ou não com *Lactobacillus buchneri* visando a obtenção de alternativas para suplementação de ruminantes em regiões semiáridas.

1.2.2. Objetivos específicos

Capítulo 1:

- Avaliar o efeito dos aditivos utilizados sobre o perfil e perdas fermentativas na silagem de palma forrageira
- Avaliar a composição química das silagens de palma forrageira tratadas com ureia e quitosana, com níveis de farelo de soja.
- Avaliar a estabilidade aeróbica em silagens de palma forrageira ensiladas com ou sem aditivos químicos em associação com diferentes níveis de farelo de soja.

Capítulo 2:

- Avaliar a composição química das silagens de cana -de -açúcar submetidas à técnica de ré ensilagem em diferentes tempos de exposição aeróbica, tratadas ou não com aditivo microbiano.
- Avaliar o efeito aditivo microbiano (*Lactobacillus buchneri*) sobre o perfil e perdas fermentativas nas silagens de cana-de-açúcar submetidas à técnica de ré ensilagem em diferentes tempos de exposição aeróbica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O semiárido

A área de clima semiárido no Nordeste brasileiro tem características edafoclimáticas e hidrológicas semelhantes às de outras regiões com clima semiárido no

planeta. Caracteriza-se por apresentar, de forma constante, longos períodos de secas intercalados com as cheias nos rios temporários. Registra uma precipitação média numa amplitude entre 250 e 800 mm anuais, concentrados em três a cinco meses, além de altas taxas de evapotranspiração, em média 2.000 mm/ano, proporcionando um déficit de umidade no solo durante a maior parte do ano. Os solos geralmente são rasos, com baixa fertilidade natural e a cobertura vegetal é composta por uma vegetação rala, denominada de caatinga, que apresenta grande diversidade de espécies (BRITO et al., 2009). Tal quadro faz com que a agricultura se torne uma atividade de elevado risco de insucesso. Dessa forma, a criação de animais, principalmente os ruminantes, passa a ser a opção mais indicada.

2.2. A cultura da palma forrageira

2.2.1. Caracterização e avaliação

A palma forrageira pertence à Divisão: Embryophyta, Sub-divisão: Angiospermea, Classe: Dicotyledoneae, Sub-classe: Archiclamideae, Ordem: Opuntiales e família Cactacea. Nessa família, existem 178 gêneros com cerca de 2.000 espécies conhecidas. Todavia nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, estão presentes às espécies de palma mais utilizadas como forrageiras (SILVA e SANTOS, 2016).

A palma pertence ao grupo fotossintético das crassuláceas (CAM), que apresentam no seu metabolismo o fato de realizar a abertura dos estômatos essencialmente à noite, quando a temperatura ambiente apresenta-se reduzida, diminuindo as perdas de água por evapotranspiração. A palma apresenta eficiência 11 vezes superior no uso da água que as plantas de mecanismo de fixação do carbono, sendo plenamente adaptada ao Semiárido, não se conhecendo outra forrageira que se equipare nesse aspecto (FERREIRA et al., 2008).

Han & Felker (1997), registraram um nível de eficiência no uso da água de 162 kg de água kg⁻¹ de matéria seca, que a classifica como superior a qualquer outra espécie de planta (C3 e C4).

De acordo com Silva e Santos (2006) existem três espécies de palma encontradas no Nordeste do Brasil:

a) Palma gigante - chamada também de graúda, azeda ou santa. Pertence à espécie *Opuntia ficus indica*; são plantas de porte bem desenvolvido e caule menos

ramificado, o que lhe transmite um aspecto mais ereto e crescimento vertical pouco frondoso. Sua raquete pesa cerca de 1 kg, apresentando até 50 cm de comprimento, forma oval-elíptica ou sub-ovalada, coloração verde-fosco. As flores são hermafroditas, de tamanho médio, coloração amarelo brilhante e cuja corola fica aberta na antese. O fruto é uma baga ovóide, grande, de cor amarela, passando à roxa quando madura. Essa palma é considerada a mais produtiva e mais resistente às regiões secas, no entanto é menos palatável e de menor valor nutricional.

b) Palma redonda (*Opuntia* sp.) - é originada da palma gigante, são plantas de porte médio e caule muito ramificado lateralmente, prejudicando assim o crescimento vertical. Sua raquete pesa cerca de 1,8 kg, possuindo quase 40 cm de comprimento, de forma arredondada e ovóide. Apresenta grandes rendimentos de um material mais tenro e palatável que a palma gigante.

c) Palma doce ou miúda - pertence à espécie *Nopalea cochenillifera*, são plantas de porte pequeno e caule bastante ramificado. Sua raquete pesa cerca de 350 g, possuem quase 25 cm de comprimento, forma acentuadamente obovada (ápice mais largo que a base) e coloração verde intenso brilhante. As flores são vermelhas e sua corola permanece meio fechada durante o ciclo. O fruto é uma baga de coloração roxa. Comparando com as duas anteriores esta é a mais nutritiva e mais apreciada pelo gado (palatável), porém apresenta uma menor resistência à seca.

Ainda segundo os autores, nos três tipos, as raquetes são cobertas por uma cutícula que controla a evaporação, permitindo o armazenamento de água (90-93% de água).

Valadares Filho et al. (2006) acrescentam que as três espécies de palma são cactáceas inermes (não possuem espinhos), apresentam crescimento rápido e teor de umidade superior às outras cactáceas (Tabela 1.)

Tabela 1 - Percentagem de umidade, velocidade de crescimento e época de corte de algumas espécies de Palmas cultivadas

Espécie	MS (%)	Crescimento	Tempo para corte (anos)
Palma Redonda	10,93	Rápido	2 a 4
Palma Gigante	9,63	Rápido	2 a 4
Palma miúda	13,05	Rápido	3 a 4

MS = Matéria seca. Fonte: Valadares Filho et al. (2006)

2.2.2. Composição química

A composição química da palma forrageira é influenciada pela espécie, variedade, idade da planta, ordem do cladódio e tratos culturais, sendo que nas duas espécies cultivadas no Nordeste do Brasil, *Opuntia* e *Nopalea*, o teor de matéria seca (MS) varia de 99 a 101 g kg⁻¹ (Batista et al, 2013).

Por apresentar elevado conteúdo em água, torna-se uma alternativa para suprir a dificuldade de se obter água de boa qualidade no semiárido. Vários trabalhos mostram que, em dietas para ruminantes, o déficit hídrico pode ser plenamente suprido pela ingestão de palma na dieta (CAVALCANTI et al., 2008; VIEIRA et al., 2008; COSTA et al., 2009; COSTA et al., 2012)

A palma é colhida manualmente, em intervalos de dois ou quatro anos, sem perda do valor nutritivo (Farias et al., 1986). De acordo com Santos et al (1992) e Santos & Tavares filho (1998), a palma pode ser estocada na sombra por até 16 dias sem alteração no seu conteúdo, o que reforça a grande relevância da palma forrageira para alimentação animal em regiões semiáridas.

Conforme destacado por Valadares Filho et al. (2006), existem diferenças em relação à composição bromatológica entre as espécies de palma miúda e as demais, sendo que a palma miúda primeira apresenta maiores teores de MS, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos e menores teores de PB e FDN, sendo superior como alimento (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição bromatológica da palma forrageira

Nutriente	Gigante	Miúda	Redonda
MS	8,82	13,06	10,93
PB	5,02	3,34	5,14
CHO	81,88	86,57	81,16
FDN	27,69	16,6	-
CNF	55,63	71,17	-

MS = matéria seca, PB = proteína bruta, CHO = carboidratos, FDN = fibra insolúvel em detergente neutro, CNF = carboidratos não fibrosos. Fonte: Valadares Filho et al., 2006.

Por apresentar baixa concentração de fibra e elevado conteúdo em carboidratos a palma deve ser encarada como um suplemento energético e uma fonte de água, devendo ser complementada com fontes de fibra efetiva e proteínas e evidenciam a diferença entre as três principais palmas. No entanto, essa diferença não foi encontrada por Torres

et al. (2009) , que registraram valores próximos para a composição nutricional das palmas miúda e gigante (Tabela 3.)

Tabela 3 - Composição nutricional de dois tipos de palma forrageira

Item	Palma gigante	Palma miúda
% de Matéria natural		
MS	9,93	10,28
% de Matéria seca		
Matéria orgânica	90,33	87,38
Proteína bruta	4,01	5,48
Estratoetéreo	2,54	2,22
Matéria mineral	9,67	12,62
Fibra em detergente neutro	36,47	37,32
Fibra em detergente ácido	16,87	20,16
Carboidratos totais	83,78	79,68
Carboidratos não fibrosos	47,31	42,36
Matéria seca indigestível ¹	21,11	27,44
Matéria seca indigestível ²	20,65	22,59
FDN indigestível ¹	14,44	13,70
FDN indigestível ²	13,75	13,56
FDA indigestível ¹	9,53	9,40
FDA indigestível ²	9,51	9,49

¹Obtido após período de 144 horas de incubação, ²Obtido após período de 288 horas de incubação. Fonte: Adaptado de Torres et al (2009).

Andrade (2010) afirmou que palma forrageira apresenta características de cultivo e fibras semelhantes à de alimentos volumosos, porém a concentração de nutrientes na MS a classifica como alimento concentrado energético, por possuir teor de fibra bruta inferior 18% e de NDT (nutrientes digestíveis totais) acima de 60%. Além disso, apresenta baixo nível de proteína, abaixo dos 7% necessitados pelos microrganismos do rúmen, baixo nível de matéria seca, girando em torno dos 10%, além de reduzida quantidade de fibra, com 25,6 a 26,7 de fibra em detergente neutro e 14,3 a 20,0% de fibra em detergente ácido (SANTOS et. al. 1992).

Batista et al. (2002) encontraram um percentual de NNP variando de 37,1 a 43,9% para as variedades miúda e gigante respectivamente, sendo que, desse total, 32,4; 49,0 e 18,6% correspondem às frações rapidamente degradável, medianamente degradável e lentamente degradável, respectivamente. Já a fração C, que corresponde ao N indisponível, corresponde a 8,0% da proteína total.

Tosto et al., (2007) analisaram a palma gigante e encontraram resultados equivalentes aos citados anteriormente e, através de equações, estimaram os níveis de NDT, ED, EM, ELm e ELg (Tabelas 4).

Tabela 4 - Composição químico-bromatológica da palma gigante

Item	Composição
% de Matéria natural	
MS	7,83
% de Matéria seca	
Matériaorgânica	83,70
Matéria mineral	16,30
Proteína bruta	4,83
Estratoetéreo	0,98
Carboidratos totais	77,89
Carboidratos não fibrosos	50,30
Fibra em detergente neutro	29,07
Fibra em detergente ácido	25,77
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro	0,20
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido	0,12
Hemicelulose	3,30
Celulose	21,15
Lignina	4,62
Nutrientes digestíveis totais	61,84
Mcal/kg de MS	
Energia digestível (ED)	2,65
Energia metabolizável (EM)	2,23
Energia líquida de manutenção (ELm)	1,36
Energia líquida de ganho (ELg)	0,79

Fonte: Adaptado de Tosto et al, (2007)

Com relação aos minerais, a palma pode apresentar até 30% de cinzas na MS, o que pode ser explicado pelo fato do seu cultivo ocorrer principalmente em regiões áridas e semiáridas, onde a baixa disponibilidade de água nos solos aumenta a concentração de minerais (BEN THLIJA, 1987). Dados semelhantes foram obtidos por Ben Salem et al. (1996), que encontraram 27,4%. Já Batista et al. (2003), analisaram, aqui no Brasil, 10 variedades diferentes de palma forrageira e encontraram média de 11,65 de cinzas na MS com médias de 3,65% e 0,32% para as concentrações de Ca e P, respectivamente, na MS.

Silva et al. (2014) determinaram a composição mineral da palma gigante registrando para os elementos N, P, K, S, Ca, Mg, as respectivas médias: 1,25; 0,08;

2,51; 0,30; 1,75; 0,77 (dag kg⁻¹) aos 390 dias após o plantio (DAP) e 1,75; 0,12; 2,49; 0,37; 2,68; 1,25 (dag kg⁻¹) aos 620 DAP¹. Os níveis de Ca, S, K e Mg estão acima das exigências de vacas leiteiras de 600 kg de PV, com produção de 30 kg de leite por dia (NRC, 2001). Tal fato pode implicar em menor absorção desses minerais levando a um prejuízo no desenvolvimento da microbiota e, conseqüentemente, prejudicando o processo digestivo (BEN SALEM et al., 1996). Além do elevado teor de Ca, ocorrem também nos seus tecidos cristais de oxalato de Ca e Mg (MONJE e BARAM, 2002; MONJE e BARAM, 2005). Batista et al, (2013) relatam que os teores de oxalatos verificados por diversos trabalhos feitos no Brasil (2,07 g kg⁻¹ MS) apontem níveis bem mais baixos que em outras regiões semiáridas do planeta (131g kg⁻¹ MS).

Em relação ao P, os valores são considerados baixos, o que ocorre em grande parte das forragens (COELHO da SILVA, 1995). Os teores de P obtidos por Silva et al. (2014) foram inferiores aos obtidos por Teles et al. (2002), que registraram 1,17 dag kg⁻¹ e aos de Dubeux Júnior et al. (2010), que obtiveram média de 0,47 dag kg⁻¹.

2.2.3. Produção

A palma apresenta elevado potencial de produção de MS por hectare a depender da densidade, adubação e condições climáticas.

Santos et al. (1998) observaram que a cultivar Miúda é capaz de produzir, a cada ano, 10,6 t MS ha⁻¹ por ano e 77,8 t MV ha⁻¹ por ano, adubada com 20 toneladas de estrume de curral ha⁻¹ e com população de 20 mil plantas. Já Santos et al. (2005), em trabalho posterior, obtiveram produtividades médias de 362,89, 354,36 e 190,18 t MV ha⁻¹ a cada dois anos para as cultivares Redonda, Gigante e Miúda, respectivamente, em espaçamentos de plantios 1,0m x 0,5m e produtividade de matéria seca média de 23,52, 28,88 e 20,64 t MS ha⁻¹ a cada 02 anos.

Resultados preliminares obtidos em Caruaru e Arcoverde, PE, com população de 40 mil plantas ha⁻¹, apresentaram produção de 320 t MV ha⁻¹ dois anos após o plantio. Com população de 20 mil plantas (1,0 x 0,5m), a produção foi de 240 t MV ha⁻¹ e, com 5 mil (2,0x 1,0m), de 104 t MV ha⁻¹, a cada dois anos. Em cultivo com fileiras duplas de 3,0 x 1,0 x 0,5m, consorciada com sorgo, a produção de palma foi de 100 t MV ha⁻¹ (SANTOS et al., 2006).

Dados mais expressivos de produção foram obtidos por Silva et al. (2014) no Agreste do estado de Sergipe, que avaliando a palma gigante, a redonda e a miúda em diferentes densidades (10.000, 20.000, 40.000 e 80.000 plantas por ha⁻¹), registraram a produção de massa verde de 118 a 639 t ha⁻¹, para a palma Miúda, e de 113 a 518 t ha⁻¹ para a palma Redonda e de 100 a 400 t ha⁻¹ para a palma Gigante, respectivamente, um ano após o plantio. A produção de MS mais elevada foi da palma miúda na maior densidade, alcançando 44,7 t ha⁻¹, seguida pela redonda (26,5 t ha⁻¹) e gigante (20,2 t ha⁻¹).

Embora apresente menor valor nutritivo e potencial de produção mais baixo, a palma gigante é a mais resistente à seca, sendo a mais difundida no semiárido nordestino (SILVA e SANTOS, 2006).

2.2.4. Formas de utilização

2.2.4.1. Palma fresca

Normalmente, a palma normalmente é oferecida aos animais, verde, e triturada com facas afiadas ou máquinas forrageiras, sendo então distribuída no cocho, devendo ser servida fresca, pois quente pode provocar distúrbios gastrintestinais, capazes de matar o animal. Ainda de acordo com o autor, as dietas com palma devem ser aumentadas gradualmente e integradas com outra forragem mais fibrosa, devendo a quantidade máxima a ser fornecida a um bovino adulto ficar entre de 50 e 60 quilos diários (Gomes, 1968). Já Santos et al. (2006) afirmam que a palma também pode ser fornecida diretamente no campo, na forma de filas sobre o solo e em algumas situações utilizada na forma de pastejo direto, notadamente a palma miúda ou doce. O pastejo direto, de forma empírica já é praticado em estados do Nordeste, principalmente Alagoas, há décadas (SANTOS, 2015). Já a utilização do pastejo rotacionado na palma é recente e ainda em fase experimental. Nesse sistema a palma é plantada em fileiras duplas intercaladas por corredores com 4,5m, onde se planta gramíneas de porte baixo (ALMEIDA, 2016).

2.2.4.2 Farelo de Palma

Outra forma de utilização da palma é o farelo, proveniente do processo de desidratação, que favorece o seu transporte, conservação, melhora o consumo e facilita

o balanceamento da dieta, pois a palma farelada pode ser utilizada na formulação de concentrados balanceados (BADE, 2004).

Conforme afirmou Andrade (2010), embora a palma possua valores satisfatórios de FDN (26,2 a 35,9%), quando é utilizada como único alimento ou em grande percentual da dieta, os animais apresentam fezes liquefeitas. O autor comparou dietas contendo palma *in natura* e em forma de farelo e concluiu ser possível obter desempenho satisfatório com dietas a base de palma ou farelo de palma e farelo de soja, mesmo com teores de fibras considerados baixos e fezes liquefeitas. Concluiu também não ser o teor de umidade da palma a causa das fezes liquefeitas.

Ferreira et al (2000), trabalhando com cordeiros, observaram não haver diferenças significativas na digestibilidade dos nutrientes da dieta quando foi feita a substituição de até 75% o do grão de milho moído por farelo de palma.

A substituição parcial do milho por farelo de palma vem apresentando resultados positivos na terminação de cordeiros em confinamento, pois vêm sendo constatado que o desempenho animal não é afetado pela substituição (Véras et al., 2002; Cunha, 2002).

Avaliando cinco níveis de substituição (0, 25, 50, 75 e 100%,) de raspa de mandioca por farelo de palma forrageira em dietas de ovinos terminados em confinamento, Bade, (2004) concluiu que o farelo de palma gigante é um bom substituto da raspa de mandioca, pois possibilitou um maior consumo pelos animais, para maioria dos nutrientes, possivelmente pela sua maior aceitabilidade, além de não ter alterado o desempenho dos animais e as características de carcaça.

Veras et al. (2005) avaliaram quatro níveis de substituição do milho (0; 33; 67 e 100%) pelo farelo de palma forrageira sobre o desempenho de ovinos em crescimento terminados em confinamento e observaram que o ganho de peso e a conversão alimentar diminuíram, enquanto os consumos de FDN e de FDA aumentaram linearmente com a substituição. Registraram também que os consumos de matéria seca, de proteína bruta, de matéria orgânica e de carboidratos totais e o rendimento de carcaça não foram influenciados pela substituição do milho pelo farelo de palma.

2.4.4.3. Silagem

O processo de ensilagem consiste na conversão de carboidratos solúveis em ácido lático, provocando queda no pH da massa ensilada a níveis que inibem a atividade

microbiana, preservando assim as características do material ensilado (FERRARI Jr. et al., 2009).

Para a obtenção de uma silagem de boa qualidade, Negrão e Silva (2011) recomendam que a planta forrageira, no momento da ensilagem, deve apresentar características como com alto teor de MS (no mínimo 35%), elevado teor de carboidratos solúveis (no mínimo 8-15%) e baixo poder tampão, além de proporcionar um ambiente anaeróbico com adequada compactação e vedação do silo.

Como foi visto no tópico 2.4, desta revisão de literatura, a palma apresenta um teor de MS (10%) bem abaixo dos preconizados por para a produção de uma boa silagem, no entanto, de acordo com Saag et al. (1975), quando a palma é triturada ocorre um rompimento da células do clorênquima e parênquima, liberando a mucilagem que ao envolver a massa ensilada impede a perda de efluentes, além de ocupar os espaços, expulsando o ar.

Santos et al., (2016) relatam que a palma apresenta na composição dos cladódios os ácidos orgânicos que atuam como tamponantes, promovendo redução na velocidade do abaixamento do pH. Tais ácidos são o oxálico, o málico, o cítrico, o malônico e em menor proporção os ácidos succínico e tartárico.

Outra característica da palma é sua elevada porcentagem de carboidratos solúveis, que pode chegar a mais de 86% na MS (VALADARES FILHO et al., 2006). Neste sentido Ribeiro et al. (2010), ao determinarem a composição dos carboidratos da palma gigante, registraram a presença de galactose, arabinose, glicose, frutose, xilose e sacarose, que podem ser substratos para uma fermentação ideal da massa ensilada. A combinação desses fatores torna a palma uma planta com elevada capacidade de fermentação. Tal fato pode ser ratificado pelos valores de pH das silagens de palma levantados na literatura, que ficaram entre 3,8 e 4,1, que está dentro da faixa considerada como adequada (SANTOS et al., 2016).

2.3. A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) pode ser cultivada em regiões tropicais e subtropicais de verões chuvosos; se estendendo para ambos os lados da linha do equador até aproximadamente 35° norte e sul (MOREIRA e MELLO, 1986). A exigência hídrica da cana-de-açúcar varia em função do estágio vegetativo, da

densidade radicular e da cultivar utilizada (AUDE, 1993), variando de 1500 a 2500 mm por ciclo vegetativo (DOORENBOS e KASSAM, 1979).

É uma planta perene em sua forma natural, mas em cultivo extensivo apresenta-se como semiperene (BARBOSA, 2002).

De acordo com Townsend (2000), o ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar é de doze a dezoito meses, sendo que um canavial, desde que receba os tratos culturais indispensáveis e seja bem manejado apresenta-se produtivo por cerca de quatro a seis anos. Para formação de um bom canavial, este último autor recomenda solos férteis, profundos e não sujeitos a encharcamento. Korndörferk et. al. (1999) ressaltaram, ainda, que é necessário que o solo apresente cerca de 60% de saturação por bases para proporcionar boa produtividade.

2.3.1. Composição química

Ao contrário de outras forrageiras tropicais, que geralmente apresentam redução no valor nutritivo com o avançar da idade fisiológica, a cana-de-açúcar preserva-o por períodos relativamente prolongados (LIMA e MATTOS, 1993).

A cana-de-açúcar apresenta grande quantidade de carboidratos solúveis (acima de 25% da MS), que são rapidamente fermentados no rúmen (CARMO et al., 2001).

De acordo com Oliveira et al. (2015), a cana-de-açúcar é um alimento desbalanceado, apresentando baixos teores de proteína e elevados teores de açúcar, sendo que a concentração dos açúcares varia em função da época do ano e da variedade utilizada (Tabela 5).

Tabela 5 - Composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar

Nutrientes	Composição
g kg ⁻¹ de Matéria natural	
Matéria seca	262,00
g kg ⁻¹ de Matéria seca	
Proteína bruta	1,90
Fibra insolúvel em detergente neutro	35,30
Extrato etéreo	18,00
Extratos não nitrogenados	47,70
Cinzas	20,00
Lignina	54,00

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2015).

Conforme Torres et al. (2001) as principais limitações nutricionais são o baixo teor de proteína bruta e os baixos teores de enxofre, fósforo, zinco e manganês. Diante do exposto, Anjos et al. (1995) concluíram que apesar da cana-de-açúcar apresenta elevado teor de energia e fibra, é uma forrageira carente em proteína, com teor de cinzas de médio a baixo e uma relação cálcio/fósforo desequilibrada, aspectos esses que impossibilitam o seu uso como alimento exclusivo dos animais.

2.3.2. Ensilagem de cana-de-açúcar

A ensilagem da cana-de-açúcar vem despertando interesse dos produtores rurais por facilitar o manejo, pois elimina a necessidade do corte e transporte diários, favorece a vida útil da cultura devido ao corte uniforme, além de prevenir os riscos de incêndio da massa acumulada na seca (PEDROSO et al., 2005; EVANGELISTA et al., 2009).

A elevada quantidade de carboidratos solúveis e a natural presença de leveduras, faz com que a velocidade de abaixamento do pH seja muito rápida, favorecendo o crescimento das leveduras e levando à produção de etanol, CO₂ e água (DRIEHUIS e VAN WIKSELAAR, 2000; OLIVEIRA et al., 2015), levando a elevação nas perdas da massa ensilada e queda da qualidade como alimento, pois reduz o consumo voluntário (NUSSIO et al., 2003; PEDROSO et al., 2005).

De acordo com Kung Jr. et al. (2003) do etanol ingerido pelos ruminantes, 30% são transformados em acetato no rumem os 70 % restantes não contribuem na produção de energia líquida.

2.4. Aditivos para silagem

De acordo com Wilkison e Davies, (2013), aditivos são substâncias adicionadas ao material no momento da ensilagem com a finalidade de conduzir o processo fermentativo para a produção do ácido láctico, principal responsável pelo abaixamento e manutenção do pH no patamar ideal, que seria entre 3,8 e 4,2.

Mcdonald et al. (1991) classificaram os aditivos como estimulantes da fermentação, inibidores da fermentação, inibidores da deterioração aeróbica, nutrientes e absorventes, sendo que muitos podem se enquadrar e mais de uma das categorias.

2.4.1. A ureia como aditivo

A ureia enquadra-se como um aditivo nutriente. Promove uma elevação do valor proteico, melhora na digestibilidade, além de poder alterar o perfil de fermentação, reduzindo as perdas de nutrientes (WOOLFORD, 1984). Ferreira et al, (2007) observaram um aumento de cinco pontos percentuais no teor de PB de silagens de cana-de-açúcar com adição de 0,5% de ureia na MS no momento da ensilagem, em relação à silagem de cana-de-açúcar pura. Entretanto, os autores verificaram que o tratamento com ureia promoveu um aumento de cerca de 20 pontos percentuais nos teores de nitrogênio amoniacal, além do aumento do N- NH₃, embora em menor proporção.

A utilização de ureia na silagem se deve ao fato do efeito direto na transformação da ureia em amônia. Ela reage com a água produzindo hidróxido de amônio (NH₄OH), resultando em aumento no pH, controlando o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis que se multiplicam em pH ácido, principalmente as leveduras (KUNG Jr. et al., 2003).

Pedroso (2003) observou redução de 50% nas perdas de MS em silagens de cana-de-açúcar, com adição de ureia no momento da ensilagem, em relação às silagens sem aditivos. Já de Freitas et al., (2017) utilizando quatro níveis de adição de ureia em silagem de milho (0, 2, 4 e 6% com base na matéria seca), não observaram efeito da ureia na redução das perdas nem na estabilidade aeróbia, mas a ureia foi efetiva no controle do crescimento de mofo após a exposição das silagens ao ar.

2.4.2. A quitosana como aditivo

De acordo com Goiri et al. (2009), a quitosana é um biopolímero natural proveniente da desacetilação da quitina.

Dentre as diferentes funções relatadas, Senel e McClure (2004), após extensa revisão da literatura, constataram que a quitosana apresenta atividade antimicrobiana e, por isso, vem sendo utilizada em curativos, bandagens por Médicos Veterinários. Constataram também, que esse biopolímero vem sendo utilizado pela indústria farmacêutica como agente hemostático e coadjuvante na liberação de drogas.

Segundo Mendes et al., (2016) a atividade antifúngica da quitosana apresenta-se bastante documentada na literatura. Para os autores o modelo de maior aceitação é o que

relaciona a natureza policatiônica que estabelece interação com sítios aniônicos presentes nas paredes celulares dos microrganismos.

É importante destacar o crescente interesse e avaliação do uso de quitosana na nutrição animal ao longo dos anos. Contudo, ainda são escassos trabalhos avaliando a inclusão deste aditivo na ensilagem de plantas forrageiras.

Gandra et al., (2016) avaliando silagens de cana-de-açúcar com adição de 1% de quitosana na MS total, observaram que o aditivo promoveu melhoria na eficiência do processo de fermentação, aumentando a produção de ácido lático e reduzindo as perdas por gases. No mesmo sentido Del Valle et al. (2018) avaliando o efeito da adição da quitosana (6 g kg^{-1}) na silagem de cana-de-açúcar, observaram que a inclusão de quitosana na silagem promoveu aumento na recuperação da MS e melhoria na estabilidade aeróbia da silagem.

2.4.3. O *Lactobacillus buchneri* como aditivo

O *Lactobacillus buchneri* é uma bactéria heterofermentativa, que produz 1 mol de ácido lático, 1 mol de dióxido de carbono e/ou 1 mol de etanol ou 1 mol de ácido acético (SANTOS et al., 2016). Muck (1996), já relatava que o *L. buchneri* já vinha sendo estudado como aditivo para melhoria da estabilidade aeróbia em silagens.

Weinberg et al.(1999), utilizando o *L. buchneri* em silagens de sorgo, concluíram que o aditivo promove melhoria significativa na estabilidade aeróbia e que tal fato ocorre devido à elevação nos níveis de ácido acético.

De acordo com Ranjit & Kung Jr.(2000), inoculantes contendo *L. buchneri*, que produz ácido acético em detrimento do ácido lático, têm apresentado resultados favoráveis na melhoria da estabilidade aeróbia de silagens de milho e de gramíneas de clima temperado, devido ao menor crescimento das leveduras. O mesmo foi constatado por Filya (2003), que utilizou esse aditivo em silagens de trigo, milho e sorgo. Como foi demonstrado anteriormente, um dos problemas que ocorrem no processo de ensilagem da cana-de-açúcar é a produção de etanol.

Pedroso et al (2008), utilizaram em experimento com cana-de-açúcar inoculante comercial contendo *L. buchneri* e constataram uma redução nas populações leveduras, o que levou à uma queda de 50% na produção de etanol e uma melhoria significativa da estabilidade aeróbia. Resultados similares foram obtidos por Carvalho et al. (2012) que

registraram o fato da adição de *L. buchneri* resultar em silagens com maior concentração de propionato, reduziu os níveis de etanol e reduziu a população de bactérias do gênero *Clostridium* em todas as silagens. O mesmo também foi obtido por Ávila et al. (2012), e constatado por Santos et al. (2015), que utilizaram duas cêpas diferentes de *L. Buchneri*. Já Smidth et al. (2014), além de terem observado o mesmo comportamento de resultados que os autores citados anteriormente, registraram também maior ganho de peso e melhor eficiência alimentar para novilhos alimentados com dietas contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com o *L. Buchneri* em comparação aos que receberam a silagem sem o inoculante.

Por outro lado, Freitas et al. (2006), ao inocularem silagem de cana com essa bactéria, não encontraram nenhuma melhoria nos parâmetros fermentativos nem na estabilidade aeróbia, pois o tratamento com o aditivo apresentou valores equivalentes ao controle em relação ao pH, populações de levedura e concentrações de etanol, nitrogênio amoniacal, ácido lático, acético e propiônico.

2.4.4. O farelo de soja como aditivo

O farelo de soja é um subproduto da extração do óleo do grão da soja, apresenta um teor de PB entre 44 e 48% e cerca de 88% de MS, sendo a fonte protéica mais utilizada na alimentação animal (VALADARES FILHO, 2000) se enquadra em duas categorias como aditivo, é um absorvente de umidade e um nutriente (McDONALD et al., 1991), contribuindo no processo de ensilagem com a redução da umidade e elevação do teor de proteína do produto final.

2.5. Reensilagem de forrageiras

A reensilagem é uma técnica que vem sendo utilizada em diversas situações como a venda, fusão de pequenas propriedades, transferência dos animais em lactação para outra propriedade, dificuldades regionais para a produção de silagem ligadas ao clima e ao relevo das propriedades e até pela comercialização de silagem por propriedades que se especializaram nesse setor (CHEN & WEINBERG, 2014; LIMA et al., 2017).

As áreas do Nordeste brasileiro com clima semiárido apresentam limitações ligadas à irregularidade na distribuição das chuvas, que tornam a prática da ensilagem uma atividade de risco.

A técnica da reensilagem possibilita que a silagem seja produzida em regiões próximas, com condições mais propícias, sendo depois transportada para o semiárido e novamente ensilada para utilização posterior.

Torna-se mais interessante do que o transporte das palantas forrageiras frescas e inteiras, para serem desintegradas e ensiladas após o transporte para o destino definitivo pelo fato de permitir o corte e processamento com colhedoras de forragem, que melhoram a logística do processo.

Entretanto, exposição ao ar que ocorre no processo de reensilagem pode provocar deterioração do material, pois ocorre a ativação do crescimento de microorganismos aeróbios, promovendo redução de fração energética da silagem, aumento da proporção de componentes da parede celular, implicando em redução da digestibilidade e conseqüente diminuição do valor nutricional (LIMA et al, 2017).

Ensaio utilizando técnicas para melhorar a estabilidade aeróbia das silagens, como a utilização de bactérias heterofermentativas, proporcionariam mais subsídios para respaldar a adoção dessa tecnologia nos sistemas de produção em regiões de clima semiárido.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDI, S.; BEN SALEM, H.; VASTA, V.; PRIOLO, A. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica f. inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v. 87, p. 9–16, 2009.

ANDRADE, N. O. Cana como volumoso para bovinos. In: OLIVEIRA, J. S. **Programa estadual de estímulo a produção leiteira**. Campinas: Cecorlcati, 1988. p. 1-10.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n. 6.p.711-728, 2014.

ANDRADE, S.F.J. **Palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) in natura ou farelada na dieta de borregos**. Recife, PE: Universidade Federal Rural de

Pernambuco, 2010. 38p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.

ANJOS, I. A.; ANDRADE, L. A. B.; EVANGELISTA, A. R.; MORAIS, A. R. de. Avaliação do potencial forrageiro de duas cultivares de cana-de-açúcar (cana-soca) sob diferentes doses de nitrogênio. **Ciência Prática**, v. 19, n. 3, p. 241-246, 1995.

ARAÚJO, P. R. B.; FERREIRA, M. A.; BRASIL, L. H. A.; SANTOS, D. C.; LIMA, R. M.B.; VÉRAS, A. S. C.; SANTOS, M. V. F.; BISPO, S. V.; AZEVEDO M. de. Substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1850-1857, 2004.

AUDE, M. I. S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural**, v.23, n.2, p.241-248, 1993.

ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; OLIVEIRA, D. P.; SCHWAN, R. F. 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.

BADE, P. L. **Consumo voluntario e desempenho de ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de farelo de palma em substituição à raspa de mandioca**. Salvador, BA:Universidade Federal da Bahia, 2004, 45 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal da Bahia, 2004.

BARBOSA, M.H.P. **Cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa, 2002. (Apostila).

BATISTA A.M. V.; MUSTAFA A.F.; SANTOS G.R. A.; DE CARVALHO F.F. R. B.; DUBEUX J. C.; LIRA M.A.; BARBOSA S.B.P. Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactos. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 169, n. 2, p. 123-126, 2003.

BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F.F.R; ROCHA FILHO, R.R. A palma forrageira na alimentação de ruminantes no semiárido brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES,2., 2013, Itapetinga. **Anais...**, Itapetinga: Sociedade Brasileira de Produção Animal, 2013. p. 166-196.

BATISTA, A. M. V. et al. Degradabilidade ruminal de variedades de palma forrageira. In: REUNIÃO ANUAL BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife, PE. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM.

BATISTA, A.M.V.; RIBEIRO NETO, A C.; LUCENA, R.B.; SANTOS,D.C.; DUBEUX JUNIOR, J. B.; MUSTAFA, A. F. Chemical Composition and Ruminal Degradability of Spineless Cactus Grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology Management** , v. 62, p. 297–301, 2009.

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

BEN THLIJA, A. **Nutritional value of several Opuntia species**. Corvallis, OG: Oregon State University, 1987, 95p.

BOIN, C. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: D'ARCE, R.D.; MATTOS, W.R.S. **Utilização de resíduos agroindustriais da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes**. Piracicaba: FEALQ, 1985. p. 19-51.

BRITO, L. T. L.; MOURA, M.S.B; GAMA, G.F.B. **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007. 181 p.

CARMO, C. A.; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; ZEOLA, N.M.B.L. Degradabilidade da matéria seca e fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar (*saccharum spp*) com diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 2126-2133, 2001.

CARVALHO, B.F., ÁVILLA, C.L.S., PINTO, J.C., PEREIRA, M.N., SCHWAN, R.F. Effects of propionic acid and *Lactobacillus buchneri* (UFLA SIL 72) addition on fermentative and microbiological characteristics of sugar cane silage treat with and without calcium oxide. **Grass Forage Science**, v. 67, p. 463–471, 2012.

CAVALCANTI, M. C.A.; BATISTA, Â. M. V.; GUIM, A.; LIRA, M. A.; RIBEIRO, V. L. RIBEIRO NETO, A. C. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica Mill*) e palma orelha-de-elefante (*Opuntia sp.*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n. 2, p.173-179, 2008.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.. Plantas nativas da caatinga utilizadas pelos pequenos agricultores para alimentação dos animais na seca. In: III Congresso Nordeste de Produção Animal, 3., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, PB: Sociedade Nordeste de Produção Animal, 2004.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Consumo de xique-xique (*Pilocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl) por caprinos no semi-árido da Bahia. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 1, p. 22-27, 2007.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Consumo do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) por caprinos na época da seca no semiárido de Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 4, p.402-408,2006.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento do mandacaru sem espinhos (*Cereus hildemannianus* K. Schum). **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, p.255-260, 2006.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Plantas nativas da caatinga utilizadas pelos pequenos agricultores para alimentação dos animais na seca. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL3., 2004, Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande, PB: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2004, p.1-4.

CHEN, Y.; WEINBERG, Z.G. The effect of relocation of whole-crop wheat and corn silages on their quality. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 406–410. 2014.

COELHO DA SILVA, J.F. Exigências de macroelementos inorgânicos para bovinos: o sistema ARC/AFRC e a experiência no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.467-503.

COSTA, R. G.; TREVIÑO, I. H.; DE MEDEIROS, G. R.; MEDEIROS, A. N.; PINTO, T. F.; OLIVEIRA, R. L. Effects of replacing corn with cactus pear on the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v.102, n.1, p.13-17, 2012.

COSTA, R.G.; BELTRÃO FILHO, E.M.; MEDEIROS, A.N.; GIVISIEZ, P.E.N.; QUEIROGA, R.C.R.; MELO, A.A. S. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. **Small Ruminant Research**, v.82, n.1, p.62-65, 2009.

CUNHA, M.G.G. Efeito de diferentes níveis de farelo de palma forrageira na alimentação de ovinos In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2002, Recife, PE. **Anais...** Recife, PE: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM.

DEL VALLE, T. A.; ZENATTI, T. F.; ANTONIO, G.; CAMPANA, M.; GANDRA, J. R.; ZILIO, E. M. C.; MATTOS, L. F. A.; MORAIS, J. G. P. Effect of chitosan on the preservation quality of sugarcane silage. **Grass and Forage Science**, v. 0, p.1-9, 2018.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water. Irrigation and Drainage**. Roma, Itália: FAO, 1979. 33 p.

DRIEHUIS, F.; WIKSELAAR, P.G. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high-dry-matter grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.711-718, 2000.

DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p. 129-135, 2010.

EVANGELISTA, A.R.; SIQUEIRA G. R.; LIMA, LOPES J. A.; REZENDE, A. V. 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.

FARIAS, I.;LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; TAVARES FILHO, J.J.;SANTOS, M.V.F.; FERNANDES, A.P. M.; SANTOS, V.F. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2,p. 341-347, 2000.

FARIAS, I. ; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; FERNANDES, A.P.M.; FRANÇA, M.P. O consórcio de Sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) com a palma forrageira (*Opuntia ficus – indica* Mill). **Caderno Ômega: Serie agrônômica**, v. 2, p. 131-135, 1986.

FERRARI, J. R. E.; PAULINO, V. T.; POSSENTI, R.A.; LUCENAS, T.L. Aditivos em silagem de capim elefante paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. paraíso). **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 185–194, 2009.

FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C.; MOLINA, L.R.; CASTRO NETO, A.G.; TOMICH, T.R. Características de fermentação da silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia, zeólita, inoculante bacteriano e inoculante bacteriano/enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.2, p.423-433, 2007.

FERREIRA, M. A.; VERAS, R. M. L.; CARVALHO, F. F. R. Substituição parcial do milho moído pelo farelo de palma, como fonte de energia para ruminantes: consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2., 2000, Teresina. **Anais...**Teresina:Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2000. p. 340-342.

FERREIRA, M.A.; PESSOA, R. A. S.; SILVA, F. M. Produção e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes. In: Congresso Brasileiro de Nutrição Animal, Fortaleza,1., 2008, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza, CE: Congresso Brasileiro de Nutrição Animal, 2008.

FERREIRA, M.A.; SILVA, F.M.; BISPO, S.V.; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**,v. 38, p. 322-329, 2009.

FILYA, I. The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. **Journal of Applied Microbiology**, v.95, n.5, p.1080-1086, 2003.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F. P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.38-47, 2006.

FREITAS, P. M. D.; CARVALHO, G. G. P.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L., OLIVEIRA, J. S. D.; PIRES, A. J. V.; MARANHÃO, C. M. A.; RODRIGUES, T. C. G. C.; PINTO, L. F. B. Qualitative parameters of pearl millet silage ammoniated with urea, at different compaction densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.8, p.679-689, 2017.

GANDRA, J.R.; OLIVEIRA, E.R.; TAKIYAC, C.S.; GOES, R.H.T.B.; PAIVA, P.G.; OLIVEIRA, K.M.P.; GANDRA, E.R.S.; ORBACHA, N.D.; HARAKIA H.M.C. Chitosan improves the chemical composition, microbiological quality, and aerobic stability of sugarcane silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 214, n. 1, p. 44-52, 2016.

GOIRI, I.; OREGUI, L. M.; GARCIA-RODRIGUEZ, A. Use of chitosans to modulate ruminal fermentation of a 50:50 forage-to-concentrate diet in sheep. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 2, p. 749-755, 2010.

GOMES, P. **Forragens fartas na seca**. São Paulo: Nobel, 1968. 99 p.

GOVEIA, J. S.S.; OLIVEIRA, V.S.; SANTOS, G.R.A.; MELO, K.D.A, OLIVEIRA, A.G.O; MELO, M.V. A. Partial replacement of corn by forage cactus in the diets of lactating goats. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 969-976, 2016.

HAN, H.; FELKER, P. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. **Journal of Arid Environments** v. 36, p. 133–148, 2007.

KORNDÖRFER, G.H.; RIBEIRO, A. C.; ANDRADE, L.A. B. Cana-de-açúcar. In: GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 285-288.

KUNG Jr., L.; TAYLOR, C. C.; LYNCH, M. P., NEYLON, J. M. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n.1, p. 336-343, 2003.

LIMA, C. D. S.; GOMES, H. S.; DETONI, C. E. Adição de ureia e da levedura *Saccharomyces cerevisiae* no enriquecimento protéico da palma forrageira (*Opuntia fícus indica* L.) cv. miúda. **Magistra**, v.16, n.1, p.01-08, 2004.

LIMA, E. M.; GONÇÁLVES, L.C.; KELLER, K. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F.P. C.; MICHEL, P.H. E.F.; RAPOSO, V. S., JAIME, D.G. Re-ensiling and

its effects on chemical composition, in vitro digestibility, and quality of corn silage after different lengths of exposure to air. **Canadian Journal of Animal Science**, v.97, n.2, p. 250-257, 2017.

LIMA, M.L.M.; MATTOS, W.R.S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5, 1993, Piracicaba. **Anais ...Piracicaba: FEALQ**, 1993, p. 77-105.

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

MENDES, L. D.; BRESOLIN, J. D.; ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Avaliação in vitro da ação da quitosana e de seu derivado quaternizado na inibição do crescimento do fungo *Penicillium expansum*. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10, n. 1, p. 116-128, 2016.

MERTENS, D.R. Creating a system for metting the fiber requeriments of dairy science. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p.1463-1481, 1997.

MONJE, P. V.; BARAM, E. J. Characterization of Calcium Oxalates Generated as Biominerals in Cacti. **Plant Physiology**, v. 128, p. 707-713, 2002.

MONJE, P. V.; BARAM, E. J. Evidence of formation of glushinski as a biomineral in a cactaceae species. **Phytochemistry**, v.66, p.611-614, 2005.

MOREIRA, H.A.; MELLO, R. P. **Cana-de-açúcar + ureia: novas perspectivas para alimentação de bovinos na época da seca**. Coronel Pacheco: EMBRAPA/CNPGL, 1986. 18p.

MUCK, R.E. A lactic acid bacteria strain to improve aerobic stability of silages. In: U. S. Dairy Forage Research Center, 1996, Madison, WI. **Proceedings...** Madison, WI: Research Summaries, 1996, p. 42-43.

NEGRÃO, F.M.; SILVA, E.A. Co-produtos na silagem de gramíneas tropicais. **FAZU em revista**, n. 8, p. 163-171, 2011.

NOGUEIRA, M. S. **Perfil fermentativo e composição química de silagens de palma forrageira aditivadas com ureia e farelo de trigo**. Areia, PB: Universidade Federal da Paraíba, 2015. 51p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, 2015.

NUSSIO, L.G.; SCHIMDT, P.; PEDROSO, A.F. Silagem de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA – SUSTENTABILIDADE, 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. p.49-74.

OLIVEIRA, A.C.; GARCIA, R.;PIRES, A.J.V.; OLIVEIRA, H.C.;ALMEIDA, V.V.S.; SILVA, R.R.; NASCIMENTO FILHO, C. S.; ABREU FILHO, G. Chemical composition and fermentation characteristics of sugar cane silage enriched with detoxified castor bean meal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.1, p.181-188, 2015.

OLIVEIRA, M.D.S.; CASAGRANDE, A. A.; OLIVEIRA, E.F.S. Efeito da digestibilidade "in vitro" de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. **Arquivos de Veterinária**, v. 17, n. 3, p. 238-243, 2001.

ØRSKOV, E.R. New concepts of feed evaluation for ruminants with emphasis on roughages and feed intake. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, v.13, p.128-136, 2000.

PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; LOURES, D. R. S.; PAZIANI, S. F.; RIBEIRO, J. L.; MARI, L. J.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; MATTOS, W. R. S.; HORII, J. Fermentation, losses, and aerobic stability of sugarcane silages treated with chemical or bacterial additives. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 589-594, 2008.

PEDROSO, A.D.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.D.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v.62, p.427-432, 2005.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo, 2003. 120 p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2003.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v.62, p.427-432, 2005.

PEIXOTO, A. M. A.Cana-de-açúcar como recurso forrageiro. In: MOURA, J. C.; FARIA, V. P.**Pastagens: fundamentos da exploração racional**. 2ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 597-633.

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, n. 3,p.526-535, 2000.

RIBEIRO, E.M. O.; SILVA, N. H.; LIMA FILHO, J. L.; BRITO, J. Z.; SILVA, M. P.C. 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.

RODRIGUES, A. A.; BARBOSA, P.F. Efeito do teor proteico do concentrado no consumo de cana-de-açúcar com ureia e ganho de peso de novilhas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p. 421-424,1999.

RODRIGUES, M.T. Uso de fibras em dietas de ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.141-169.

SAAG, L.M.K.; SANDERSON, G.R.; MOYNA, P.; RAMOS, G. Cactacea mucilage composition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.26, n. 7, p. 993-1000, 1975.

SANTOS, D. C. **Estimativa de parâmetros genéticos em caracteres de clones da palma forrageira – *Opuntia ficus-indica* Mill. e *Nopalea cochenillifera* SlamDyck.** Recife, PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1992, 119 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1992.

SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J. Colheita da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) cv.Gigante sobre o desempenho de vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.1, p.33-39, 1998.

SANTOS, D.C.;FARIAS, I; LIRA, M.A.; DIAS, F.M.; SANTOS, M.V.F.; FERRAZ, I. Produtividade de clones de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Caruaru – PE. In: CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 10., 2005, Campo grande. **Anais...**Campo Grande, MS: Sociedade brasileira de Zootecnia,2005.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; ARRUDA, G.P.; COELHO, R.S.B.; DIAS, F.M.; MELO, J.N. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco.**Recife, PE: IPA, 2006. 33p.

SANTOS, E.M; PARENTE, H.N.; OLIVEIRA, J. S. **Ensilagem de plantas forrageiras para o semiárido.** São Luís, MA:EDUFMA, 2016.317p.

SANTOS, M.V.F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I.; BURITY, H.A.; TAVARES FILHO, J. J. Efeito do período de armazenamento pós-colheita sobre o teor de matéria seca e composição química das palmas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n.6, p. 777-783, 1992.

SANTOS, W. C. C.; NASCIMENTO, W. G.; MAGALHÃES, A.L. R.; SILVA, D.K.A.; SILVA, W.J.C.S.; SANTANA, A.V.S.; SOARES, G.S.C. Nutritive value, total losses of dry matter and aerobic stability of the silage from three varieties of sugarcane treated with comercial microbial additives. **Animal Feed Science Technology**, v. 204, p.1-8, 2015.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; QUEIROZ, O.C. M.; SANTOS, M.C.; ZOPOLLATTO, M.; TOLEDO FILHO, S. G.; DANIEL, J.L.P. Effects of *Lactobacillus buchneri* on the

nutritive value of sugarcane silage for finishing beef bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, n.1, p.8-13, 2014.

SENEL, S.; MCLURE, S. J. Potential applications of chitosan in veterinary medicine. **Advanced Drug Delivery Review**, v. 56, p. 1467-1480, 2004.

SILVA, C.C.F.; SANTOS, A. L.C. Palma forrageira (*Ountia fícus – Indica Mill*) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS P. A. A.; MUNIZ, E. N.; MUNIZ E. N., RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v.44, n.11, p. 2064-2071, 2014.

SILVA, S.; NETO, J.D.; TEODORO, I.; SOUZA, J.L.; LYRA, G. B.; SANTOS, M. A. L. Demanda hídrica da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento nos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.9, p.849-856, 2015.

SUASSUNA, P. O Projeto Palma no trópico brasileiro. In: SEMINÁRIO DE TROPICOLOGIA, 411., 2004, Recife. **Anais...Recife**, PE: Seminário de Tropicologia, 2004.

TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K. J. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. **Small Ruminant Research**, v.2, n.2, p. 157–164, 2007.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M. A. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica Mill.*) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.52-60, 2002.

TORRES, L.C.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A.; VILELA, M. S.; GUIMARÃES, A.V.; SILVA, E.C. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2264-2269, 2009.

TORRES, R. A.; COSTA, J.L.; RESENDE, H. Utilização da mistura cana-de-açúcar com ureia na alimentação de bovinos leiteiros. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 211, p.69-76, 2001.

TOSTO, M. S. L.; ARAÚJO, G. G. L; OLIVEIRA, R. L; BAGALDO, A. R.; DANTAS, F. R.; MENEZES, D. R.; CHAGAS, E. C. O. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de

vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.3, p. 239-249, 2007.

TOSTO, M.S. L.; ARAÚJO, G. G. L; OLIVEIRA, R. L.; JAEGER, S. M. P. L.; MENEZES, D. R.; DANTAS, F.R. Utilização de ureia no resíduo desidratado de vitivinícola associado à palma forrageira na alimentação de caprinos: consumo e digestibilidade de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1890-1896, 2008.

TOWNSEND, C.R. **Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia.** Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Rt_21_000fxg56wa802wyiv80soht9hc805wja.pdf> Acesso em: 22 de março de 2018.

VALADARES FILHO, S. C. Nutrição, Avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.267-337.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D. S.; CHIZZOTTI, M.L. et al. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: VALADARES FILHO, S.C., PAULINO, P.V.R, MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte.** 1 ed. Viçosa, MG: Suprema Gráfica, 2006, 142p.

VAN SOEST, J. P. Intake. In: **Nutritional ecology of the ruminant.** 2 ed. Cornell, USA: Comstock publishing associates, 1994, 476p.

VELOSO, C.M.; RODRIGUEZ, N. M; SAMPAIO I.B. M.; GONÇALVES, L.C.; MOURÃO, G. B. pH e Amônia Ruminais, Relação Folhas:Hastes e degradabilidade Ruminal da Fibra de Forrageiras Tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p. 871-879, 2000.

VERAS, R.M.L.; FERREIRA, M.A.; CARVALHO, F.F.R.; VÉRAS, A.S.C. Farelo de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição ao milho: digestibilidade aparente de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.3, p. 1302-1306, 2002.

VÉRAS, R.M.L; FERREIRA, M.A; CAVALCANTI, C. V. A.; VÉRAS, A.S.C; CARVALHO, F.F.R.; SANTOS, R.A.; SOUZA, K.S.; MAIOR JÚNIOR, R.J.S. Substituição do Milho por Farelo de Palma Forrageira em Dietas de Ovinos em Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.249-256, 2005.

VIEIRA, E. L.; BATISTA, A. M. V.; MUSTAFA, A. F.; ARAÚJO, R. F. S.; SOARES, P. C.; ORTOLANE, E. L.; MORI, C. K. Effects of feeding high levels of cactus

(*Opuntia ficus-indica Mill*) cladodes on urinary output and electrolyte excretion in goats. **Livestock Science**, v.114, p.354-357, 2008.

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B.; VÉRAS, A. S. C.; FARIAS, I.; LIMA L. E.; DIAS, A. M. A. Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica Mill*) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) na Alimentação de Vacas Leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.

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

WEINBERG, Z.G; SZAKA, C.S.; ASHBELL, G.; HEN, Y. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *L. plantarum*, applied at ensiling, on the ensiling fermentation and aerobic stability of wheat and sorghum silages. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v.23, n. 3, p. 218–222, 1999.

WILKINSON, J.M.; DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, v. 68, p.1–19, 2013.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

CAPÍTULO 1

Diferentes aditivos e farelo de soja na ensilagem de palma forrageira

(Opuntia ficus-indica Mill.)

Diferentes aditivos e farelo de soja na ensilagem de palma forrageira (*Opuntia fícus-indica* Mill.)

RESUMO

Objetivou-se com este ensaio avaliar os efeitos da adição de dois níveis de farelo de soja, associados ou não a aditivos químicos (ureia e quitosana) sobre o perfil fermentativo, composição bromatológica e perdas fermentativas em silagens de palma forrageira (*Opuntia fícus indica*). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com três repetições, em esquema fatorial 3×3×5, correspondendo a níveis de farelo de soja (FS: 0, 15 e 30% base da matéria natural; aditivos químicos: AS-sem aditivo químico, U- com ureia, QUI- com quitosana), e aos 5 períodos de fermentação (3, 10, 45, 90 e 180 dias). Todo o material foi ensilado em baldes plásticos com válvulas de busem. A adição de farelo de soja no nível de 30% da matéria natural influencia positivamente o padrão fermentativo, da silagem de palma forrageira armazenada por 180 dias, e a composição química, além de redizer as perdas fermentativas. A quitosana associada ao farelo de soja reduz as perdas fermentativas da silagem de palma forrageira armazenada por 180 dias. A adição de ureia, no nível de 2% da matéria seca, influencia negativamente o padrão fermentativo, independente da associação ao farelo de soja. Entretanto quando associada ao farelo de soja, no nível de adição de 15% da matéria natural, promove redução nas perdas fermentativas das silagens de palma armazenadas por 180 dias.

Palavras-chave: Conservação, Estabilidade aeróbia, Quitosana, Ureia.

Different additives and soybean meal in forage palm silage (*Opuntia ficus-indica* Mill.)

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of adding two levels of soybean meal, associated or not to chemical additives (urea and chitosan) on the fermentation profile, bromatological composition and fermentative losses in forage palm silage (*Opuntia ficus indica*). It was used a completely randomized design with three replicates, in factorial scheme $3 \times 3 \times 5$, corresponding to levels of soybean meal (FS: 0, 15 and 30% of natural matter, chemical additives: AS- U- with urea, QUI- with chitosan), and the 5 fermentation periods (3, 10, 45, 90 and 180 days). All material was ensiled in plastic buckets with busem valves. The addition of soybean meal to the level of 30% of the natural matter positively influences the fermentative pattern, forage palm silage stored for 180 days, and the chemical composition, in addition to reducing fermentative losses. The chitosan associated with soybean meal reduces fermentative losses of forage palm silage stored for 180 days. The addition of urea, in the level of 2% of the dry matter, negatively influences the fermentative pattern, independent of the association with soybean meal. However, when associated with soybean meal, at the addition level of 15% of natural matter, it promotes a reduction in the fermentative losses of palm silages stored for 180 days.

Key words: Conservation, Aerobic stability, Chitosan, Urea.

1. INTRODUÇÃO

A palma forrageira apresenta um nível de eficiência de uso da água de 162 kg de água kg^{-1} de matéria seca, sendo superior a qualquer planta C3 ou C4 (HAN & FELKER, 1997), aliado a esse aspecto, apresenta na sua composição química uma elevada concentração de carboidratos solúveis e água, porém, possui baixo teor em proteínas (TOSTO et al., 2007; TORRES et al., 2009). Sua produção pode chegar a 518 t ha^{-1} (SILVA et al., 2014), o que a credencia como uma alternativa estratégica para suplementação de ruminantes no período seco do semiárido do Nordeste do Brasil.

De acordo com Santos et al. (1998), as raquetes devem ser colhidas diariamente e fornecidas aos animais nos cochos o que, pelo seu elevado conteúdo em água, dificulta o transporte e eleva o custo de produção.

A secagem da palma para a confecção do farelo seria uma técnica que facilitaria o transporte e distribuição, no entanto, a sua confecção é de custo elevado e laboriosa, pois demanda tempo e local apropriado para a secagem (BARROSO et al., 2006, ARAUJO et al., 2009).

Assim a ensilagem de palma surge como alternativa para potencializar o seu uso na alimentação de ruminantes. Estudos com silagem de palma forrageira apontam resultados promissores (ÇÜREK & ÖZEN, 2001; MCITEKA, 2008, GUSHA et al., 2013; NOGUEIRA, 2015), porém, a utilização de aditivos e as transformações ocorridas durante o processo fermentativo, bem como as alterações após a exposição da silagem de palma ao ar ainda demandam estudos.

Diante do exposto, hipotetizamos que adição de farelo de soja na ensilagem da palma gigante melhora o perfil fermentativo e a adição de ureia ou quitosana melhoram a estabilidade aeróbia. Neste sentido, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a composição química das silagens de palma forrageira tratadas com ureia e quitosana, com níveis de farelo de soja, além de avaliar o efeito dos tratamentos sobre o perfil fermentativo e perdas na ensilagem de palma.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição do local

O cultivo da palma forrageira variedade gigante (*Opuntia ficus indica*) foi realizado na Fazenda Muricy, localizada no município de São Gonçalo dos Campos-BA, no Brasil, nas coordenadas 12°23'49.5 "S e 38°52'43.5" W, com uma altitude de 234 metros. Com base na classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é tipo As (clima tropical "A", com temperaturas médias acima de 18°C e "s", a estação seca ocorre durante o tempo do sol mais alto e dias mais longos), com média precipitação anual de 900 a 1200 mm por ano, classificado como semiárido (Alvares et al., 2014).

2.2. Delineamento experimental e ensilagem

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com três repetições, em esquema fatorial 3×3×5, correspondendo a níveis de farelo de soja (FS: 0, 15 e 30% base da matéria natural (MN), aditivos químicos (AS, sem aditivo químico; U: com ureia, QUI: com quitosana), e aos 5 períodos de fermentação (3, 10, 45, 90 e 180 dias). Para a aplicação de ureia e quitosana, empregou-se a proporção de 2% (base da MS) e 1% (base da MN), respectivamente. A quitosana utilizada para o experimento apresentou taxa de desacetilação de 86,3%, com os seguintes atributos técnicos: 0,33 mg / mL densidade aparente; pH 7,9; viscosidade <200 cPs; 1,4% de cinzas e 88,3% de MS (Polymar Indústria, Comércio Importação e Exportação Ltda., Fortaleza, CE, Brasil).

A colheita foi realizada dois anos após o plantio. O material foi processado em máquina forrageira estacionária (LABOREMUS, modelo MC1001R, Campina Grande PB, Brasil) específica para triturar palma forrageira.

A ensilagem foi realizada de acordo com a ordem das repetições, em que todos silos experimentais, com os respectivos tratamentos, foram confeccionados ao mesmo momento em cada repetição. Para os primeiros quatro períodos de fermentação foram adicionados aproximadamente 500 g de forragem em três *bags* (25,4 cm x 35,56 cm (Doug Care Equipament, Springville, CA) e 10 kg de forragem em quatro baldes de 15 L com válvula de Bunsen (densidade média 700 kg/m³ de MS). A quinta repetição foi confeccionada em baldes plásticos apenas para a abertura com 180 dias. Os *bags* foram

submetidos à vácuo, selados com uma seladora a vácuo (Oster, modelo V2240, Miami, FL, Estados Unidos da América.) e abertos após 3, 10, 45 e 90 dias da ensilagem. Os baldes com quatro repetições foram utilizados apenas para a abertura de 180 dias para mensurar as perdas de MS e devido à necessidade de maior quantidade de silagem para a avaliação da estabilidade aeróbia e da composição química. No momento da abertura foram coletadas amostras de aproximadamente 300 gramas de matéria natural para as análises laboratoriais.

2.3. Perfil fermentativo (pH e ácidos orgânicos)

O pH nas amostras de silagem foi determinado em duplicata e medido com potenciômetro digital portátil de acordo com a metodologia descrita por Bolsen et al. (1992). Amostras da palma fresca foram também submetidas às mesmas análises, além de usadas para a determinação da capacidade tampão (CT) segundo a técnica de Playne & McDonald (1966).

A determinação dos ácidos orgânicos e ácido lático foi realizada na Universidade Federal de Viçosa (UFV) conforme a metodologia descrita por Muck e Dickerson (1988) através de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), utilizando uma coluna Aminex® HPX-87H (30 cm x 4.5 mm, Bio-Rad Laboratories Ltd), em um cromatógrafo Thermo. Foram injetados 20 µL de cada amostra sendo os ácidos detectados utilizando como fase móvel água em 0.05 mmol.L⁻¹ de ácido sulfúrico (H₂SO₄) com fluxo na coluna de 0,8 mL/minuto, sobre uma pressão de 87 kgf. Os compostos foram monitorados com auxílio de detector UV (modelo SPD10A VP), regulado em comprimento de onda (λ) de 210 nm.

2.4. Composição químico-bromatológica, capacidade tampão, amônia e carboidratos solúveis.

As amostras antes da ensilagem e na abertura aos 180 dias de fermentação foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas.

A determinação do teor de nitrogênio amoniacal foi realizada através da colorimetria, utilizando-se o extrato aquoso da silagem para a sua determinação, conforme com base na metodologia descrita por Chaney e Marbach (1962), adaptadas

para amostras de silagem. Para a determinação da quantidade de carboidratos solúveis da silagem foi procedida a técnica descrita por Dubois et al. (1956).

Tabela 1- Composição química e capacidade tampão da palma forrageira e do farelo de soja, antes da ensilagem

Item	Palma forrageira	Farelo de soja
g kg ⁻¹ de Matéria natural		
Matéria seca	123,0	886,2
g kg ⁻¹ de Matéria seca		
Matéria mineral	162,1	63,1
Proteína bruta	63,9	479,0
Estrato etéreo	12,1	16,2
Fibra em detergente neutro	333,1	140,6
Carboidratos não fibrosos	438,0	295,7
Carboidratos solúveis	100,0	116,8
Capacidade tampão (MgOH/100gMS)	29,4	21,1

Após a secagem foram trituradas em moinhos de faca tipo *Willey* com peneira de 1 mm. Esse material foi posteriormente utilizado para a determinação dos teores de matéria seca (Método, 934.01), matéria orgânica (Método 924.05), proteína bruta (Método, 920.87), extrato etéreo (EE – Método 920.39) conforme as metodologias descritas na AOAC (1990). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com a técnica descrita por Van Soest et al.(1991)

Para determinação dos carboidratos-não-fibrosos segundo a equação proposta por Mertens (1997):

$$\text{CNF} = 100 - \text{MM} - \text{PB} - \text{EE} - \text{FDN}$$

2.5. Perdas fermentativas e de efluentes

No final do período de fermentação (180 dias), procedeu-se a pesagem individual de cada um dos baldes ainda fechados. Posteriormente a abertura e após a retirada de todo o conteúdoo peso foi novamente mensurado, para determinação das perdas por efluentes, assim como para se estimar a recuperação da matéria seca durante a ensilagem, sendo utilizadas as equações descritas por Zanine et al. (2010).

Para perdas por efluentes:

$$E = [(PV_f - T_b) - (PV_i - T_b)]/MF_i \times 100$$

Onde:

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

PV_i = Peso do balde vazio + peso da areia na vedação;

PV_f = Peso do balde vazio + peso da areia na abertura;

T_b = Peso do balde vazio (kg);

MF_i = Massa de forragem na vedação

A estimativa de recuperação de matéria seca foi calculada de acordo com a equação proposta por Zanine et al. (2010):

$$RMS = (MF_a \times MS_a)/(MF_f \times MS_f) \times 100$$

Onde:

RMS = Taxa de recuperação de matéria seca (%)

MF_a = Massa de forragem na abertura do silo (kg)

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

MF_f = Massa de forragem na vedação do silo (kg)

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

A perda de matéria seca foi calculada da seguinte forma;

$$PMS = 100 - RMS$$

2.6. Estabilidade aeróbica

Do material com 180 dias de fermentação, aproximadamente 2 kg de silagem foram colocados em baldes, sendo a temperatura registrada em triplicata em intervalos de uma hora, durante 96 horas (temperatura ambiente de 25°C). A estabilidade aeróbica foi calculada levando-se em consideração o tempo gasto, em horas, para a massa da forragem elevar em 2°C a temperatura acima da temperatura ambiente (Taylor & Kung Jr., 2002).

2.7. Análises estatísticas

Para as variáveis MS, pH, ácidos láctico, acético, propiônico e butírico, as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se do procedimento GLIMMIX (SAS 9.4) segundo um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, em esquema fatorial 3×3×5, considerando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + F_j + D_k + AF_{ij} + FD_{jk} + AD_{ik} + AFD_{ijk} + \delta_{(ij)l} + \varepsilon_{(ijk)l}$$

Onde: Y_{ijkl} é o valor observado na repetição “l” no nível de aditivo “i”, nível de farelo de soja “j” e nível de dia “k”; μ é a média geral; A_i , F_j e D_k são os efeitos fixos de aditivo, nível de farelo de soja e dia de abertura (medida repetida), respectivamente, bem como suas possíveis interações; $\delta_{(jk)l}$ é o erro aleatório entre unidades experimentais (subjects) e $\varepsilon_{(ijk)l}$ é o erro geral aleatório. Foi utilizado um modelo com variâncias heterogêneas entre os níveis de tempo e aditivo, selecionado segundo teste qui-quadrado da razão de máxima verossimilhança (Stroup et al., 2012). Em caso de significância de interações, as médias de níveis de aditivo foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer pela opção SLICEDIFF do LSMEANS *statement* ($\alpha = 0,05$).

As variáveis de composição química, perdas e estabilidade aeróbica, submetidas à análise de variância (PROC GLM – SAS 9.1) segundo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×3, considerando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + F_j + AF_{ij} + \varepsilon_{(ij)k}$$

Onde: Y_{ijk} é o valor observado na repetição “k” no nível de aditivo “i” e nível de farelo de soja “j”; μ é a média geral; A_i e F_j são os efeitos fixos de aditivo e nível de farelo de soja respectivamente, bem como suas possíveis interações e $\varepsilon_{(ij)k}$ é o erro geral aleatório. Em caso de significância de interações, as médias de níveis de aditivo foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer pela opção SLICEDIFF do LSMEANS *statement* ($\alpha = 0,05$).

3. RESULTADOS

3.1. Perfil fermentativo

Observou-se efeito de interação para os teores de ácidos láctico, acético, butírico e propiônico; relação ácido láctico/acético e ao pH das silagens em relação ao uso de aditivos químicos, farelo de soja e ao tempo de armazenamento (Tabela 2).

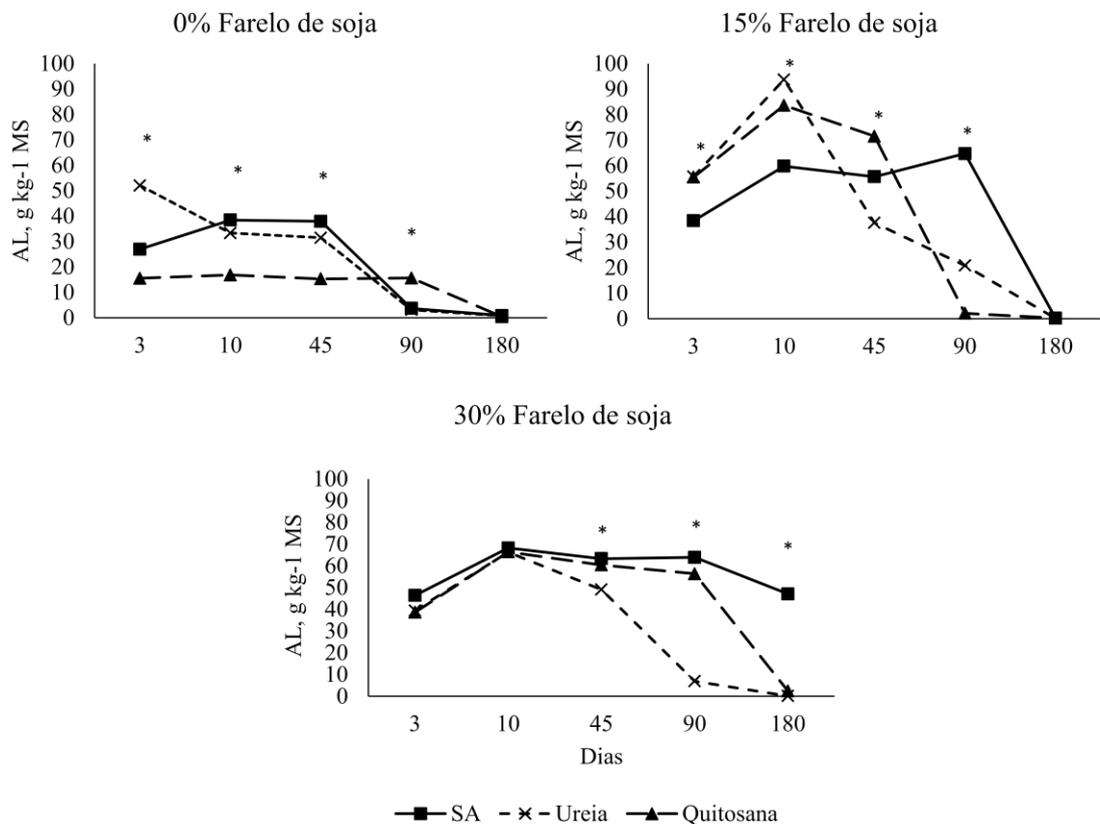
Tabela 2 - Valores médios dos teores de ácidos orgânicos e pH em silagens de palma sem aditivo, com 2% de ureia na MS ou 1% de quitosana na MN associados à diferentes níveis de inclusão de farelo de soja avaliadas em diferentes períodos de abertura

Variável	Aditivo			FS (%)			Tempo (Dias)					CV	Valor – P						
	SA	U	Q	0	15	30	3	10	45	90	180		A	F	T	A x F	A x T	F x T	A x F x T
AL ¹	35,0	24,3	25,3	15,1	33,1	38,8	39,6	56,6	44,9	19,9	2,0	4,9	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
AA ¹	10,6	15,4	11,9	12,1	15,9	9,8	4,8	7,2	9,8	17,4	30,3	4,3	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
AL/AA ¹	5,5	2,9	3,5	2,3	4,3	5,4	8,4	8,0	5,5	2,3	0,1	7,0	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
AB ¹	9,6	12,3	9,4	11,7	11,9	8,1	3,0	4,5	6,7	8,1	46,7	4,9	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
AP ¹	1,5	2,4	1,8	2,5	2,4	1,0	8,3	0,3	0,7	1,9	12,1	3,0	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
pH	4,5	4,9	4,5	4,7	4,6	4,6	4,5	4,4	4,5	4,8	5,0	1,3	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹g kg⁻¹, FS = Farelo de soja, AL = ácido láctico; AC = ácido acético; AB = ácido butírico; AP = ácido propiônico; AL:AA = relação ácido láctico/ ácido acético; SA = sem aditivo; U = inclusão de 2% de ureia na MS; Q= inclusão de 1% de quitosana na MN; CV = Coeficiente de variação (%); A = efeito do aditivo; F = efeito do farelo de soja; T = efeito do tempo. ¹Nível de significância de 5% de probabilidade.

Nas silagens sem aditivos ou farelo o teor de ácido lático foi de 27 g kg^{-1} e aumentou até o décimo dia de armazenamento, permaneceu estável até o dia 45 e em seguida decresceu até os 180 dias, com valor de $0,43 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 1). Já quando se utilizou a uréia os níveis mais elevados ocorreram no dia três (52 g kg^{-1}) declinando até o dia 180, quando chegaram a $0,43 \text{ g kg}^{-1}$. Com a utilização da quitosana os valores partiram de $15,55 \text{ g kg}^{-1}$ no dia três, mantendo-se estáveis até o dia 90, quando decresceram até $0,43 \text{ g kg}^{-1}$ aos 180 dias de armazenamento.

Figura 1 - Efeito da interação entre o uso de aditivos, farelo de soja (0, 15 e 30% de inclusão na matéria natural) eo tempo de armazenamento sobre os níveis de ácido lático



AL = Ácido lático, SA = Sem aditivo; Ureia = inclusão de 2% de ureia na MS; Quitosana= inclusão de 1% de quitosana na MN. *P<0,05.

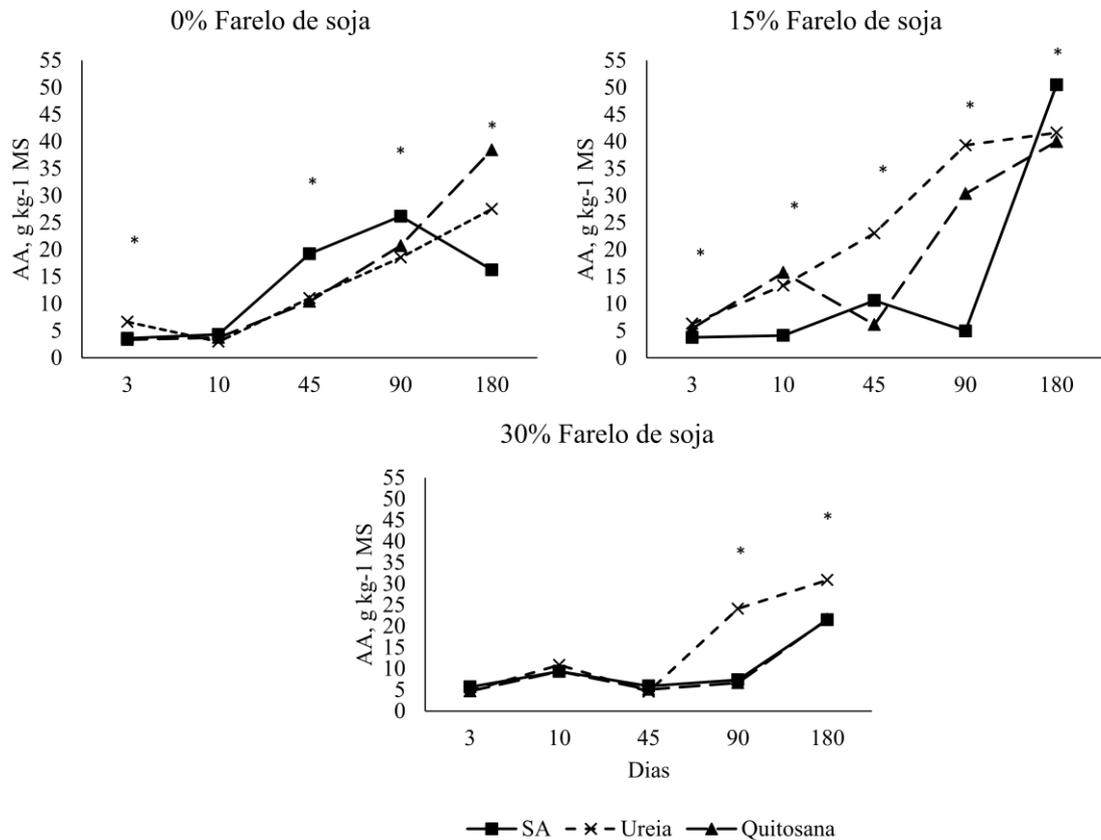
Nas silagens com adição de 15% de farelo de soja na MN, sem aditivos químicos, os níveis de ácido lático apresentaram valor inicial de $38,39 \text{ g kg}^{-1}$, subiram para $59,79 \text{ g kg}^{-1}$ no dia 10, reduziram até o dia 45 ($55,66 \text{ g kg}^{-1}$), e aumentou novamente até o dia 90 ($64,70 \text{ g kg}^{-1}$) e declinaram até $0,27 \text{ g kg}^{-1}$ no dia 180. As

silagens de palma com 15% de farelo de soja com a ureia (2% na MS) o comportamento inicial seguiu a mesma tendência, apenas chegando a uma maior concentração no dia 10 ($93,74 \text{ g kg}^{-1}$), caindo para $37,57 \text{ g kg}^{-1}$ no dia 45, com manutenção da queda até os 180 dias, quando apresentou uma concentração de ácido láctico equivalente aos outros tratamentos. Comportamento semelhante ocorreu no tratamento que combinou a quitosana a esse nível de adição de farelo de soja, ocorrendo apenas que a concentração mais elevada registrada ficou em $83,62 \text{ g kg}^{-1}$, sendo também a queda mais acentuada a partir dos 45 dias de armazenamento, atingindo $2,12 \text{ g kg}^{-1}$ aos 90 dias.

Com a adição de 30% de farelo de soja na MN o nível de ácido láctico no dia três foi mais elevado nas silagens sem aditivos químicos ($46,4 \text{ g kg}^{-1}$) que nos que utilizaram a uréia ou a quitosana, que foram equivalentes ($38,7 \text{ g kg}^{-1}$), sendo que até o dia dez os três apresentaram elevação, atingindo valores equivalentes. As silagens que receberam apenas 30% de farelo de soja registraram os valores mais elevados para a concentração de ácido láctico aos 180 dias apresentando $47,12 \text{ g kg}^{-1}$ contra $2,47 \text{ g kg}^{-1}$ das silagens que receberam também adição de quitosana e $0,18 \text{ g kg}^{-1}$ para as que além desse nível de inclusão de farelo, receberam também inclusão de 2% de ureia na MS. As silagens com esse nível de adição de farelo de soja apresentaram declínio dos níveis de ácido láctico, até os 180 dias, com exceção para as silagens sem aditivos químicos, que registraram discreta queda até os 45 dias, apresentando uma pequena elevação até os 90 dias, quando voltaram a cair. As silagens com adição de ureia apresentaram declínio acentuado dos valores de ácido láctico a partir dos 45 dias de armazenamento, com uma queda de um nível de $49,13$ para $6,94 \text{ g kg}^{-1}$.

Quando avaliou-se as concentrações de ácido acético nas silagens sem adição de farelo de soja observou-se que os níveis no dia três foram baixos e equivalentes em todas as silagens. Do dia três ao dia 10 as silagens apresentaram pequena elevação dos níveis de ácido acético com exceção das silagens que receberam ureia, que apresentaram discreta queda nos níveis. Do dia 10 ao dia 180 as silagens apresentaram elevação nos níveis de ácido acético, com exceção das que não receberam aditivo químico nem farelo de soja, que registraram queda dos níveis, ficando abaixo das demais. Os valores aos 180 dias de armazenamento foram de $16,27 \text{ g kg}^{-1}$, $27,5 \text{ g kg}^{-1}$ e $38,43 \text{ g kg}^{-1}$ para as silagens controle com ureia e com quitosana, respectivamente (Figura 2).

Figura 2 - Efeito da interação entre o uso de aditivos, farelo de soja (0, 15 e 30% de inclusão na matéria natural) e o tempo de armazenamento sobre os níveis de ácido acético

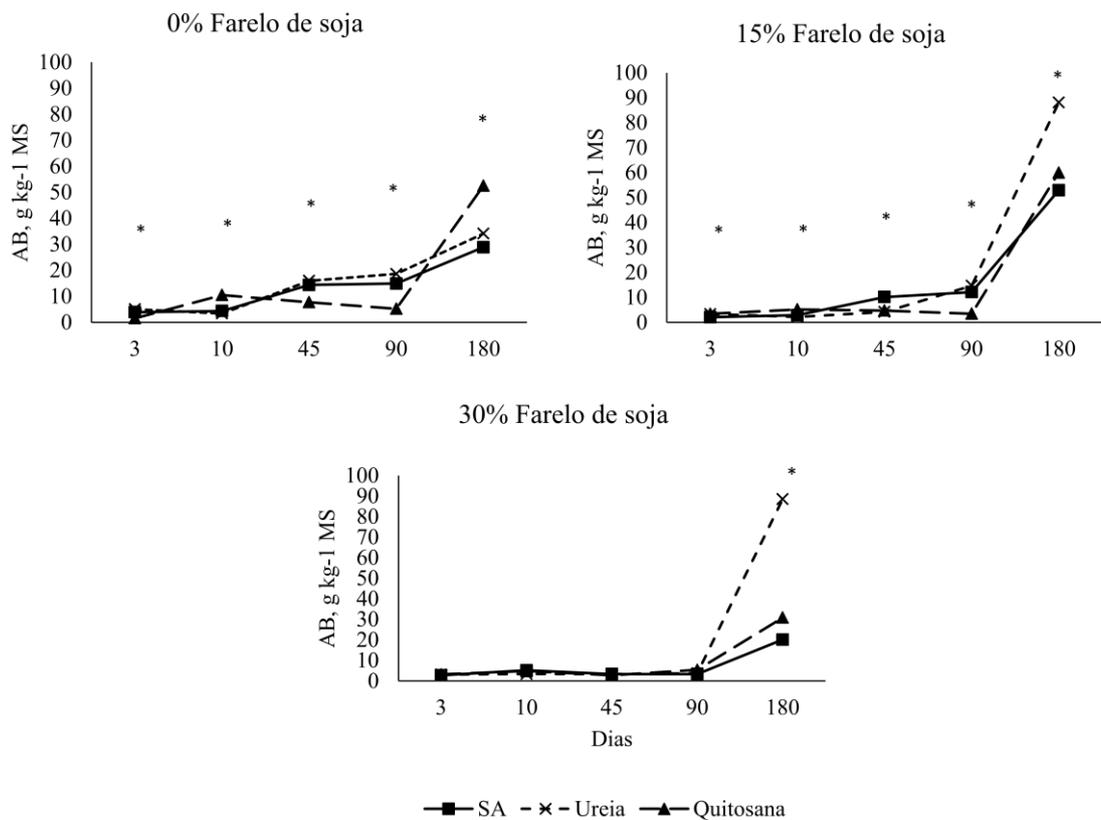


AA = Ácido acético, SA = Sem aditivo; Ureia = inclusão de 2% de ureia na MS; Quitosana = inclusão de 1% de quitosana na MN. *P<0,05.

Observou-se que os níveis de ácido acético nas silagens que não receberam adição de farelo de soja, as que receberam adição de quitosana apresentaram queda nas concentrações a partir a partir do dia 10, mantendo o declínio nos valores até os 90 dias de armazenamento, quando registrou um nível de 5,22 g kg⁻¹ enquanto as silagens controle apresentaram 14,93 g kg⁻¹ e a com adição de ureia 18,65 g kg⁻¹. Entretanto, aos 180 dias todas as silagens tratadas com quitosana apresentaram níveis de ácido acético 47% superior ao registrado para as silagens controle. Já para as silagens que receberam adição de 15% de farelo de soja os resultados foram similares aos das silagens sem farelo de soja, embora os valores registrados apresentem-se mais baixos até os 90 dias de armazenamento. Já com 180 dias de armazenamento, as silagens tratadas com ureia foram as que apresentaram os valores mais elevados (88,07 g kg⁻¹). As silagens tratadas com 30% de farelo de soja apresentaram o mesmo comportamento em relação ao tempo

de armazenamento que as silagens que receberam metade da quantidade de farelo de soja. Entretanto, o aumento do nível de adição de farelo promoveu redução nos níveis de ácido butírico nas silagens controle e com adição de quitosana, ficando os valores para as silagens que receberam adição de ureia, semelhantes às do menor nível de adição (Figura 3).

Figura 3 - Efeito da interação entre o uso de aditivos, farelo de soja (0, 15 e 30% de inclusão na matéria natural) eo tempo de armazenamento sobre os níveis de ácido butírico

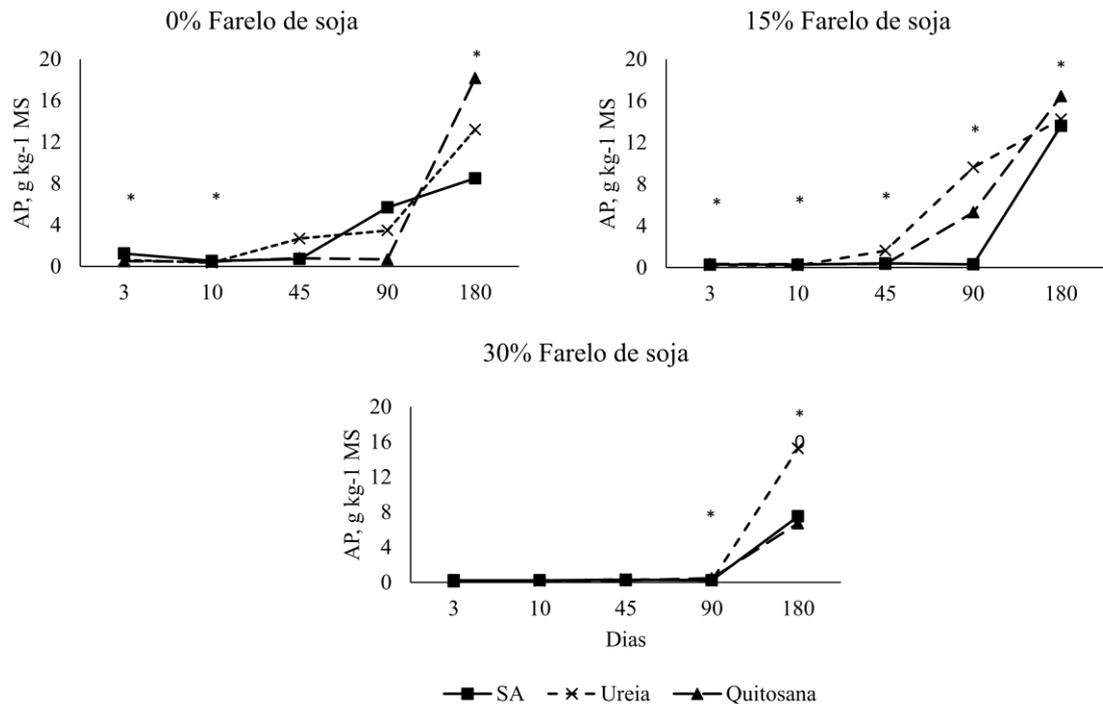


AB = Ácido butírico, SA = Sem aditivo; Ureia = inclusão de 2% de ureia na MS; Quitosana = inclusão de 1% de quitosana na MN. *P<0,05.

Quanto aos níveis registrados para o ácido propiônico, as silagens que não receberam adição de farelo de soja nem aditivos químicos e as que receberam adição de quitosana apresentaram níveis baixos no dia três, decrescendo mais até o dia 10, quando as silagens com adição de quitosana apresentaram um aumento mais acentuado dos níveis até os 45, enquanto as demais silagens mantiveram os níveis bem abaixo. Dos 45 dias aos 90 as silagens com adição de ureia não tiveram seus valores alterados, enquanto as demais apresentaram acentuado aumento nos níveis. Aos 180 dias todas as silagens

apresentaram aumentos significativos nos teores de ácido propiônico, sendo que as tratadas com ureia as que apresentaram maiores concentrações, saindo de $0,68 \text{ g kg}^{-1}$ para $18,17 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 4).

Figura 4 - Efeito da interação entre o uso de aditivos, farelo de soja (0, 15 e 30% de inclusão na matéria natural) eo tempo de armazenamento sobre os níveis de ácido propiônico



AP = Ácido propiônico, SA = Sem aditivo; Ureia = inclusão de 2% de ureia na MS; Quitosana = inclusão de 1% de quitosana na MN. * $P < 0,05$.

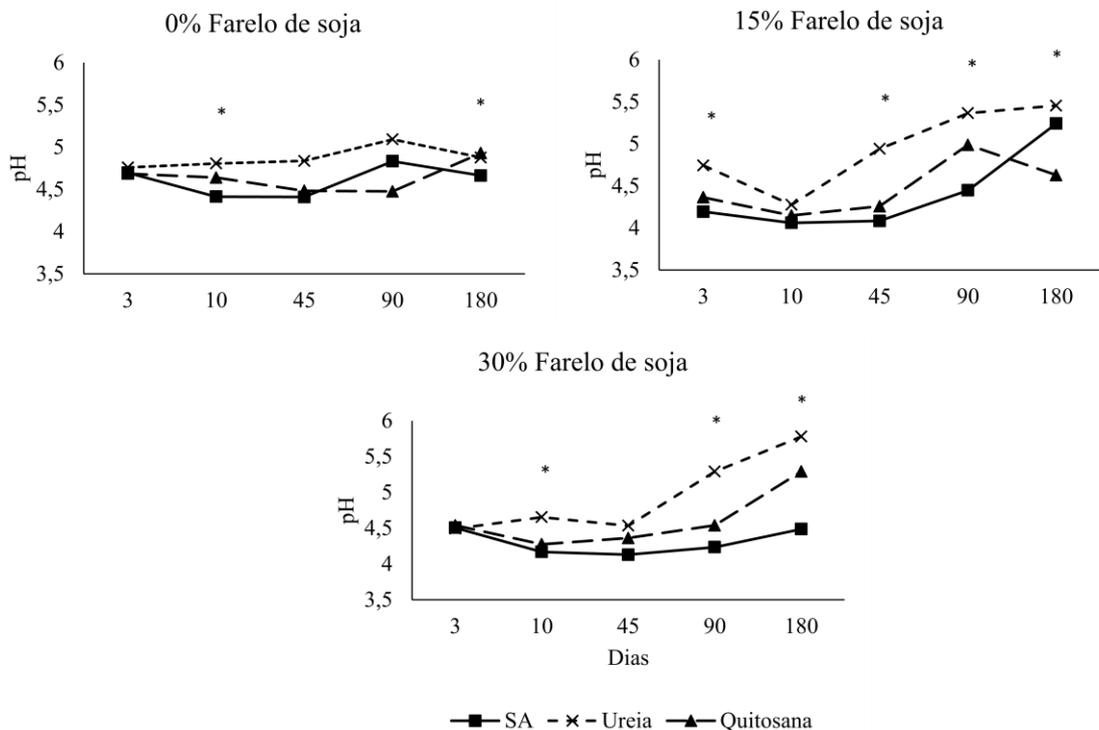
Quando se adicionou 15 % de farelo de soja (base na MN) nas silagens observou-se que as silagens sem aditivos químicos mantiveram os níveis de ácido propiônico próximos de zero até os 90 dias de armazenamento, enquanto as demais mostraram elevações acentuadas a partir de 45 dias.

No nível de adição de farelo de soja de 30%, observou-se que as silagens apresentaram níveis baixos de ácido propiônico até os 90 dias, quando apresentaram elevação até os 180 dias. O nível mais elevado foi registrado nas silagens tratadas com ureia ($15,27 \text{ g kg}^{-1}$) seguido do registrado para as silagens sem aditivos ($7,52 \text{ g kg}^{-1}$) e para as tratadas com quitosana ($6,73 \text{ g kg}^{-1}$).

Os valores de pH, nas silagens sem adição de farelo de soja nem de aditivos químicos observou-se queda até o dia 10, manutenção da estabilidade até os 45 dias,

observando-se elevação aos 90 dias, voltando a baixar aos 180 dias, quando retornou a níveis um pouco abaixo do registrado no dia três de armazenamento. As silagens com esse nível de adição de FS, que receberam também adição de quitosana, apresentaram declínio do pH até os 90 dias, quando atingiram 4,92, valor muito próximo do registrado no terceiro dia de armazenamento (4,64). Já as silagens que receberam adição de 2% de ureia na MN apresentaram elevação dos valores até os 90 dias, quando foi observada uma queda até o valor de 4,88; também próximo do valor registrado aos três dias de armazenamento (Figura 5).

Figura 5 - Efeito da interação entre o uso de aditivos, farelo de soja (0, 15 e 30% de inclusão na matéria natural) eo tempo de armazenamento sobre os níveis de pH



SA = Sem aditivo; Ureia = inclusão de 2% de ureia na MS; Quitosana = inclusão de 1% de quitosana na MN. *P<0,05.

No nível de adição de 15% de FS, as silagens sem aditivos químicos os valores de pH descenderam discretamente até o décimo dia, ascendendo até aos 45 dias em apenas 0,02 pontos, posteriormente iniciando nova elevação, até atingir 5,24 aos 180 dias. Já as silagens que receberam também a adição de ureia mostraram queda do pH até o dia 10, em seguida subindo até atingir 5,45 aos 180 dias. Comportamento similar ao das

silagens tratadas com quitosana, que apresentaram o mesmo efeito até os 90 dias, caindo até os 180 dias, com um valor de 4,62, sendo as de menor pH.

No nível de adição de 30% de FS as silagens apresentaram a mesma tendência para os valores de pH que o nível de 15% de adição, com exceção das que foram tratadas com ureia. Estas silagens mostraram elevação do pH até os 10 dias, caindo no dia 45, voltando a subir aos 180 dias, sendo os valores os mais elevados dentre as demais silagens (5,78). O pH mais baixo foi constatado nas silagens que não receberam aditivos químicos (4,66).

A dosagem das concentrações de nitrogênio amoniacal só foi realizada nas silagens armazenadas por 180 dias em baldes plásticos. Houve interação entre os fatores ($P < 0,05$) farelo de soja e aditivos químicos para essa variável (Tabelas 4 e 5). Foi constatado que a inclusão de ureia aumentou do nível de $N-NH_3$, quando as silagens não receberam adição do farelo de soja e que a adição de farelo de soja reduziu o nível de $N-NH_3$ em mais de 50% nas silagens aditivadas com ureia. A adição de 30% de farelo de soja reduziu o nível de $N-NH_3$, proporcionando o menor valor entre as silagens.

3.2. Composição química

Com exceção do teor de PB e de CHO, para os outros componentes nutricionais foi verificada a interação ($P < 0,05$) entre os aditivos e o farelo de soja. O conteúdo de PB das silagens aumentou ($P < 0,05$) pela adição de ureia e ou farelo de soja (tabela 3).

A adição de farelo de soja reduziu os teores de carboidratos solúveis, sendo o menor valor ($54,20 \text{ g kg}^{-1}$) observado no tratamento com maior nível de adição. A adição de farelo de soja aumentou os teores de MS, com e sem aditivos químicos, sendo o maior valor obtido no maior nível de adição. Já a inclusão dos aditivos químicos não alterou ($P < 0,05$) os conteúdos de MS das silagens que não receberam farelo de soja.

Tabela 3 - Componentes nutricionais e teores de carboidratos solúveis em silagens de Palma forrageira associada ou não com ureia, quitosana e farelo de soja (180 dias de armazenamento)

Item	Aditivo			Farelo de soja (% MN)			CV (%)	Valor-P		
	SA	U	Q	0	15	30		A	F	A x F
g kg ⁻¹ de matéria natural										
MS	137,9	124,6	147,5	60,5	136,6	213,0	5,5	<0,001	<0,001	<0,001
g kg ⁻¹ de matéria seca										
MM	118,5	122,6	105,2	158,5	103,5	84,4	3,8	<0,001	<0,001	<0,001
PB	275,6 ^b	331,9 ^a	272,8 ^b	94,3 ^c	367,6 ^b	418,4 ^a	4,1	<0,001	<0,001	0,242
CNF	348,1	223,5	274,5	377,4	238,6	230,1	8,7	<0,001	<0,001	0,046
FDN	249,3	319,2	323,9	360,5	270,8	261,1	6,2	<0,001	<0,001	0,001
CHOs	66,8	61,6	61,2	70,9 ^a	64,5 ^b	54,2 ^c	14,6	0,053	<0,001	0,062
% do nitrogênio total										
N-NH ₃	7,5	22,5	8,7	17,2	13,2	7,1	11,2	<0,001	<0,001	0,004

SA = sem aditivo; U = inclusão de 2% de ureia na MS; Q= inclusão de 1% de quitosana na MN; CV = Coeficiente de variação; A = efeito do aditivo; F = efeito do farelo de soja; T = efeito do tempo; A x F = efeito de interação entre o aditivo e o farelo de soja. Médias na mesma linha seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey $\alpha = 0,05$. Nível de significância de 5% de probabilidade. MS = matéria seca, MM = matéria mineral, PB = proteína bruta, CNF = carboidratos não fibrosos, FDN= fibra insolúvel em detergente neutro e CHOs= carboidratos solúveis.

Independente do uso ou não de aditivos químicos a inclusão de farelo de soja reduziu a concentração de minerais das silagens, sendo que o menor valor ocorreu no maior nível de adição.

A adição de 1% de quitosana na base da MN no momento da ensilagem da palma forrageira reduziu a concentração de MM de forma independente dos níveis de inclusão do farelo de soja.

Os aditivos químicos reduziram os níveis de carboidratos não fibrosos, independente do nível de inclusão de farelo de soja.

A adição do farelo de soja também reduziu os teores de carboidratos não fibrosos em relação ao nível zero de forma independente do uso ou não de aditivo.

Os menores níveis de fibra insolúvel em detergente neutro foram registrados no tratamento com 30 % de inclusão de farelo de soja, tendo sido verificado que o uso de aditivos químicos resultou em maiores níveis de FDN, não havendo diferença entre os aditivos.

Tabela 4 - Desdobramentos dos efeitos de interação da adição na composição química das silagens de palma com aditivos químicos (ureia ou quitosana) e dois níveis de farelo de soja (15 e 30% da MN)

Item (g kg ⁻¹)	Aditivo	Farelo de Soja (% de MN)			Teste – F
		0	15	30	
MS	Sem aditivo	65,4 ^{Ac}	124,2 ^{Bb}	224,1 ^{Aa}	<0,001
	*Ureia	53,8 ^{Ac}	139,3 ^{Ab}	180,7 ^{Ba}	<0,001
	**Quitosana	62,3 ^{Ac}	146,2 ^{Ab}	234,1 ^{Aa}	<0,001
	Teste – F	0,193	0,019	<0,001	-
MM	Sem aditivo	168,8 ^{Aa}	103,7 ^{ABb}	83,0 ^{Bc}	<0,001
	Ureia	168,3 ^{Aa}	108,1 ^{Ab}	91,4 ^{Ac}	<0,001
	Quitosana	138,4 ^{Ba}	98,7 ^{Bb}	78,6 ^{Bc}	<0,001
	Teste – F	<0,001	0,032	0,003	-
CNF	Sem aditivo	434,3 ^{Aa}	293,2 ^{Ab}	316,8 ^{Ab}	<0,001
	Ureia	310,9 ^{Ca}	202,5 ^{Bb}	157,0 ^{Cc}	<0,001
	Quitosana	386,9 ^{Ba}	220,2 ^{Bb}	216,3 ^{Bb}	<0,001
	Teste – F	<0,001	0,001	<0,001	-
FDN	Sem aditivo	316,8 ^{Ba}	253,5 ^{Ab}	177,6 ^{Bc}	<0,001
	Ureia	381,1 ^{Aa}	269,2 ^{Ac}	307,4 ^{Ab}	<0,001
	Quitosana	383,7 ^{Aa}	289,8 ^{Ab}	298,2 ^{Ab}	<0,001
	Teste – F	<0,001	0,078	<0,001	-
N-NH ₃	Sem aditivo	10,5 ^{Ba}	14,0 ^{ABa}	3,4 ^{Bb}	<0,001
	Ureia	38,0 ^{Aa}	17,4 ^{Ab}	15,3 ^{Ab}	<0,001
	Quitosana	9,1 ^{Ba}	8,9 ^{Ba}	4,9 ^{Ba}	0,100
	Teste – F	<0,001	0,016	<0,001	-

Médias na coluna seguidas por letras maiúsculas e nas linhas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey $\alpha = 0,05$. *2% na MS; **1% na MN; MS = matéria seca, MM = matéria mineral, EE = extrato etéreo, CNF = carboidratos não fibrosos, FDN = Fibra em detergente neutro, N-NH₃ = nitrogênio amoniacal em % de nitrogênio total.

A inclusão de farelo de soja reduziu os níveis de FDN, sendo o menor valor registrado no maior nível de adição (Tabela 4).

3.3. Perdas fermentativas

Houve interação entre aditivos químicos e farelo de soja para perda de matéria seca ($P < 0,05$). Contudo, somente a inclusão de farelo de soja influenciou a perda por efluentes ($P < 0,05$).

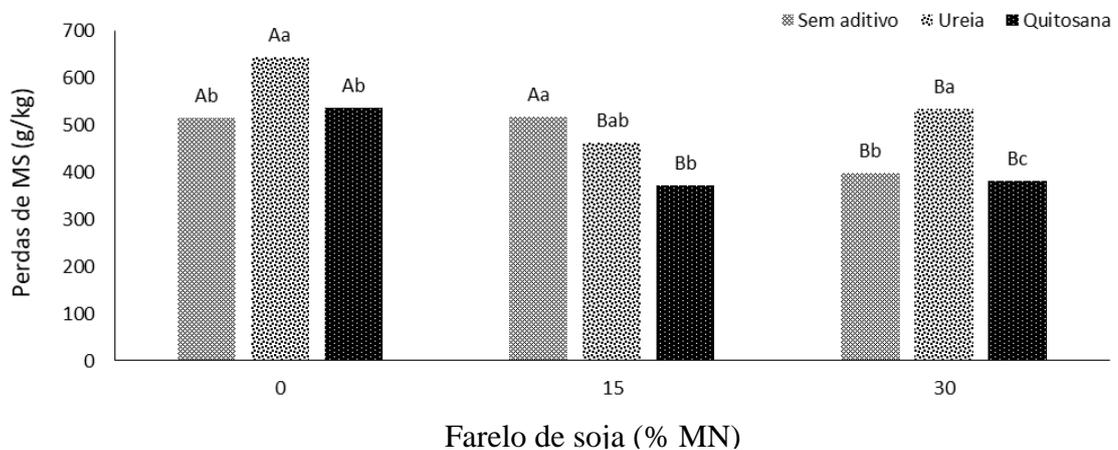
No nível zero de adição de farelo de soja as silagens que receberam adição de uréia apresentaram maiores PMS, sendo as demais equivalentes. Quando se adicionou 15% de farelo de soja, as silagens que receberam aditivos químicos apresentaram menores perdas que as que não receberam. Já no nível de adição de 30% a quitosana reduziu as PMS. Neste nível de adição as silagens que também receberam uréia apresentaram as maiores PMS (Figura 6).

Tabela 5 - Valores médios da perda de matéria seca (g kg^{-1} MS) e perdas por efluentes (kg t^{-1} MN) em silagens de palma forrageira com níveis de farelo de soja e aditivos químicos

Item	Aditivo			Farelo de Soja (%MN)			CV (%)	Valor – P		
	AS	U	Q	0	15	30		A	F	A x F
PMS	496,6	545,6	570,7	564,6	449,7	457,1	19,1	<0,001	<0,001	0,017
PE	54,4	63,3	56,4	66,6a	55,3b	52,0b	18,3	0,056	0,002	0,393

SA = sem aditivo; U = inclusão de 2% de ureia; CV = Coeficiente de variação; Q= inclusão de 1% de quitosana; A = efeito do aditivo; F = efeito do farelo de soja; T = efeito do tempo; A x F = efeito de interação entre o aditivo e o farelo de soja. Nível de significância de 5% de probabilidade.

Figura 6- Desdobramento da interação entre farelo de soja e aditivos químicos nas perdas de matéria seca (g kg^{-1}) em silagens de palma forrageira



Letra maiúscula compara farelo dentro de aditivo e minúscula compara aditivo dentro do nível de farelo ($P < 0,05$).

Constatou-se também que a adição de 30% de farelo de soja foi suficiente para reduzir as PMS nas silagens de palma forrageira, sendo a PMS da silagem controle de $514,57 \text{ g kg}^{-1}$ contra $397,92 \text{ g kg}^{-1}$ para as silagens que receberam apenas 30% de farelo de soja, com base na MN.

As perdas por efluentes foram reduzidas ($P < 0,05$) pela adição de farelo de soja.

3.4. Estabilidade aeróbia

Não foi observada a quebra da estabilidade aeróbia durante as 96 horas de avaliação em nenhum dos tratamentos.

A maior amplitude de temperatura foi registrada no tratamento que recebeu a adição de 15% de FS e 1% de quitosana na MS (T5) e a menor no tratamento com 30% de FS e 1% de quitosana.

Tabela 6 - Estabilidade aeróbica (EA), temperatura máxima atingida (TEMPMAX), tempo para atingir a temperatura máxima (HTMAX), diferença entre a temperatura máxima e mínima (AMPL) em silagens de palma forrageira tratadas com ureia e quitosana em associação a níveis de farelo de soja com 180 dias de armazenamento

Item	Aditivos (A)			Farelo de soja (F) (% MN)			CV (%)
	SA	U	Q	0	15	30	
EA (horas)	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	-
TEMPMAX	25,5	25,5	25,4	25,1a	25,7b	25,7b	2,5
HTMAX (h)	29,6	23,2	16,5	28,8	17,3	23,2	62,0
AMPLIT (°C)	2,7	2,8	2,8	2,7	3,0	2,5	25,1

EA (h) = tempo em que foi verificada a quebra da estabilidade aeróbica (temperatura da silagem 2°C acima da temperatura ambiente); TEMPMAX = temperatura máxima atingida (Tmax°C); HTMAX (h) = tempo para atingir a temperatura máxima; AMPL (°C) = amplitude avaliada pela diferença entre a temperatura máxima e mínima. Médias na linha seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey $\alpha = 0,05$.

4. DISCUSSÃO

4.1. Perfil fermentativo

A interação do farelo de soja com os aditivos químicos promoveu redução dos níveis de ácido láctico em relação às silagens de palma pura, podendo o resultado ser atribuído a um possível efeito negativo dos aditivos sobre o desenvolvimento das bactérias ácido lácticas proporcionado pela elevação do pH. Entretanto, Gandra et al. (2016), registraram elevação no nível de ácido láctico das silagens de cana-de-açúcar que receberam adição de quitosana nos mesmos níveis do presente ensaio o que pode ser atribuído à elevada concentração de carboidratos solúveis presentes na cana em comparação à palma.

Os baixos valores para as concentrações de ácido láctico a partir dos 45 dias de armazenamento indicam uma maior atividade das BAL, que metabolizam esses carboidratos para produção do ácido láctico. Entretanto, a adição de 15% de farelo de soja com base na MN, no momento da ensilagem da palma forrageira, proporciona melhoria no ambiente fermentativo, consequência da redução da umidade e maior disponibilidade de carboidratos, sendo capaz de promover a manutenção dos níveis de ácido láctico até os 90 dias.

A inclusão de 30% de soja foi o único tratamento eficaz na manutenção de níveis satisfatórios de ácido láctico até os 180 dias ($47,12 \text{ g kg}^{-1}$), embora abaixo da faixa de 80 a 120 g kg^{-1} recomendada por McDonald et al (1991), sendo inferiores também aos valores obtidos por Mciteka (2008) que ensilou palma forrageira com teores de MS diferentes (10, 20, 30 e 40%) e quatro níveis de inclusão de melaço (0, 8, 16 e 24% com base na MS) e obteve valores entre 54 g kg^{-1} , para as silagens com zero de adição de melaço e um conteúdo de MS de 10% e 13 g kg^{-1} para as silagens com adição de 24% de melaço e um teor de MS de 40%. Foram inferiores também aos valores obtidos por Nogueira (2015) para silagens de palma forrageira adicionadas de 20% de farelo de trigo ($73,7 \text{ g kg}^{-1}$).

Embora os teores de ácido láctico do presente ensaio apresentem-se abaixo dos recomendados na literatura e aos obtidos por outros autores, observou-se que a adição de farelo de soja no nível de 30% da MN, sem associação aos aditivos químicos resultou nos menores valores de pH (4,48) ficando próximo da faixa de 3,8 a 4,2 citada por McDonald et al. (1991) como indicativo de uma boa fermentação. As demais silagens apresentaram índices de pH acima desses valores. Esse resultado se reflete no teor de ácido butírico, que se mostra bem abaixo nestas silagens, ficando em $20,07 \text{ g kg}^{-1}$, contra $88,52 \text{ g kg}^{-1}$ nas silagens que receberam 30% de farelo de soja mais 2% de ureia na MS e $30,8 \text{ g kg}^{-1}$, com o mesmo nível de adição do farelo, acrescidas de 1% de quitosana com, base na MN.

Os menores valores de ácido butírico registrados no presente ensaio ainda são superiores aos indicados pro McDonalds (1991) e Tomich et al (2003) como indicativo de uma fermentação adequada ($3,0 \text{ g kg}^{-1}$). Entretanto quando o tempo de armazenamento foi de 90 dias, as silagens com adição de 15% de farelo de soja na MN e 1% de quitosana na MN registraram os mais baixos valores ($3,48 \text{ g kg}^{-1}$), muito

próximo dos valores de referência de uma boa fermentação encontrados na literatura. Tal fato pode ser atribuído ao efeito interativo observado entre a quitosana, o farelo de soja e o tempo de armazenamento no interior do silo. Os resultados sugerem que durante o armazenamento da silagem da palma forrageira, após os 90 dias, ocorreu deterioração do material, o que comprometeu a qualidade final da silagem.

Os níveis de ácido acético das silagens com 90 dias de armazenamento mostraram-se dentro dos valores preconizados na literatura (MAHANNA, 1991; TOMICH et al., 2003) que devem ficar abaixo de 20 g kg^{-1} ; apenas nas silagem sem adição de farelo ou aditivos e nas silagens com quitosana associada ao farelo de soja que os valores ficaram acima dessa faixa. Os resultados são similares aos de Çürek & Özen (2004), para silagem de palma forrageira pura. São também próximos dos de Nogueira (2015) para silagens de palma forrageira com inclusão de 20% de farelo de soja e 1% de ureia, com base na MS. No entanto, nas silagens armazenadas por 180 dias, apenas a silagem controle apresentou queda no nível de ácido acético, tendo sido registrado uma concentração de $16,27 \text{ g kg}^{-1}$ de MS.

Para Tomich et al. (2003), pode-se considerar que silagens com menos de 10% de N-NH_3 em relação ao nitrogênio total apresentaram uma fermentação eficiente para a conservação do material ensilado, enquanto valores crescentes de $\text{N-NH}_3/\text{NT}$ podem ser associados à uma menor eficiência do processo fermentativo.

A formação de amônia no silo se deve à degradação de proteínas resultante da fermentação realizada por bactérias do gênero *Clostridium* (McDONALD et al., 1991). A amônia promove redução do consumo, apresenta baixa eficiência na utilização do nitrogênio para síntese protéica pelos microrganismos do rúmen, além de alterar o curso da fermentação, impedindo a rápida queda do pH da massa ensilada (McKERSIE, 1985).

Os valores de N-NH_3 das silagens do presente ensaio, conforme a literatura, podem ser considerados baixos, com exceção das silagens que receberam adição de 2% de ureia na MS. Esse resultado era esperado, pois de acordo com Sundstol (1984), a ureia, na presença da enzima urease, e em contato com a água, transforma-se em hidróxido de amônio, que apresenta em sua constituição 29 a 30% de amônia. Dessa forma, silagens tratadas com ureia apresentam uma maior porcentagem de N-NH_3 em relação ao N total, quando comparadas a silagens que não receberam adição da ureia.

Constatou-se também que a inclusão de 30% de farelo de soja, com base na MN, reduziu o N-NH₃, sendo o resultado explicado pelo maior teor de MS registrado nestas silagens, que, também apresentaram maiores concentrações de ácido lático e menores valores de pH.

4.2. Composição bromatológica

Não foi constatada interação ($P < 0,05$) entre a utilização dos aditivos químicos e o farelo de soja para os teores de proteína bruta e carboidratos solúveis, sendo que para os demais componentes determinados (MS, MM, CNF e FDN) constatou-se haver interação.

Como era de se esperar, foi constatado um aumento significativo ($P < 0,05$) dos teores de PB das silagens que receberam adição de ureia e de farelo de soja, no entanto não foi registrada a interação entre os dois aditivos. O maior valor encontrado foi para as silagens que receberam adição de 30% de farelo de soja, base na MN, seguido pelas silagens com 15% de adição e pelas silagens que receberam adição de 2% de ureia.

Os teores de PB nas silagens aditivadas, no presente estudo, foram superiores aos obtidos por Nogueira (2015), que ao adicionar à palma forrageira 1% de ureia ou 20% de farelo de trigo, no momento da ensilagem, registrou teores de PB de 106,70 g kg⁻¹ e 137,80 g kg⁻¹, respectivamente para as silagens com ureia e com farelo de trigo. Os elevados teores de PB das silagens devem-se, principalmente, ao farelo de soja, que apresentou 479,0 g kg⁻¹, elevando as médias para este componente nutricional nas silagens analisadas. A constatação de que as silagens aditivadas com quitosana não apresentarem resultados diferentes das silagens da palma forrageira pura já era esperado pelo fato do referido aditivo não apresentar valores significativos desse componente nutricional.

A redução nos teores de CHOs registrados nas silagens com a adição do farelo de soja, sendo o menor valor constatado no tratamento com 30% de farelo, podem ser explicados pelo fato de ter ocorrido uma melhoria do ambiente fermentativo com a elevação da MS e CHOs promovida pela adição do farelo de soja, levando à uma maior fermentação dos carboidratos solúveis.

Nenhuma das silagens registrou níveis de MS próximo de 350g kg⁻¹, valor considerado por Negrão e Silva (2011) com ideal para uma boa fermentação no processo de ensilagem de plantas forrageiras.

Como já citado anteriormente, a inclusão de farelo de soja, com ou sem aditivos químicos, promoveu elevação nos teores de MS, sendo o resultado esperado, pois o aditivo apresenta elevado nível de MS (886,2 g Kg⁻¹). O maior conteúdo em MS foi registrado no tratamento com 30% de adição de farelo de soja na MN, com ou sem adição da quitosana (212,98 g kg⁻¹) evidencia que, como a palma forrageira apresentou níveis muito elevados de umidade, com a MS ficando em 123 g Kg⁻¹ no presente ensaio, a tarefa de elevar o nível de MS aos patamares preconizados na literatura implicaria em um nível de adição de 50% da MS da silagem.

Os maiores teores de matéria seca nas silagens com associação de 15% de farelo de soja mais os aditivos químicos se deve ao efeito de interação entre os aditivos e o farelo, ocorrendo um aumento (P,0,05) no conteúdo de MS das silagens em relação aos valores encontrados nas silagens puras. No entanto nas silagens onde o nível de adição de farelo de soja foi de 30% da MN do material ensilado, ocorreu o mesmo efeito apenas para a adição de quitosana. A redução (P<0,05) do conteúdo em MS nas silagens com adição de 2% de ureia se deve à maior PMS apresentado. Fato explicado pela presença da uréase no farelo de soja, contribuindo para ocorrência do processo de ureólise, onde a ureia é transformada em amônia e esta promove efeitos na parede celular da forragem (GARCIA e PIRES,1998). A hidrólise da ureia é explicada por Sundstol e Coxworth (1984), que afirmam que a ureia, na presença da enzima urease e em contato com a água, transforma-se em hidróxido de amônio.

A redução nos teores de minerais constatada nas silagens que receberam adição de farelo de soja é reflexo da maior concentração de minerais da palma forrageira utilizada no experimento que apresentou um conteúdo em minerais 61,72% superior que o farelo de soja. O mesmo efeito foi verificado por Nogueira (2015) quando acrescentou farelo de trigo à palma forrageira no momento da ensilagem.

Os aditivos químicos adicionados à palma forrageira, no momento da ensilagem, promoveram redução no teor de CNF das silagens, sendo constatado maior efeito da ureia. O resultado se deve ao maior consumo dos carboidratos no processo fermentativo, resultante do controle da fermentação exercido pelos aditivos. Fato

constatado por Gandra et al. (2016), que avaliando silagens de cana-de-açúcar com adição de 1% de quitosana na MS total, concluíram que o aditivo promoveu melhoria na eficiência do processo de fermentação, aumentando a produção de ácido lático e reduzindo as perdas por gases.

Já para a ação da ureia, a afirmação de KUNG Jr. et al (2003) explicaria o ocorrido. Segundo os autores a ureia reage com a água produzindo hidróxido de amônio (NH₄OH), resultando em aumento no pH, controlando assim o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis que se multiplicam em pH ácido, principalmente as leveduras.

Houve efeito de interação entre a inclusão de farelo de soja e os aditivos químicos. A adição da ureia promoveu redução das concentrações de CNF das silagens, nos dois níveis de inclusão de farelo de soja, sendo inversamente proporcional ao nível de inclusão. Já a adição de quitosana promoveu redução, mas não foi constatada diferença entre os níveis de inclusão de farelo.

A adição do farelo de soja reduz os níveis de CNF das silagens, independente do nível de adição, o que pode ser devido à melhoria no ambiente fermentativo, através da diminuição da umidade do material ensilado, causada pela adição do farelo.

Em relação ao conteúdo em FDN das silagens, constatou-se que a utilização dos aditivos químicos aumentou as concentrações de FDN, não havendo diferença entre os efeitos da ureia e da quitosana. Tal fato vai de encontro aos resultados de Gandra et al. (2016), que obtiveram um aumento na degradação da FDN das silagens de cana-de-açúcar com a utilização de 1% de quitosana na MS e de DEL VALLE et al. (2018), que também utilizando a cana-de-açúcar, adicionaram 6 g kg⁻¹ de MS e obtiveram uma redução na concentração de FDN de 745 g kg⁻¹ de MS par 674 g kg⁻¹ de MS. O ocorrido pode ter sido resultado do maior consumo de carboidratos solúveis registrado nestas silagens.

A inclusão de farelo de soja promoveu redução nos níveis de FDN de até 56%, nas silagens que foram acrescidas de 30% de farelo de soja, no momento da ensilagem. Tal resultado era esperado pelo reduzido nível de FDN do farelo de soja (140,6 g kg⁻¹ MS), que apresenta menos de 50% da concentração obtida na palma nesse experimento (333,1).

4.3. Perdas fermentativas

Os aditivos químicos utilizados, sem a adição de farelo de soja, não foram eficazes em reduzir as perdas de matéria seca, que se apresentam bastante elevadas, comparados aos obtidos por Nogueira (2015), que ensilou a palma forrageira com ureia e obteve valores de PMS de 76,6 e 54,42 g kg⁻¹, para as silagens controle e aditivada com 1% de ureia na MS.

Segundo Kung e Shaver (2001), durante o processo fermentativo que ocorre na ensilagem, a urease celular converte a ureia em amônia, que pelo seu poder alcalinizante, promove uma redução na velocidade da queda do pH, aumentando as perdas de MS.

Outra possível explicação para essa diferença entre os resultados dos dois ensaios pode ser atribuída ao tempo de armazenamento das silagens. No presente ensaio as silagens permaneceram armazenadas até a abertura dos silos experimentais por 180 dias, enquanto o autor supracitado manteve os silos vedados por apenas 30 dias. Evangelista et al. (2003) verificaram redução de 36,0 para 25,3% no conteúdo em MS de silagens em dez dias de fermentação.

De acordo com McDonald et al. (1991), a fermentação por leveduras gera perdas de 48,9% de MS e de 0,2% de energia, o que pode ter ocorrido após um período de 180 dias de armazenamento no interior dos silos experimentais.

Constatou-se que a associação da quitosana ao farelo de soja reduziu as PMS nos dois níveis de adição do farelo. Foi observado também que a adição exclusiva do farelo de soja, no nível de 30% da MN, foi eficiente na redução da PMS, promovendo uma redução de 22,7%. Essa significativa redução na PMS pode ser atribuída ao melhor ambiente fermentativo promovido pela adição do farelo, que promoveu elevação do teor de MS, refletindo em uma maior produção de ácido láctico, que levou à manutenção de um pH ácido, inibindo crescimento de clostrídios, resultando em baixos teores de ácido butírico.

Não foi observado efeito dos aditivos químicos sobre a perda por efluentes, entretanto, embora a palma forrageira apresente um elevado conteúdo em umidade, os valores podem ser considerados baixos, mostrando-se inferiores aos registrados na literatura para plantas com maior teor de MS.

Siqueira et al.(2007) ensilaram cana-de-açúcar pura, com 35,3% de MS e registraram perdas de efluentes de 76,2 g kg⁻¹ de MN. Já Del Valle et al. (2018), ensilaram a cana-de-açúcar pura e registraram um valor próximo do observado no presente ensaio para perda por efluentes (47,2 g kg⁻¹), entretanto observaram efeito positivo (P<0,05) para a adição de quitosana, que baixou o valor da PE para 29,2 g kg⁻¹.

De acordo com Ramos et al. (2016) após a quebra do clorênquima, ocasionado pela trituração da palma forrageira, ocorre a formação da mucilagem, que é um hidrocolóide formado por sacarídeos altamente hidrófilos, que reduzem o movimento da água, sendo responsáveis pelas baixas perdas por efluentes apresentados nas silagens desta planta.

A adição do farelo de soja promoveu redução significativa (P<0,05) nas perdas por efluentes, sendo as menores perdas constatadas no nível de adição de 30% da MN do material ensilado. Entretanto, Nogueira (2015) ensilou a palma forrageira com adição de farelo de trigo e não verificou efeito da adição do farelo sobre a perda de efluentes, que foi mais baixa que as registradas no presente ensaio, em todos os níveis de adição e no controle, apresentando uma média de 23,25 g kg⁻¹.

4.4. Estabilidade aeróbia

Não foi constatada a quebra da estabilidade aeróbia em nenhuma das silagens durante as 96 horas de aferição. Possivelmente o fato se deve aos baixos níveis de ácido láctico registrados nas silagens com 180 dias de armazenamento, que associado aos elevados teores de ácido butírico e de pH constatados nas silagens. Conclui-se que as silagens já se apresentavam deterioradas na abertura dos silos. A exceção foi para as silagens que receberam somente o farelo de soja, no nível de 30% da MN, que apresentaram bons parâmetros de fermentação.

A possível explicação para essas silagens com adição de 30% de soja terem se mantido estáveis durante todo o período de avaliação pode ser atribuída ao pH obtido no momento da abertura (4,48), que se encontra na faixa proposta por Mahanna (1994), que é de 4,0 a 4,5 e muito próximo à proposta por Tomich et al. (2003) que indicam, para um conteúdo de MS entre 20 e 30%, um pH menor ou igual a 4,2 para uma silagem estável.

5. CONCLUSÕES

A adição de farelo de soja no nível de 30% da matéria natural influencia positivamente o padrão fermentativo, da silagem de palma forrageira armazenada por 180 dias, e a composição química, além de redizer as perdas fermentativas.

A quitosana associada ao farelo de soja reduz as perdas fermentativas da silagem de palma forrageira armazenada por 180 dias.

A adição de ureia, no nível de 2% da matéria seca, influencia negativamente o padrão fermentativo, independente da associação ao farelo de soja. Entretanto quando associada ao farelo de soja, no nível de adição de 15% da matéria natural, promove redução nas perdas fermentativas das silagens de palma armazenadas por 180 dias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. S.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p. 711-728, 2014.

AOAC. **Official methods of analysis**. 12 ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 1990. 1094p.

ARAÚJO, G.G.L.; BADE, P.L.; MENEZES, D.R.; SOCORRO, E.P.; SÁ, J.L.; OLIVEIRA, G.J.C. Substituição da raspa de mandioca por farelo de palma forrageira na dieta de ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.10, n. 2, p. 448-459, 2009.

BARROSO, D.D.; ARAUJO, G.G.L.; SILVA, D.S.;MEDINA, F.T. Resíduo desidratado de vitivinícolas associado a diferentes fontes energéticas na alimentação de ovinos: consumo e digestibilidade aparente. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.767-773, 2006.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, n.2, p.130-137, 1962.

CUREK, M.; OZEN, N. Feed value of Cactus and cactus silage. **Turk Journal of Veterinary Animal Science**, v. 28, p. 633-639, 2001.

DEL VALLE, T. A.; ZENATTI, T. F.; ANTONIO, G.; CAMPANA, M.; GANDRA, J. R.; ZILIO, E. M. C.; MATTOS, L. F. A.; MORAIS, J. G. P. Effect of chitosan on the preservation quality of sugarcane silage. **Grass and forage Science**, v. 0, p. 1-9, 2018.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; SIQUEIRA, G.R. et al. Perfil de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, RS: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. CD-ROM.

GANDRA, J.R.; OLIVEIRA, E.R.; TAKIYAC, C.S.; GOES, R.H.T. B.; PAIVA, P. G.; OLIVEIRA, K.M.P.; GANDRA, E.R. S.; ORBACHA, N.D.; HARAKIA, H.M.C. Chitosan improves the chemical composition, microbiological quality, and aerobic stability of sugarcane silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.214, p. 44-52, 2016.

GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. Tratamento de volumosos de baixa qualidade para utilização na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Associação Mineira dos Estudantes de Zootecnia, 1998. p.33-61.

GONZÁLEZ, G.; RODRÍGUEZ, A.A. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in roundbales. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.3, p.926-933, 2003.

GUSHA, J.; KATSANDE, S.; ZVINOROVA, P. I.; NCUBE, S. The nutritional composition and acceptability of cacti (*Opuntia ficus indica*) - legume mixed silage. **Online Journal of Animal Feed Research**, v.3, n.2, p. 116-120, 2013.

HAN, H.; FELKER, P. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. **Journal of Arid Environments** v. 36, p. 133–148 2007.

KUNG, L.; SHAVER, R. Interpretation and use of silagefermentation analysis reports. **Focus on Forage**, v.3, n.13, p.1-5, 2001.

KUNG JÚNIOR, 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, n.6, p.1526-1532, 2002.

KUNG JUNIOR, L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E., HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003, p.305-360.

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

McKERSIE, B.D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. **Agronomy Journal**, v.77, n.1, p.81-86, 1985.

MCITEKA, H. **Fermentation characteristics and nutritional value of *Opuntia ficus indica* var *fusicaulis* cladode silage**. Bloemfontein, South Africa: University of the Free State, 2008, 113p. Magister Scientiae Agriculturae - University of the Free State, 2008.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1463-1481, 1997.

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

NEGRÃO, F.M.; SILVA, E.A. Co-produtos na silagem de gramíneas tropicais. **FAZU em revista**, n. 8, p. 163–171, 2011.

NOGUEIRA, M. S. **Perfil fermentativo e composição química de silagens de palma forrageira aditivadas com ureia e farelo de trigo**. Areia, PB: Universidade Federal da Paraíba, 2015, 51 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, 2015.

OLIVEIRA, A.C.; GARCIA, R.;PIRES, A.J.V.; OLIVEIRA, H.C.;ALMEIDA, V.V.S.; SILVA, R.R.; NASCIMENTO FILHO, C. S.; ABREU FILHO, G. Chemical composition and fermentation characteristics of sugar cane silage enriched with detoxified castor bean meal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.1, p.181-188, 2015.

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

SANTOS, E.M; PARENTE, H.N.; OLIVEIRA, J. S. **Ensilagem de plantas forrageiras para o semiárido**. São Luís, MA: EDUFMA, 2016, 317p.

SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS P. A. A.; MUNIZ, E. N.; MUNIZ E. N.; RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v.44, n.11, p. 2064-2071, 2014.

SUNDSTOL, F.; COXWORTH, E.M. Ammonia treatment. In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. (Eds.). **Straw and other fibrous products as feed**. Amsterdam: Elsevier, 1984. p.196-247.

TAYLOR, C. C.; TORRES, L.C.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A.; VILELA, M. S.; GUIMARÃES, A.V.; SILVA, E.C. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2264-2269, 2009.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2003. 20p.

TOSTO, M. S. L.; ARAÚJO, G. G. L; OLIVEIRA, R. L.; BAGALDO, A. R.; DANTAS, F. R.; MENEZES, D. R.; CHAGAS, E. C. O. Composição química e

estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.3, p. 239-249, 2007.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **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, n.12, p.2611-2616, 2010.

CAPÍTULO 2

Reensilagem de cana-de-açúcar com e sem *Lactobacillus buchneri*

Reensilagem de cana-de-açúcar com e sem *Lactobacillus buchneri*

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a composição química, perfil fermentativo e perdas das silagens de cana-de-açúcar submetidas à técnica de reensilagem em diferentes tempos de exposição aeróbica, tratadas ou não com aditivo microbiano. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, com cinco repetições por tratamento. Os tratamentos foram os quatro tempos de exposição ao ar (0, 6, 12 e 24 h) antes da ré ensilagem, com e sem o aditivo *Lactobacillus buchneri* (*L. buchneri*). A cana foi triturada em máquina forrageira estacionária e ensilada em quatro tambores plásticos com capacidade para 200 litros cada. Após 210 dias de armazenamento os tambores foram abertos e separados em duas pilhas. Em uma delas foi feita a inoculação com *L. buchneri* na concentração de 10^5 ufc de bactériag⁻¹ de forragem. Imediatamente iniciou-se o processo de reensilagem com intervalos de seis horas, sendo o material ensilado em mine silos de PVC. A abertura dos silos ocorreu quando o material apresentava 120 dias de ensilado, totalizando 330 dias desde a primeira ensilagem do material. De cada silo foram coletadas amostras para análises bromatológicas e para determinação do pH, nitrogênio amoniacal, ácido láctico, ácido acético, ácido butírico, ácido propiônico e etanol. O *L. buchneri* reduziu a concentração de N-NH₃ e de butirato (P<0,05), não reduziu a concentração de etanol, nem aumentou a concentração de ácido acético, também não melhorou a estabilidade aeróbia nem as perdas fermentativas. Não foi constatado efeito do aditivo nem do tempo para a ré ensilagem na PMS. No entanto, foi constatada interação (P<0,05) entre o uso do *L. buchneri* e o tempo para a reensilagem para a PMS. O *Lactobacillus buchneri* não é efetivo na redução dos níveis de etanol nem na melhoria da estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar reensiladas. Contudo silagens tratadas com o *L. buchneri* expostas por mais de 12 horas, apresentam menor perda de MS. A reensilagem da cana-de-açúcar com até 24 horas de exposição ao ar não altera a qualidade do produto final.

Palavras- chave: Aditivos, Estabilidade aeróbia, Fermentação, Perdas.

Re-ensiling of sugarcane with and without *Lactobacillus buchneri*

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the chemical composition, fermentation profile and losses of sugarcane silages submitted to the re-sizing technique in different aerobic exposure times, treated or not with microbial additive. The experiment was conducted in a completely randomized design in a 4x2 factorial scheme, with five replications per treatment. The treatments were the four air exposure times (0, 6, 12 and 24 h) before re-ensiling, with and without *Lactobacillus buchneri* (*L. buchneri*). The cane was crushed in a stationary forage machine and ensiled in four plastic drums with a capacity of 200 liters each. After 210 days storage the barrels were opened and separated into two piles. In one of them the inoculation with *L. buchneri* in the concentration of 10⁵ cfu of forage g⁻¹ bacterium was done. Immediately the re-sieving process was started at six hour intervals, the material ensiled in PVC silos. The opening of the silos occurred when the material presented 120 days of silage, totaling 330 days from the first silage of the material. From each silo samples were collected for bromatological analysis and for pH determination, ammoniacal nitrogen, lactic acid, acetic acid, butyric acid, propionic acid and ethanol. *L. buchneri* reduced the concentration of N-NH₃ and butyrate (P <0.05), did not reduce ethanol concentration, nor did it increase acetic acid concentration, nor did it improve aerobic stability or fermentative losses. There was no effect of the additive or the time for re-ensiling in the PMS. However, interaction (P <0.05) was observed between the use of *L. buchneri* and time to re-ensiling for PMS. *Lactobacillus buchneri* is not effective in reducing ethanol levels nor in improving the aerobic stability of re-ensiled sugar cane silages. However, silages treated with *L. buchneri* exposed for more than 12 hours have a lower loss of DM. Sugar cane re-equilibration with up to 24 hours exposure to air does not alter the quality of the final product.

Keywords: Additives, Fermentation, Aerobic stability, Losses

1. INTRODUÇÃO

A ensilagem da cana-de-açúcar vem despertando interesse dos produtores rurais por facilitar o manejo, pois elimina a necessidade do corte e transporte diários, favorece a vida útil da cultura devido ao corte uniforme, além de prevenir os riscos de incêndio e perda da massa acumulada durante a estação seca do ano (PEDROSO, et al., 2005; EVANGELISTA et al., 2009).

No processo de ensilagem da cana-de-açúcar a elevada quantidade de carboidratos solúveis e a natural presença de leveduras, faz com que a velocidade de abaixamento do pH seja muito rápida, favorecendo o crescimento das leveduras e levando à produção de etanol, CO₂ e água (DRIEHUIS & VAN WIKSELAAR, 2000; OLIVEIRA et al., 2015). Tal situação acarreta em elevação das perdas da massa ensilada e conseqüente queda da qualidade dessa silagem como alimento, pois a presença do etanol implica em redução do consumo voluntário (NUSSIO et al., 2003; PEDROSO et al., 2005). O uso *L. buchneri* utilizado como inoculante em silagens, leva a uma maior produção de ácido acético em detrimento do ácido láctico, causando uma redução no crescimento das leveduras, que além de produzirem o etanol, reduzem a estabilidade aeróbia (RANJIT & KUNG Jr., 2000; FILIA, 2003).

Inúmeros autores obtiveram redução nos teores de etanol e melhoria da estabilidade aeróbia quando utilizaram o *L. buchneri* na ensilagem da cana-de-açúcar (PEDROSO et al., 2008; CARVALHO et al., 2012; ÁVILA et al., 2012; SMIDTH et al., 2014; SANTOS et al. 2015).

A reensilagem de plantas forrageiras vem sendo utilizada em diversas situações como a venda ou fusão de pequenas propriedades, transferência dos animais em lactação para outra propriedade, dificuldades regionais para a produção de silagem e até pela comercialização de silagem por propriedades que se especializaram nesse setor (CHEN e WEINBERG, 2014; LIMA et al., 2017). Apesar disso, os impactos da reensilagem em forrageiras tropicais são escassos, havendo necessidade de estudos para avaliar a tecnologia sobre esses materiais.

Diante do exposto, hipotetizamos que a reensilagem altera as características fermentativas e composição química da silagem de cana-de-açúcar resultando em perdas. O aumento no tempo decorrido na ré ensilagem poderá aumentar as perdas e

consequentemente diminuir o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar. O uso de um aditivo biológico durante a reensilagem pode reduzir os efeitos negativos da exposição ao ar e do excesso de tempo durante a realização desta técnica.

Neste sentido, objetivou-se avaliar a composição química, perfil fermentativo e perdas nas silagens de cana-de-açúcar com e sem aditivo microbiano, submetidas à técnica de reensilagem em diferentes tempos de exposição aeróbica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição do local

O cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) foi realizado na Fazenda Muricy, localizada no município de São Gonçalo dos Campos-BA, no Brasil, nas coordenadas 12°23'49.5 "S e 38°52'43.5" W, com uma altitude de 234 metros. Com base na classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é tipo As (clima tropical "A", com temperaturas médias acima de 18°C e "s", a estação seca ocorre durante o tempo do sol mais alto e dias mais longos), com média precipitação anual de 900 a 1200 mm por ano, classificado como semiárido (ALVARES et al., 2014).

2.2. Delineamento experimental e ensilagem

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, em esquema fatorial 4x2, correspondendo a tempo de exposição ao ar antes da ré ensilagem (0, 6, 12 e 24 h) e uso ou não de aditivo bacteriano (*Lactobacillus buchneri* 10⁵ ufc de bactéria g⁻¹ de forragem).

O material foi levado para a Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos, pertencente à UFBA, triturado em máquina forrageira estacionária (NOGUEIRA MÁQUINAS AGRÍCOLAS, modelo EN93B, São João da Boa Vista, SP, Brasil) e ensilada em quatro tambores plásticos com capacidade para 200 litros cada. Após 210 dias de armazenamento os tambores foram abertos, colhida uma amostra de 1 kg e separado em duas pilhas. Em uma delas foi feita a inoculação com aditivo contendo o *Lactobacillus buchneri* (10⁵ ufc de bactéria g⁻¹ de forragem). Imediatamente iniciou-se o processo de reensilagem com intervalos de seis horas. A forragem foi reensilada em

cinco mini silos de PVC (cinco com aditivo e cinco sem), objetivando-se atingir uma densidade de 700 kg de MS/m³. Nas tampas foram adaptadas válvulas do tipo *Bunsen*, para saída dos gases.

No fundo de cada mini silo foi colocado 1 kg de areia, em seguida uma tela para separar o material ensilado para captação dos fluidos e determinação das perdas por efluentes. Os silos foram pesados no dia do enchimento e na abertura.

Os mini silos foram abertos 120 dias após a reensilagem, totalizando 330 dias desde a primeira ensilagem do material. No momento da abertura foram coletadas amostras de aproximadamente 300 gramas de matéria natural para as análises laboratoriais.

2.3. Perfil fermentativo (pH, N-NH₃ e ácidos orgânicos)

O pH nas amostras de silagem foi determinado em duplicata e medido com potenciômetro digital portátil de acordo com a metodologia descrita por Bolsen et al. (1992). Amostras da palma fresca também foram usadas para a determinação da capacidade tampão (CT) segundo a técnica de Playne e McDonald (1966).

A determinação dos ácidos orgânicos e ácido lático foi realizada na Universidade Federal de Viçosa (UFV) conforme a metodologia descrita por Muck e Dickerson (1988) através de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), utilizando uma coluna Aminex® HPX-87H (30 cm x 4.5 mm, Bio-Rad Laboratories Ltd), em um cromatógrafo Thermo. Foram injetados 20 µL de cada amostra sendo os ácidos detectados utilizando como fase móvel água em 0.05 mmol L⁻¹ de ácido sulfúrico (H₂SO₄) com fluxo na coluna de 0,8 mL/minuto, sobre uma pressão de 87 kgf. Os compostos foram monitorados com auxílio de detector UV (modelo SPD10A VP), regulado em comprimento de onda (λ) de 210 nm.

A determinação do teor de nitrogênio amoniacal foi realizada através da colorimetria, utilizando-se o extrato aquoso da silagem para a sua determinação, conforme com base na metodologia descrita por Chaney e Marbach (1962), adaptadas para amostras de silagem.

2.4. Composição química, capacidade tampão e carboidratos solúveis

Após a coleta as amostras foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas.

Após a secagem foram trituradas em moinhos de faca tipo *Willey* com peneira de 1 mm. Esse material foi posteriormente utilizado para a determinação dos teores de matéria seca (Método, 934.01), matéria orgânica (Método 924.05), proteína bruta (Método, 920.87), extrato etéreo (EE – Método 920.39) conforme as metodologias descritas na AOAC (1990). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com a técnica descrita por Van Soest et al.(1991)

Os carboidratos-não-fibrosos foram estimados segundo a equação proposta por Mertens (1997):

$$\text{CNF} = 100 - \text{MM} - \text{PB} - \text{EE} - \text{FDN}$$

A determinação da quantidade de carboidratos solúveis da silagem foi feita pela técnica descrita por Dubois et al. (1956).

Tabela 1- Composição química e capacidade tampão da cana-de-açúcar

Item	Composição
g kg ⁻¹ de Matéria natural	
Matéria seca	295,9
g kg ⁻¹ de Matéria seca	
Materia mineral	34,0
Proteína bruta	21,2
Estrato etéreo	9,1
Fibra em detergente neutro	752,2
Carboidratos não fibrosos	183,5
Carboidratos solúveis	395,7
Capacidade tampão (Mg NaOH/100g MS)	2,6

2.5. Perdas fermentativas e efluentes

Após o período em que os mini silos foram mantidos estocados, foi inicialmente procedida à pesagem individual de cada um deles ainda fechados. Posteriormente, foram abertos sendo novamente pesados. Após a retirada de toda amostra de silagem, o peso foi novamente mensurado, para determinação das perdas por efluentes, assim como para se estimar a recuperação da matéria seca durante a ensilagem, sendo utilizadas as equações descritas por Zanine et al. (2010):

Para perdas por efluentes:

$$E = [(PV_f - Tb) - (PV_i - Tb)]/MF_i \times 100$$

Onde:

E = perdas por efluentes (kg t^{-1} MF);

PV_i = Peso do silo vazio + peso da areia na vedação;

PV_f = Peso do silo vazio + peso da areia na abertura;

Tb = Peso do silo vazio (kg);

MF_i = Massa de forragem na vedação

A estimativa de recuperação de matéria seca foi calculada de acordo com a equação proposta por Zanine et al. (2010):

$$RMS = (MF_a \times MS_a)/(MF_f \times MS_f) \times 100$$

Onde:

RMS = Taxa de recuperação de matéria seca (%)

MF_a = Massa de forragem na abertura do silo (kg)

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

MF_f = Massa de forragem na vedação do silo (kg)

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

A perda de matéria seca foi calculada da seguinte forma: PMS= 100-RMS

2.6. Estabilidade aeróbica

Aproximadamente 1 kg de silagem foi colocado em cada bandeja de alumínio e a temperatura foi registrada em triplicata em intervalos de uma hora, durante 96 horas (temperatura ambiente de 25°C). A estabilidade aeróbica foi calculada levando-se em consideração o tempo gasto, em horas, para a massa da forragem, elevar em 2°C a temperatura acima da temperatura do ambiente (Taylor & Kung Jr., 2002).

2.7. Análise estatística

Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância (PROC GLM – SAS) segundo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, considerando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + AD_i + PE_j + AD_i*PE_j + \epsilon_{ijk}.$$

Onde:

Y_{ijk} = resposta observada na repetição k, do aditivo i, no período de exposição j;

μ = média geral observada;

AD_i = Efeito fixo do aditivo i, i = (Sem, Com);

PE_j = Efeito fixo do período de exposição j, j = (0, 6, 12, 24 horas);

AD_i*PE_j = efeitos da interação entre o aditivo e o período de exposição;

ϵ_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Para as variáveis em que o efeito de interação foi significativo, o mesmo foi desdobrado (PROC GLM – SAS), sendo avaliado o efeito de aditivo dentro de cada período de exposição (teste F) e o efeito do período de exposição dentro de cada aditivo através do ajuste de modelos de regressão linear, quadrático (PROC REG – SAS). Para todos os modelos avaliados foi considerado um nível de significância de 0,05 para o erro tipo I.

3. RESULTADOS

3.1. Perfil fermentativo

Não houve efeito de interação entre o *L. buchneri* e o tempo de exposição ao ar antes da ré ensilagem ($P < 0,05$) para as variáveis pH, N-NH₃, acetato, propionato e butirato. Contudo foi verificado efeito de interação para as concentrações de etanol e lactato, ambos apresentando efeito quadrático. Já no período de 6 horas o aditivo promoveu redução do etanol, ocorrendo efeito inverso nos demais períodos (Tabelas 2 e 3).

Não foi constatada diferença estatística no nível de 0,05 em relação ao pH, níveis de acetato e propionato das silagens tratadas ou não com o *L. buchneri*. Entretanto, foi constatado efeito do *L. buchneri* sobre a redução dos níveis de butirato e N-NH₃ (Tabela 2).

As concentrações de N- NH₃ reduziram com a inoculação com o *L. buchneri*.

O tempo de exposição das silagens ao ar, antes da reensilagem influenciou de forma quadrática as variáveis pH e propionato.

Tabela 2 - Perfil fermentativo de silagens de cana-de-açúcar reensiladas em quatro tempos de exposição ao ar, com e sem aditivo bacteriano (*L. buchneri*)

Item	Aditivo		Período de exposição ao ar				CV (%)	Valor-P*		
	Sem	Com	0	6	12	24		A	PE	A x PE
pH	3,3	3,3	3,4	3,3	3,3	3,3	1,4	0,162	0,011	0,908
N-NH ₃ ¹	6,8	6,0	5,2	7,5	6,0	7,0	6,1	0,028	0,056	0,824
Etanol ²	164,6	175,3	191,9	155,7	167,3	164,8	6,1	0,015	<0,001	<0,001
Lactato ²	21,6	16,5	18,0	22,2	17,0	18,9	7,6	0,001	0,083	0,003
Acetato ²	36,9	33,0	35,5	26,9	45,6	36,4	10,0	0,328	0,071	0,057
Propionato ²	3,5	3,4	4,4	2,0	3,9	3,8	15,1	0,828	0,014	0,276
Butirato ²	7,8	6,5	7,0	7,1	7,3	7,2	16,2	0,010	0,975	0,371

Equações de regressão

pH	$\hat{Y} = 3,3648 - 0,0086*PE + 0,0003*PE^2$ (R ² = 24,48)
Propionato	$\hat{Y} = 3,8440 - 0,0417*PE + 0,0018*PE^2$ (R ² = 25,42)

¹% do nitrogênio total; ²g kg⁻¹ de MS; CV = coeficiente de variação; A = efeito do aditivo; PE = efeito do período de exposição ao ar; A x PE = efeito de interação entre o aditivo e o período de exposição ao ar antes da reensilagem. *Nível de significância de 5% de probabilidade para Teste F e os modelos de regressão.

Tabela 3 - Desdobramento dos efeitos de interação no perfil fermentativo de silagens de cana-de-açúcar reensiladas em quatro tempos de exposição ao ar, com e sem aditivo bacteriano (*L. buchneri*)

Item	Aditivo	Período de exposição ao ar				Valor-P	
		0	6	12	24	Linear	Quadrático
Etanol ¹	Sem	186,1 ^a	167,7 ^a	152,5 ^b	152,1 ^b	0,004	0,003
	Com	197,7 ^a	143,7 ^b	182,1 ^a	177,5 ^a	0,765	0,034
Lactato ¹	Sem	17,6 ^a	25,8 ^a	17,2 ^a	25,8 ^a	0,166	0,374
	Com	18,5 ^a	18,6 ^b	16,9 ^a	11,9 ^b	0,004	0,009

Equações de regressão

Etanol (sem aditivo)	$\hat{Y} = 186,64 - 4,0480*PE + 0,1083*PE^2$ (50,38)
Etanol (com aditivo)	$\hat{Y} = 188,69 - 4,5224*PE + 0,1742*PE^2$ (25,58)
Lactato (sem aditivo)	$\hat{Y} = 21,58$
Lactato (com aditivo)	$\hat{Y} = 18,6056 + 0,0382*PE - 0,0132*PE^2$ (42,66)

¹(g / kg⁻¹ de MS); Médias na mesma coluna seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente pelo teste F ao nível de significância de 5% de probabilidade.

Observou-se menor concentração de etanol (148,81 g kg⁻¹), quando não se utilizou o *L. buchneri*, com 18 horas de exposição ao ar antes da reensilagem. Já com a

inclusão do aditivo, a menor concentração (182,90 g kg⁻¹) foi detectada com uma hora e trinta minutos de exposição ao ar, antes da reensilagem (Tabela 3).

Quanto à concentração de lactato nas silagens, foi constatado não haver diferença entre assilagens com e sem aditivo nos períodos de zero e 12 horas de exposição ao ar. No período de seis horas ocorreu uma elevação na concentração com a adição do inoculante, ocorrendo efeito inverso no período de 24 horas de exposição ao ar. Foi constatado efeito quadrático entre a interação do tempo de exposição ao ar antes da reensilagem e a utilização do *L. buchneri*, tendo sido detectado ponto de máximo de lactato de 18,61 g kg⁻¹ às quatro horas de exposição ao ar.

3.2. Composição química

Não foi constatada interação (P>0,05) entre o uso do aditivo *L. buchneri* e o tempo de exposição ao ar antes da reensilagem para os conteúdos de proteína bruta e carboidratos solúveis das silagens. Contudo, para as demais variáveis da composição química houve interação entre os fatores estudados (Tabela 4).

Tabela 4 - Componentes nutricionais e teores de carboidratos solúveis (CHO) em silagens de cana-de-açúcar em quatro tempos de reensilagem (0, 6, 12 e 24 horas), com e sem aditivo microbiano (*L. buchneri*)

Item	Aditivo		Período de exposição ao ar				CV (%)	Valor-P*		
	Sem	Com	0	6	12	24		A	PE	A x PE
MS	206,7	207,7	200,0	207,5	209,6	211,7	4,4	0,727	0,037	0,002
MM ¹	31,1	31,2	32,0	32,0	30,8	29,9	6,6	0,923	0,082	0,005
PB ¹	36,4	36,7	36,7	36,7	36,6	36,1	5,5	0,616	0,874	0,125
CNF ¹	174,1	167,2	182,7	166,1	170,0	163,7	5,8	0,036	0,001	0,006
FDN ¹	748,1	757,1	739,0	753,5	755,4	762,5	1,2	0,004	<0,001	0,011
CHO ¹	70,8	73,8	80,9	68,6	68,9	70,9	19,2	0,497	0,171	0,706

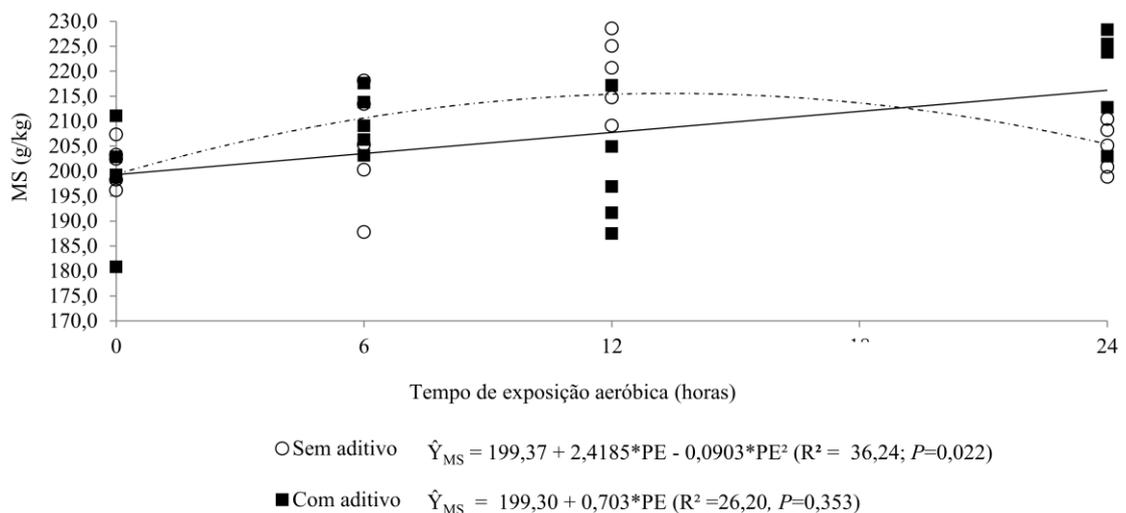
¹g kg⁻¹ de MS. MS= matéria seca; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; CNF= carboidratos não fibrosos; FDN= fibra insolúvel em detergente neutro; CHO = carboidrato total. A = efeito do aditivo; PE = efeito do período de exposição ao ar; A x PE= efeito de interação entre o aditivo e o período de exposição ao ar antes da reensilagem. *Nível de significância de 5% de probabilidade para Teste F e os modelos de regressão.

O tempo de reensilagem influenciou de forma quadrática o conteúdo de MM, CNF e FDN, quando na massa ensilada foi adicionado o *L. buchneri*, sendo a FDN foram influenciados mesmo sem o aditivo.

Para os teores de MS entre os tempos de reensilagem dos materiais com e sem aditivo até as seis horas de exposição ao ar, não houve diferença no nível de 0,05. No período de exposição de 12 horas o aditivo promoveu redução na MS, já no período de 24h ocorreu efeito inverso.

Foi constatado efeito quadrático para os tratamentos sem aditivo, referente aos teores de MS, em relação ao tempo de exposição ao ar antes da reensilagem. O maior conteúdo em MS foi de 215,56 g kg⁻¹ para o período de 13 h de exposição ao ar antes da reensilagem (Figura 1). Já, para assilagens com adição do *L. buchneri* foi verificado um efeito linear com aumento de 0,70 g kg⁻¹ de MS por unidade de tempo.

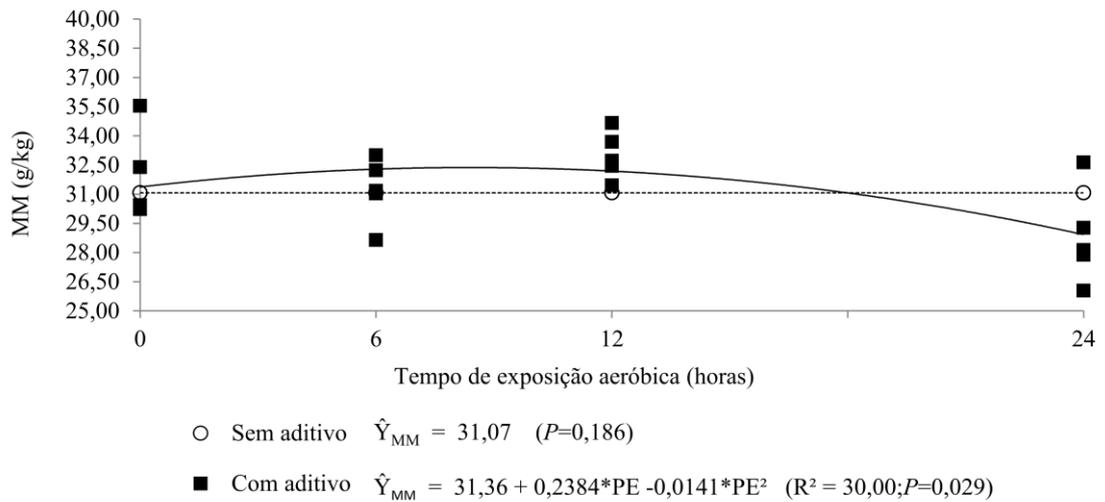
Figura 1 - Efeito da interação entre o tempo de exposição aeróbia, antes da reensilagem e a utilização do *L. Buchneri* sobre os teores de MS de silagens de cana-de-açúcar



MS = Matéria seca, PE = Período de exposição ao ar.

Quando se adicionou o aditivo bacteriano, foi verificada diferença ($P < 0,05$) em relação ao conteúdo em minerais nos quatro tempos de exposição ao ar. Já quando o aditivo não foi utilizado foi constatado não haver diferença nos conteúdos em minerais nos períodos de zero e seis horas de exposição ao ar, ocorrendo no período de 12 horas de exposição ao ar, antes da reensilagem, uma redução significativa do conteúdo em minerais, tendo sido verificado um efeito quadrático. O menor valor (26,76 g kg⁻¹) foi registrado, aproximadamente às 8 h de exposição ao ar antes da reensilagem (Figura 2).

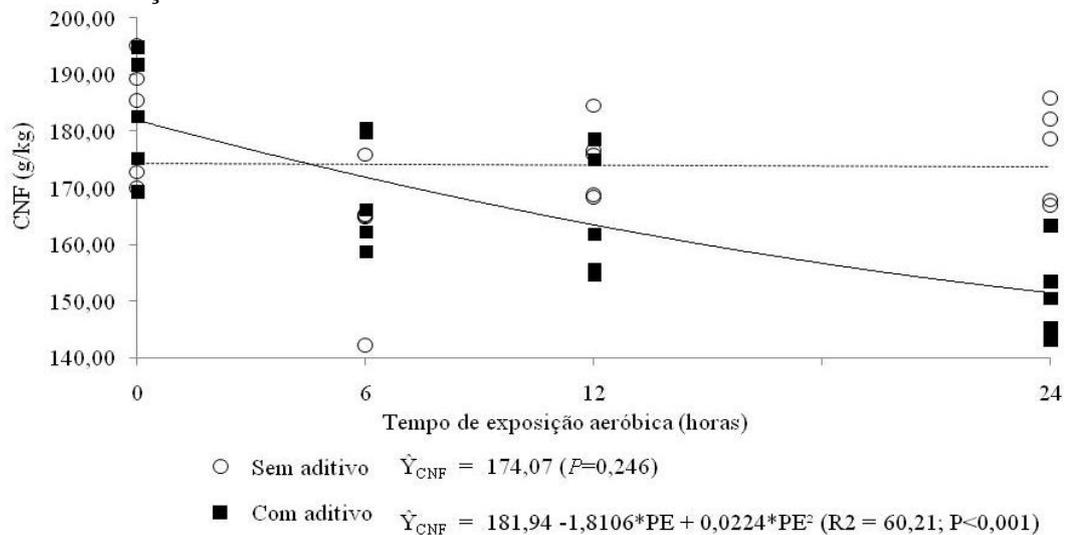
Figura 2 - Efeito da interação entre o tempo de exposição aeróbia, antes da reensilagem e a utilização do *L. Buchneri* sobre os teores de MM de silagens de cana-de-açúcar



MM = Matéria mineral, MS = Matéria seca, PE = Período de exposição ao ar.

Para o conteúdo em CNF, observou-se efeito quadrático da inoculação com o *L. buchneri* ocorrendo uma estabilidade dos valores até as 24 horas de exposição ao ar antes da reensilagem, quando ocorre uma acentuada redução no conteúdo desse componente quando havia a presença do inoculante. A equação detectou que o menor conteúdo ($145,36 \text{ g kg}^{-1}$) ocorreu com aproximadamente 15 h de exposição ao ar (Figura 3).

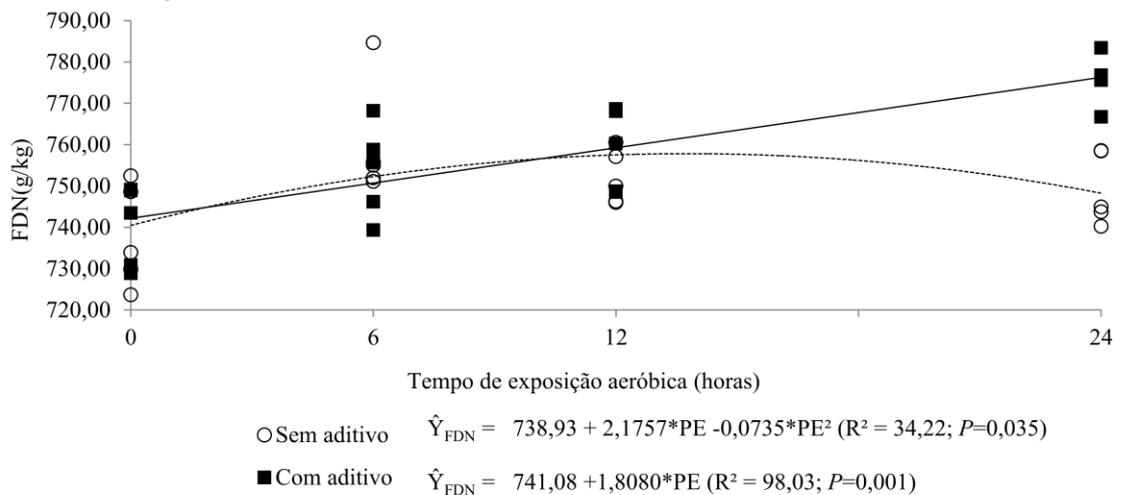
Figura 3 - Efeito da interação entre o tempo de exposição aeróbia, antes da reensilagem e a utilização do *L. Buchneri* sobre os teores de CNF de silagens de cana-de-açúcar



CNF = Carboidratos não fibrosos, MS = Matéria seca, PE = Período de exposição ao ar.

Quanto ao nível de FDN na MS, foi verificado efeito quadrático da interação entre o tempo de exposição ao ar antes da reensilagem e a utilização do *L. buchneri*. O maior conteúdo em FDN ($755,03 \text{ g kg}^{-1}$) ocorreu com 14 h de exposição ao ar quando não se utilizou o inoculante.

Figura 4- Efeito da interação entre o tempo de exposição aeróbia, antes da reensilagem e a utilização do *L. Buchneri* sobre os teores de FDN de silagens de cana-de-açúcar



FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro, MS = Matéria seca, PE = Período de exposição ao ar.

3.3. Perdas fermentativas

Não foi constatada a interação entre a utilização do aditivo e o tempo para a reensilagem para a perda por efluentes (Tabela 6).

Foi constatado efeito ($P < 0,05$) do aditivo microbiano (*L. buchneri*) e do tempo de exposição aeróbia (0, 6, 12 e 24 h), antes da reensilagem, para a perda por efluentes nas silagens de cana-de-açúcar. Foi constatado também, que a adição de *L. buchneri* promoveu aumento nas perdas. Já para o tempo de exposição ao ar, antes da reensilagem, constatou-se um aumento de 260,8% para esse parâmetro de qualidade quando o tempo para a reensilagem passou de zero para seis horas. No entanto, constatou-se queda progressiva nas perdas por efluentes nos tempos subsequentes.

Tabela 5 - Valores médios da perda de matéria seca (PMS) e perdas por efluentes (PE) em silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos de exposição aeróbica com e sem inclusão de *L. buchneri*

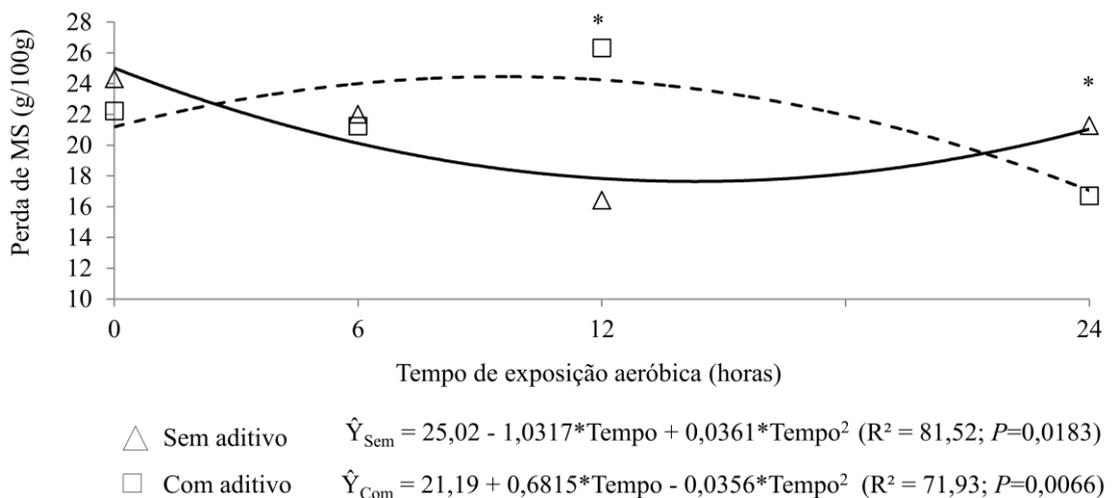
Item	Aditivo		Período de exposição ao ar				CV (%)	Valor – P*		
	Sem	Com	0	6	12	24		A	PE	A x PE
PMS	210,1	211,7	232,7	216,3	204,6	190,0	5,4	0,883	0,061	0,002
PE	12,8	14,9	7,4	19,3	15,0	13,7	36,9	0,017	<0,001	0,170

A= efeito do aditivo; PE= efeito do tempo para a reensilagem; A x PE= interação entre aditivo e tempo para a ré ensilagem. Nível de significância de 5% de probabilidade. PMS em g kg⁻¹ MS e PE em kg t⁻¹ MN. *Nível de significância de 5% de probabilidade para Teste F e os modelos de regressão.

Não foi constatado efeito do aditivo nem do tempo para a reensilagem na PMS. No entanto, foi constatada interação (P<0,05) entre o uso de *L. buchneri* e o tempo para a ré ensilagem para a PMS (Tabela 5).

Constatou-se que entre os tempos de exposição ao ar de seis e 12 horas ocorreu um aumento na PMS quando se adicionou o *L. buchneri*, ocorrendo efeito inverso quando não se utilizou o aditivo. Entretanto, entre as 12 horas e 24 horas de exposição ao ar, antes da ré ensilagem, o *L. buchneri* promoveu redução na PMS.

Figura 5 – Desdobramento da interação para perda de matéria seca (PMS) em silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos de exposição aeróbica com e sem inclusão de *L. buchneri*



MN = Matéria natural.

3.4. Estabilidade aeróbica

O uso do *L. buchneri* não influenciou ($P < 0,05$) a estabilidade aeróbia das silagens de cana-de-açúcar. As silagens tratadas com o aditivo perderam a estabilidade com 41,98 horas de exposição ao ar, já as que não foram tratadas apresentaram quebra da estabilidade com 42,26 horas de exposição ao ar.

Tabela 6 - Estabilidade aeróbica (EA), temperatura máxima atingida (T), tempo para atingir a temperatura máxima (HT), diferença entre a temperatura máxima e mínima (A) em silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos de exposição aeróbica com e sem inclusão de *L.buchneri*

Item	Aditivo		PE				CV (%)	Valor - P*			Efeitos*	
	S	C	0	6	12	24		A	PE	A x PE	L	Q
EA ¹	42,3	42,0	45,5	44,5	43,2	35,2	18,3	0,908	0,033	0,926	0,007	0,166
T ²	32,8	31,5	31,7	31,9	31,9	33,1	5,4	0,024	0,289	0,744	0,096	0,376
HT ³	56,1	51,2	55,9	54,7	53,5	50,5	10,4	0,004	0,113	0,057	0,018	0,561
A ²	10,3	8,7	8,9	9,9	8,8	10,4	19,0	0,007	0,114	0,693	0,178	0,621

S = sem aditivo; C = com aditivo; ¹tempo em que foi verificada a quebra da estabilidade aeróbica (temperatura da silagem 2°C acima da temperatura ambiente); ²Temperatura em °C; ³Tempo em horas; A= efeito do aditivo; PE= efeito do tempo para a ré ensilagem; A x PE= interação entre aditivo e tempo para a ré ensilagem. *Nível de significância de 5% de probabilidade para Teste F e os modelos de regressão.

Constatou-se efeito ($P < 0,05$) do tempo de exposição ao ar, antes da reensilagem, em relação ao tempo para a quebra da estabilidade aeróbia, observando-se um efeito linear negativo. O maior tempo para a quebra ocorreu no menor tempo de exposição ao ar, sendo o pior resultado o registrado para as silagens que ficaram expostas por 24 horas antes de ré ensiladas. Não foi registrado efeito de interação entre o uso do aditivo microbiano e o tempo de exposição ao ar antes da reensilagem.

4. DISCUSSÃO

4.1. Perfil fermentativo

Conforme citado no item 3.1, não foi constatada diferença estatística no nível de 0,05 em relação ao pH, níveis de acetato, propionato das silagens, independente do tempo de exposição ao ar antes da reensilagem, com ou sem a utilização do *L. buchneri*. Resultados similares foram obtidos por Erickson et al. (2012), que ao avaliarem silagens de milho tratadas ou não com aditivo microbiano comercial contendo bactérias ácido

láticas (*L. plantarum*, *P. pentosaceus*, e *E. faecium*), expostas ao ar por sete períodos diferentes (0, 24, 48, 72, 120, 240 e 336 horas) e não observaram diferença ($P < 0,05$) entre as silagens tratadas ou não. Observaram também que os valores de pH se mantiveram próximos de 3,8 até 72 horas de exposição, aumentando linearmente até valores acima de 6,0 com 336 h de exposição ao ar. Resultado equivalente foi obtido por Carvalho et al. (2014) que avaliaram o efeito de cepas selvagens de bactérias ácido láticas em silagens de cana-de-açúcar, armazenadas por até 126 dias e não registraram diferença ($P < 0,05$) entre o pH das silagens tratadas ou não com aditivos bacterianos.

No entanto, Sá Neto et al. (2013) que avaliaram silagens de cana-de-açúcar aditivadas com *L. buchneri* na dose de 10^5 ufc g^{-1} de forragem fresca e armazenadas por 90 dias, registraram um pH maior nas das silagens tratadas em relação ao controle (3,56 e 3,43 respectivamente).

De acordo com McDonald et al. (1991), valores de pH de silagens entre 3,7 e 4,2 são indicativos de silagens bem preservadas. Todas as silagens avaliadas no presente ensaio encontram-se dentro dessa faixa. Entretanto, os mesmos autores, referindo-se a silagens de cana-de-açúcar, afirmam que o pH não é um ponto crítico nem um bom indicador de qualidade fermentativa, já que a produção de etanol realizada por leveduras, acontece, ainda que o pH esteja abaixo de 3,5.

Segundo Lavezzo (1985), quando a amônia é formada no interior do silo, têm-se um indicador de degradação de proteínas, pois é resultado da fermentação produzida por bactérias do gênero *Clostridium*. O nitrogênio amoniacal é o principal parâmetro para aferir a quantidade de proteína degradada durante o processo fermentativo (TOMICICH et al., 2003). No presente estudo, o tratamento das silagens com *L. buchneri*, promoveu redução ($P < 0,05$) nos níveis de N-NH₃, entretanto, as silagens não tratadas com o aditivo apresentaram valores baixos, estando bem abaixo do limite de 10% do nitrogênio total, proposto por Van Soest (1994). O resultado não pode ser avaliado isoladamente como indicador de qualidade das silagens porque a cana-de-açúcar apresenta baixo teor de proteína, como foi registrado nesse ensaio, que apontou um teor de PB para a cana fresca de 21,2 $g\ kg^{-1}$ de MS.

Os valores de N-NH₃ registrados mostram-se abaixo dos obtidos por Valeriano et al. (2009), que avaliaram silagens de cana aditivadas com bactérias isoladas na própria silagem de cana-de-açúcar e inoculantes comerciais. Os autores observaram que,

para o *L. buchneri*, proveniente do aditivo comercial (Lalsil Cana) foi eficaz na redução do N-NH₃ a valores abaixo dos 10% do N total proposto por Van Soest (1994). Já Freitas et al. (2006) registraram teores de 13,3 % para o controle e 11,6 % para as silagens tratadas com o *L. buchneri*, não constatando diferença entre os valores. Schmidt et al. (2007), entretanto, ao analisarem silagens de cana-de-açúcar aditivadas com duas espécies de bactérias (*L. plantarum* e *L. Buchneri*) e aditivos químicos (ureia e benzoato), só registraram efeito para a adição de ureia, sendo as demais silagens equivalentes para esse parâmetro. Entretanto, é importante frisar, que os valores levantados pelos autores citados para as silagens tratadas com o *L. buchneri*, apresentam-se muito abaixo dos registrados neste ensaio e nos trabalhos já mencionados anteriormente. Os autores obtiveram uma média de 3,33% de N-NH₃ em relação ao nitrogênio total das silagens analisadas.

A reensilagem é um processo que implica em exposição ao ar, por um determinado tempo e ensila-se novamente o material para guardá-lo e utilizá-lo posteriormente. De acordo com Michel (2015) quando a silagem entra em contato com o ar ocorre um favorecimento do crescimento de microrganismos deletérios como fungos e leveduras que consomem carboidratos solúveis e os produtos finais da fermentação, ocorrendo uma deterioração aeróbia, que consiste na produção de água CO₂ e calor. Como o N-NH₃ é derivado da fermentação anaeróbia, era esperado que o tempo de exposição ao ar, antes da reensilagem não afetasse os níveis de nitrogênio amoniacal das silagens.

Neste sentido, Michel et al. (2016), ao avaliarem o efeito da exposição aeróbia de silagens de sorgo, tratadas ou não com dois tipos de inoculantes bacterianos (*Lactobacillus plantarum* e *Propionibacterium acidipropionici*), não observaram efeito (P<0,05) nem do uso dos aditivos nem do tempo de exposição aeróbia sobre os níveis de N-NH₃ encontrado, não constatando também efeito de interação entre os fatores.

As silagens do presente ensaio, independente da presença do aditivo microbiano e do tempo de exposição ao ar, apresentaram valores de N-NH₃ com porcentagem do N total que as classificam como muito boas, de acordo com Woolford (1984) e McDonald et al. (1991), pois apresentam concentração abaixo de 10% .

Segundo Lavezzo (1985) as bactérias do gênero *Clostridium*, denominadas também de butíricas, em pH elevado, passam a desdobrar aminoácidos para a produção de ácido butírico, aminas, amônia e gases, prejudicando a qualidade da silagem.

A redução da concentração de butirato nas silagens tratadas com o *L. buchneri* observada no presente ensaio, não foi observada por Silva et al. (2018), os quais avaliaram o efeito de aditivos contendo cinco diferentes cepas desta bactéria heterofermentativa, isoladas em silagens de milho, em ambiente tropical; na confecção de silagens de cana-de-açúcar. Os autores não observaram diferença ($P > 0,05$) entre as silagens tratadas ou não, sendo a média dos teores de ácido butírico das silagens tratadas de $3,7 \text{ g kg}^{-1}$, valor bem abaixo dos registrados no presente ensaio ($6,5 \text{ g kg}^{-1}$).

O efeito de interação entre o aditivo bacteriano e o tempo de exposição ao ar antes da reensilagem pode ser apontado como responsável pelos teores de etanol e lactato mais elevados nas silagens aditivadas com o *L. buchneri* no período de 12 horas e 24 horas de exposição ao ar, antes da reensilagem. Tal fato diverge do esperado, já que um dos objetivos do uso desse aditivo microbiano é o de reduzir a produção de etanol. O teor médio de etanol nas silagens tratadas foi de $175,26 \text{ g kg}^{-1}$, já as silagens não aditivadas apresentaram média de $164,61 \text{ g kg}^{-1}$. Os valores aqui obtidos são inferiores aos registrados por Freitas et al. (2006), que apresentaram a mesma tendência do presente ensaio, tendo as silagens tratadas com o aditivo microbiano apresentado um teor de etanol de 193 g kg^{-1} para as silagens tratadas e 178 g kg^{-1} , para as não tratadas. No entanto Pedroso et al. (2011), que adicionaram aditivo à base de *L. buchneri* ($5 \times 10^4 \text{ cfu/g}$) à cana-de-açúcar, no momento da ensilagem, e obtiveram uma redução de 18% nas concentrações de etanol.

De acordo com Santos et al. (2016), o *Lactobacillus buchneri* é uma bactéria heterofermentativa, que produz 1 mol de ácido láctico, 1 mol de dióxido de carbono e/ou 1 mol de etanol ou 1 mol de ácido acético. De acordo com Ranjit e Kung Jr. (2000), inoculantes contendo *L. buchneri* induzem a um processo fermentativo que produz ácido acético em detrimento do ácido láctico, o que inibe o crescimento de leveduras, responsáveis pela fermentação alcoólica. Entretanto, Axelson (2004) afirma que algumas cepas de *L. buchneri* não têm a capacidade de reduzir o acetilfosfato a etanol, provavelmente pela ausência da enzima acetaldeído desidrogenase, e dessa forma promover o aumento da concentração de ácido acético como produto final do processo

fermentativo. O fato de que não houve diferença ($P>0,05$) entre as silagens tratadas ou não com o aditivo microbiano em relação aos teores de ácido acético, poderia explicar a não redução do etanol com o uso desse aditivo.

No tempo zero de exposição ao ar não foi registrada diferença nos teores de etanol entre as silagens tratadas ou não. Embora o *L. buchneri* tenha sido efetivo na redução da concentração de etanol nas silagens que foram reensiladas depois de seis horas de exposição aeróbia, que registraram a menor concentração ($143,74 \text{ g kg}^{-1}$), esses valores ainda podem ser considerados elevados frente aos obtidos por Ávila et al (2012), que inocularam a cana-de-açúcar com uma cepa identificada em silagem de cana-de-açúcar (UFLA SL 72), antes da ensilagem e obtiveram uma redução significativa dos teores de etanol, que decresceram de $61,4 \text{ g kg}^{-1}$, no controle, para $21,1$ nas silagens tratadas com o aditivo. Nível mais baixo ainda foi obtido por Smidt et al. (2014), que utilizando aditivo contendo a dose de 5×10^5 de *L. buchneri*, obtiveram redução de $11,10$ pontos percentuais para os níveis de etanol em silagens de cana-de-açúcar. Entretanto, os autores citados anteriormente registraram aumentos significativos nas concentrações de ácido acético nas silagens tratadas com o *L. buchneri*.

Outra explicação possível para os elevados níveis de etanol registrados no presente ensaio é o fato da cana utilizada apresentar elevada quantidade de carboidratos solúveis ($395,7 \text{ g kg}^{-1}$ de MS) e baixa capacidade tamponante ($2,59 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ de MS), Muito abaixo dos resultados obtidos na literatura, onde a capacidade tampão da cana registrada ficou entre $7,0$ e $10,8 \text{ meq. } 100 \text{ g}^{-1}$ (SIQUEIRA et al. , 2007; SILVA et al., 2008 e VALERIANO et al., 2009). Esse elevado teor de açúcares associado a uma baixa capacidade tampão favorece o rápido abaixamento do pH, propiciando o crescimento das leveduras produtoras de etanol (DRIEHUIS e WIKESALARR, 2000).

4.2. Composição bromatológica

Os conteúdos de MS encontram-se em conformidade com os obtidos por diversos autores que utilizaram o mesmo aditivo para ensilar a cana-de-açúcar (SCHMIDT et al., 2007; SOUSA et al., 2008 e VALERIANO et al., 2009). Entretanto, os resultados encontrados mostraram-se inferiores aos obtidos por Freitas et al. (2006), Pedroso et al. (2008) e Valeriano et al.(2009), que obtiveram valores acima de $40,0 \text{ g kg}^{-1}$ de MS.

Siqueira et al. (2010), utilizaram aditivo contendo *L.buchneri* na dose de 5×10^4 ufc/g de forragem na ensilagem da cana-de-açúcar e observaram um aumento na porcentagem de MS para as silagens tratadas com o aditivo de 27,4 % para 31,9% em relação às silagens que não receberam o inoculante. Os dados são contrários aos obtidos por Sá Neto et al. (2013), que ao inocularem cana-de-açúcar com *L. buchneri*, antes da ensilagem, verificaram um maior conteúdo de MS para as silagens tratadas em relação ao controle, embora os autores tenham utilizado uma dose de 10^5 ufc g⁻¹ de forragem fresca, que pode ter causado a discrepância dos resultados.

Segundo Rotz e Muck (1994), o teor de PB pode sofrer aumento de 1 a 2 unidades percentuais na MS quando se utiliza aditivos bacterianos, pois o aditivo promoveria um aumento na utilização dos carboidratos solúveis e, conseqüentemente, aumentando o percentual de PB. Esse fato foi observado por Valeriano et al. (2009), que registraram um incremento de 3,8% para 4,9 % na concentração de PB nas silagens de cana-de-açúcar aditivadas com o *L. buchneri* (aditivo comercial) em relação ao controle. Já, Ferraretto et al. (2015), afirmam que a inoculação não surte efeito sobre a concentração de PB de silagens adicionadas ou não com inoculantes contendo bactérias homofermentativas ou bactérias heterofermentativas. Fato também constatado por Sá Neto et al. (2013).

O fato de não ter sido constatado efeito do tempo de exposição aeróbia antes da ré ensilagem para o teor de PB das silagens foi também constatado por Michel et al. (2016), que ao reensilarem sorgo após 24 horas de exposição ao ar não verificaram alteração na concentração de PB das silagens. O mesmo foi observado por Lima et al. (2017), que ao reensilarem silagens de milho após quatro tempos de exposição ao ar (0, 12, 24 e 48 horas), também não verificaram alteração nas porcentagens de PB das silagens.

A ausência de efeito do aditivo microbiano sobre os teores de CHO também foi verificado por Freitas et al. (2006), Sousa et al. (2008) e Valeriano et al, (2009), que também avaliaram silagens de cana-de-açúcar tratadas ou não com aditivos à base de *L. buchneri*.

Tais resultados refletem o efeito do aditivo na maior utilização dos carboidratos solúveis (ROTZ e MUCK, 1994). No entanto Mendes et al. (2008), que fizeram o mesmo tipo de avaliação, registraram valores mais elevados de carboidratos solúveis,

quando inocularam as silagens com o *L. buchneri* em relação às silagens não inoculadas.

No período de exposição de 12 horas o aditivo promoveu redução na MS, já no período de 24h ocorreu efeito inverso. Tal resultado pode ser explicado pelo aumento nas perdas por efluentes registradas, que apresentou o mesmo comportamento. Entretanto Michel et al. (2016), ao reensilarem silagens de sorgo após 24 horas de exposição aeróbica, não observaram efeito do tempo de exposição ao ar sobre o teor de MS das silagens. Fato também constatado por Lima et al. (2017), quando avaliaram tal parâmetro em silagens de milho analisadas após quatro tempos de exposição ao ar antes da ré ensilagem (0, 12, 24 e 48 h). No entanto os valores médios de MS registrados nos dois trabalhos citados anteriormente apresentam-se mais adequado aos padrões propostos na literatura para uma adequada fermentação. Enquanto os teores de MS médios do presente estudo ficaram abaixo dos 210 g kg^{-1} , Michel et al. (2016) registraram valores acima de 245 g kg^{-1} e Lima et al. (2017) encontraram valores médios de $381,47 \text{ g kg}^{-1}$.

Em relação ao teor de minerais, constatou-se um efeito inverso ao que ocorreu com a concentração de MS. No tempo de exposição ao ar de 12 horas ocorreu um aumento na MM. Explicado pela redução na MS das silagens tratadas com o *L. buchneri*. Entretanto Michel et al. (2016), ao reensilarem silagens de sorgo após 24 horas de exposição aeróbica, não registraram efeito do tempo de exposição ao ar sobre o teor de MM das silagens. Resultado também constatado por Lima et al. (2017), quando avaliaram tal parâmetro em silagens de milho analisadas após quatro tempos de exposição ao ar antes da ré ensilagem (0, 12, 24 e 48 h). Avaliando silagens de cana-de-açúcar aditivadas com *L. buchneri*, Schmidt et al. (2007), Souza et al. (2008) e Valeriano et al. (2009) não verificaram efeito do aditivo sobre a concentração de minerais, nem da MS.

Quando se quantificou o efeito de interação entre o aditivo microbiano e o tempo de exposição ao ar, antes da ré ensilagem, em relação às porcentagens de CNF das silagens, pôde-se constatar um efeito quadrático da inoculação com o *L. buchneri* ocorrendo uma estabilidade dos valores até às 24 horas de exposição ao ar.

Como era de se esperar, ocorreu efeito inverso ao dos CNF para os valores de FDN, ocorrendo um aumento dos valores nas silagens tratadas com o *L. buchneri* após

as 24 horas de exposição ao ar. Como ocorreu redução nos valores da MS e CNF, ocorreu uma alteração proporcional nos componentes analisados. O fato se reflete também da menor perda por efluentes registrada para essas silagens. Freitas et al. (2006), Pedroso et al. (2008), Mendes et al. (2008) e Valeriano et al. (2009) também observaram aumento do FDN de silagens de cana-de-açúcar que foram inoculadas com o mesmo aditivo. Os últimos autores citados registraram aumentos de 4,3 pontos percentuais para o teor de FDN. Já Schmidt et al. (2007) e Sá Neto et al. (2013) não registraram diferenças entre as silagens tratadas e não tratadas com o inoculante para esse parâmetro.

4.3. Perdas fermentativas

A adição do *L. buchneri* na reensilagem influenciou de forma significativa ($P < 0,05$) as perdas por efluentes. Verificou-se que a aplicação do aditivo microbiano promoveu um aumento na perda por efluentes de $2,1 \text{ g kg}^{-1}$ de MS de silagem. O mesmo tipo de efeito foi constatado por Pedroso et al. (2007). Já Souza et al. (2008) e Pedroso et al. (2008) não verificaram diferença ($P > 0,05$).

A menor perda por efluentes registrada no tempo zero de exposição ao ar, antes da ré ensilagem era esperada, pois a exposição ao ar faz com que ocorra perda de água para o ambiente, fato ratificado pelo aumento deste parâmetro, até as seis horas. Entretanto, a constatação da redução na perda por efluentes entre 12 e 24 horas de exposição aeróbia, se deve ao fato da quantidade de efluentes já ter sido reduzida com o avanço da exposição aeróbia.

A discreta redução das perdas de MS nas silagens tratadas com o *L. buchneri* do tempo zero ao tempo seis de exposição aeróbia e a ocorrência de efeito oposto das seis às 12 horas de exposição ao ar são explicadas pelas perdas de efluentes obtidas, que apresentam resultados inversamente proporcionais. Siqueira et al. (2007) não constataram efeito da inoculação com aditivos contendo o *L. buchneri* quando confeccionaram silagens de cana-de-açúcar, sobre a perda de matéria seca das silagens. Entretanto, Pedroso et al. (2011) observaram que o aditivo promoveu redução significativa nas perdas de silagens de cana-de-açúcar.

4.4. Estabilidade aeróbia

A inoculação das silagens de cana-de-açúcar, antes da reensilagem não alterou a estabilidade aeróbia após a abertura dos silos. Tal constatação vai de encontro aos resultados esperados, pois o *L. buchneri*, ao promover o aumento do nível de ácido acético, inibiria o crescimento de mofo e leveduras, melhorando a conservação das silagens. Resultados positivos com uso do *L. buchneri* na ensilagem de cana-de-açúcar foram obtidos por Siqueira et al. (2007), que registraram um aumento no tempo até a quebra da estabilidade de 32 para 60 horas. Na mesma linha de resultados, Ávila et al. (2012), que também utilizaram esse aditivo em silagens de cana-de-açúcar, registraram aumentos ($P < 0,05$) para os teores de ácido acético, concluindo que o aditivo microbiano contribuiu na melhoria da estabilidade aeróbia das silagens.

Entretanto, no presente ensaio, o aditivo microbiano em questão não promoveu aumento na produção de ácido acético, podendo ser um dos motivos do resultado obtido. Resultados similares foram obtidos por Michel et al. (2016) que embora utilizando outros microorganismos heterofermentativos (*Lactobacillus plantarum* e *Propionibacterium acidipropionici*) na inoculação de silagens de sorgo, não obtiveram efeito sobre a estabilidade aeróbia das silagens. Já Silva et al. (2018) que utilizaram o *L. buchneri* ao ensilar tanto o milho quanto a cana-de-açúcar também não verificaram efeito do aditivo.

Foi constatado o efeito do tempo de exposição ao ar antes da reensilagem sobre a estabilidade aeróbia das silagens, tendo o tempo de exposição promovido redução no tempo para a queda da estabilidade de 10,5 h. O achado era esperado, pois de acordo com Wilkinson e Davies (2012) a presença do oxigênio no material ensilado propicia o crescimento de microorganismos aeróbios (leveduras e bolores) que utilizam os carboidratos solúveis e o ácido láctico, promovendo aumento da temperatura e do pH. Entretanto Michel et al. (2016) compararam silagens de ré ensiladas ou não após 24 horas e observaram que a exposição ao ar por 24 horas não promoveu aumento nas populações de bolores e leveduras.

5. CONCLUSÕES

O *Lactobacillus buchneri* não é efetivo na redução dos níveis de etanol nem na melhoria da estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar reensiladas. Contudo silagens tratadas com o *L. buchneri* expostas por mais de 12 horas, apresentam menor perda de MS.

A reensilagem da cana-de-açúcar com até 24 horas de exposição ao ar não altera a qualidade do produto final.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. **Official methods of analysis**. 12ed. Washington, DC: Association Of Official Analytical Chemists, 1990, 1094p.

ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; OLIVEIRA, D. P.; SCHWAN, R. F. 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.

AXELSSON, L. Lactic acid bacteria: Classification and physiology. In: SALMINEN, S.; VON WRIGHT, A. **Lactic acid bacteria**. New York, NY: Marcel Dekker, 2004. p. 1–63.

CARVALHO, B. F., ÁVILA, C. L. S., PINTO, J. C., PEREIRA, M. N., SCHWAN, R. F. Effects of propionic acid and *Lactobacillus buchneri* (UFLA SIL 72) addition on fermentative and microbiologic al characteristics of sugar cane silage treat with and without calcium oxide. **Grass Forage Science**, v. 67, p. 463–471, 2012.

CARVALHO, B. F.; AVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; NERI, J.; SCHWAN, R. F. Microbiological and chemical profile of sugar cane silage fermentation inoculated with wild strains of lactic acid bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, v.195, p.1–13, 2014.

CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, n.2, p.130-137, 1962.

CHEN, Y.; WEINBERG, Z. G. The effect of relocation of whole-crop wheat and corn silages on their quality. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 406–410, 2014.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.

DRIEHUIS, F.; WIKSELAAR, P. G. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high-dry-matter grass silage. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.80, p.711- 718, 2000.

ERICKSON, P.S.; WHITEHOUSE, N. L. E.; SPANGLER, D. A. Case study: Adding a bacterialinoculant to corn silageremoved from a bunker silo andstored in piles. **The Professional Animal Scientist**, v. 28, n. 2, p.244–247, 2012.

EVANGELISTA, A. R.; SIQUEIRA G. R.; LIMA, LOPES J. A.; REZENDE, A. V. 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.

FERRARETTO, L. F.; FREDIN, S. M.; SHAVER, R. D. Influence of ensiling, exogenous proteaseaddition, and bacterial inoculation on fermentation profile, nitrogen fractions, and ruminal in vitro starchdigestibility in rehydrated and high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n.10, p. 7318–7327, 2015.

FILYA, I. The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. **Journal of Applied Microbiology**, v. 95, n. 5, p.1080-1086, 2003.

FREITAS, A. W. P.; PEREIRA, J. C.; ROCHA, F. C.; COSTA, M. G.; LEONEL, F. P.; RIBEIRO, M. D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p.38-47, 2006.

LAVEZZO, W. Silagem de capim elefante. **Informe agropecuário**, v.11, n. 132, p.50-57, 1985.

LIMA, E. M.; GONÇÁLVES, L. C.; KELLER, K. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. P. C.; MICHEL, P. H. E. F.; RAPOSO, V. S., JAIME, D. G. Re-ensiling and its effects on chemical composition, in vitro digestibility, and quality of corn silage after different lengths of exposure to air. **Canadian Journal of Animal Science** , v. 97, n. 2, p. 250-257, 2017.

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

MENDES, C. Q.; SUSIN, I.; NUSSIO, L. G.; PIRES, A. V.; RODRIGUES, G. H.; URANO, F. S. Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n. 12, p.2191-2198, 2008.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1463-1481, 1997.

MICHEL, P. H. F. **Qualidade das silagens de sorgo reensiladas com e sem inoculante microbiano**. Belo Horizonte, MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. 61 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.

MICHEL, P. H. F; GONCALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER, K.M. V. S.; RAPOSO, V. S.; LIMA, E. M.; SANTOS, F. P. C; JAYME, D. G. Re-ensiling and inoculant application with *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium acidipropionici* on sorghum silages. **Grass and Forage Science**, v.72, n.3, p. 432-440, 2016.

MUCK, R. E. ; DICKERSON, J. T. Storage temperature effects on proteolysis in alfalfa silage. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 31, p. 1005–1009, 1988.

NUSSIO, L. G.; SCHIMDT, P.; PEDROSO, A. F. Silagem de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA –

SUSTENTABILIDADE, 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. p.49-74.

PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S. F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v.62, p.427-432, 2005.

PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; LOURES, D. R. S.; PAZIANI, S. F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L. J.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; MATTOS, W. R. S.; HORII, J. Fermentation, losses, and aerobic stability of sugarcane silages treated with chemical or bacterial additives. **Scientia Agricola**, v.65, n. 6, p.567-691, 2008.

PEDROSO, A. F.; RODRIGUES, A. A.; BARIONI JÚNIOR, W.; SOUZA, G.B. 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.

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

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

SÁ NETO, A; NUSSIO, L. G; ZOPOLLATTO, M; JUNGES, D; BISPO, A. W. Silagem de milho ou de cana-de-açúcar com *Lactobacillus buchneri* exclusivamente ou em associação com *L. plantarum*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48, n.5, p.528-535, 2013.

SANTOS, W. C. C.; NASCIMENTO, W. G.; MAGALHÃES, A.L. R.; SILVA, D.K.A.; SILVA, W.J.C.S.; SANTANA, A.V.S.; SOARES, G.S.C. Nutritive value, total losses of dry matter and aerobic stability of the silage from three varieties of sugarcane treated

with comercial microbial additives. **Animal Feed Science Technology**, v. 204, p.1-8, 2015.

SANTOS, E. M; PARENTE, H. N.; OLIVEIRA, J. S. **Ensilagem de plantas forrageiras para o semiárido**. São Luís: EDUFMA, 2016, 317p.

SCHMIDT, P.; MARI, L. J.; NUSSIO, L. G., PEDROSO, A. F.; PAZIANE, S. F.; WECHSLER, F. S. 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 (supl.), n.5, p.1666-1675, 2007.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L. G.; QUEIROZ, O. C. M.; SANTOS, M. C.; ZOPOLLATTO, M.; TOLEDO FILHO, S. G.; DANIEL, J. L. P. Effects of *Lactobacillus buchneri* on the nutritive value of sugarcane silage for finishing beef bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, p.8-13, 2014.

SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; PIRES, A. J. V.; BERNARDES, T. F.; AMARAL, R. C. 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.

SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; PIRES, A. J. V.; BERNARDES, T. F.; ROTH, M. T. P. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n. 1, p.103-112, 2010.

SILVA, E. J. A.; BORGATTI, L. M. O.; MEYER, P. M. et al. Efeitos do teor de carboidratos solúveis sobre as características da silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1375-1382, 2008.

SILVA, L. D.; PEREIRA, O. G.; SILVA, T. C.; LEANDRO, E. S.; PAULA, R. A.; SANTOS, S. A.; RIBEIRO, K. G.; VALADARES FILHO, S. C. Effects of *Lactobacillus buchneri* isolated from tropical maize silage on fermentation and aerobic stability of maize and sugarcane silages. **Grass and Forage Science**, v. 73, p.1-11, 2018.

SOUSA, D. P.; MATTOS, W. R. S.; NUSSIO, L.G.; MARIL, L. J.; RIBEIRO, J. L.; SANTOS, M. C. 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.

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, n.6, p.1526-1532, 2002.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2003. 20p.

VALERIANO, A. R.; PINTO, J. C.; ÁVILA, C. L. S.; EVANGELISTA, A. R.; TAVARES, V. B.; SCHWAN, R. F. Efeito da adição de *Lactobacillus sp.* na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 6, p. 1009-1017, 2009.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WILKINSON, J. M.; DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass Forage Science**, v. 68, p. 1-19, 2012.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984, 350p.

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

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, n. 12, p. 2611-2616, 2010.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ensilagem de palma forrageira mostra-se como uma alternativa de conservação de forragem para regiões semiáridas, possibilitando uma maior facilidade no trato dos animais e maximizando a utilização da área de cultivo, por possibilitar uma maior produtividade do palmal ao realizar-se o corte e ensilagem, ainda no período chuvoso, permitindo uma rebrota mais vigorosa das plantas.

A utilização de 30% de farelo de soja com base na matéria natural possibilita uma melhor conservação da silagem de palma, através da melhoria dos parâmetros fermentativos e da sua composição químico-bromatológica. Com essa tecnologia pode-se armazenar por até 180 dias um produto que corresponde a um concentrado que pode ser utilizado para ruminantes na produção de carne e leite.

Embora sejam necessários maiores estudos, vislumbra-se a possibilidade da utilização da quitosana associada ao farelo de soja em menores níveis (15% da MN) na ensilagem da palma forrageira para promover redução das perdas.

A tecnologia da ré ensilagem da cana-de-açúcar possibilita o transporte da silagem de regiões mais propícias para o cultivo da cana e posterior ensilagem. Tornando possível sua utilização em momento mais oportuno. Podemos constatar que essa tecnologia mostra-se também promissora, pois foi verificado que a técnica não promoveu alterações negativas significativas no processo de conservação do material ensilado, nem na sua composição químico-bromatológica. Pode-se constatar que o aditivo microbiano contendo a bactéria heterofermentativa *Lactobacillus buchneri* não afetou os parâmetros fermentativos nem a estabilidade aeróbia das silagens. Entretanto, pode-se afirmar que o tempo de exposição ao ar, que antecede a ré ensilagem afeta a estabilidade, sendo que até 12 horas de exposição ao ar a estabilidade aeróbica não foi afetada, piorando a partir daí.