

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**ADITIVOS QUÍMICO E MICROBIANO NA ENSILAGEM DE
MUCILAGEM DE SISAL**

Renata Santos Fróes

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
2017**

ADITIVOS QUÍMICO E MICROBIANO NA ENSILAGEM DE MUCILAGEM DE SISAL

Renata Santos Fróes

Zootecnista

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2015

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal (Nutrição e Alimentação de Ruminantes)

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Soraya Maria Palma Luz Jaeger
Coorientador: Dr. Ossival Lolato Ribeiro

FICHA CATALOGRÁFICA

F926a

Fróes, Renata Santos.

Aditivos químico e microbiano na ensilagem de mucilagem de sisal / Renata Santos Fróes._ Cruz das Almas, BA, 2017.

52f.; il.

Orientadora: Soraya Maria Palma Luz Jaeger.

Coorientador: Ossival Lolato Ribeiro.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Sisal – Resíduos de culturas agrícolas como ração. 2.Silagem – Ruminante. 3.Alimentação e rações – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 636.085

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**ADITIVOS QUÍMICO E MICROBIANO NA ENSILAGEM DE
MUCILAGEM DE SISAL**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Renata Santos Fróes

Aprovada em 20 de novembro de 2017

Prof (a). Dr (a). Soraya Maria Palma Luz Jaeger
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Orientador (a)

Prof (a). Dr. (a). Daniele Rebouças Santana Loures
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinador (a). Interno (a)

Prof Dr. Thadeu Mariniello Silva
Universidade Federal da Bahia
Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por todos os livramentos e oportunidades de aprendizado, tanto no aspecto científico, quanto nas relações interpessoais. Pela proteção, direcionamento, por tudo de maravilhoso que me permite todos os dias.

Agradeço ao meu amor Diego por toda ajuda, juntos somos imbatíveis.

Agradeço aos meus pais pelo amor, confiança e torcida, além das orações pedindo a Deus minha proteção. E a meu irmão, por todo amor e carinho. Amo essa família que me preparou para o mundo.

Agradeço à minha orientadora Professora Soraya Jaeger, por todos esses anos de tutoria e orientação, pela paciência, por todas as palavras de motivação e por sua amizade. Agradeço também ao meu Co-orientador, Professor Ossival Lolato por toda ajuda, incentivo e amizade. Aos Professores Carlos Ramos e Daniele Loures que também fizeram parte da minha trajetória no mestrado e foram fundamentais para o desenvolvimento dessa pesquisa. E ao Pós Doutorando Bráulio Rocha por também ter contribuído significativamente desde o início da pesquisa.

Agradeço à Química Silvane, “Barril Dobrado”, técnica do Laboratório de Análises de Alimentos pela ajuda, alegria, profissionalismo, sem você o trabalho seria mais difícil.

A todos os amigos e parceiros que se fizeram presentes nessa trajetória, em especial aos que fazem parte do GEF (Grupo de Estudos em Forragicultura), o meu muito obrigado!

E ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFRB e à CAPES pela oportunidade de estudo e bolsa.

EPÍGRAFE

“Pois será como a árvore plantada junto a ribeiros de águas, a qual dá o seu fruto na estação própria, cujas folhas não caem; e tudo quanto fizer prosperará” Salmo 1 v3.

ADITIVOS QUÍMICO E MICROBIANO NA ENSILAGEM DE MUCILAGEM DE SISAL

RESUMO: A mucilagem é um dos resíduos da indústria sisaleira que pode ser usado como fonte de alimento volumoso para ruminantes. Uma alternativa para otimizar o uso desse resíduo e garantir alimento durante todo o ano é a conservação desse material, que pode ser feita na forma de feno ou de silagem. Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da adição de ureia e/ou *Lactobacillus plantarum* sobre a qualidade da silagem de mucilagem de sisal (*Agave sisalana*, Perrine). A parte inicial do experimento foi realizada no setor de Forragicultura da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, onde procedeu-se a ensilagem. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos da UFRB, entre elas, a composição químico-bromatológica, das características de fermentação, perdas e estabilidade aeróbia. As silagens foram confeccionadas em mini silos experimentais, empregando-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2, cinco níveis de ureia: 0%; 0,5%; 1,0%; 2,0% e 4,0 % na matéria seca, com e sem a adição de *L. plantarum*, com cinco repetições. A adição de ureia implicou em aumento no teor de proteína bruta, proporcional ao aumento dos teores de ureia adicionados, e as silagens que receberam o inoculante associados a ureia resultaram em médias ainda maiores. Não houve interação entre os aditivos ($P>0,05$) para os dados de carboidratos solúveis e as médias situaram em torno de 8%. Os valores de pH das silagens situaram em torno de 4,4 e 6,4 e a capacidade tampão entre 23,53 e 46,26 emg de HCl/100 g de matéria seca. Com relação as perdas totais, as silagens que não receberam aditivos apresentaram as maiores médias. Já as silagens aditivadas com 2,0% e 4,0% de ureia com associação do *L. plantarum*, obtiveram as menores perdas por efluentes. Com relação a temperatura máxima atingida pelas silagens após o momento de abertura dos silos, pode-se observar que as aditivadas com 2,0% e 4,0% de ureia associada ao *L. plantarum* foram as que apresentaram menor temperatura. A maior amplitude entre as temperaturas foi da silagem que não recebeu aditivos, e as menores diferenças entre as temperaturas foram observadas nas silagens que receberam 2,0 e 4,0% de ureia com adição do inoculante. As silagens que receberam 2,0% e 4,0% de ureia com o *L. plantarum* foram as que permaneceram mais tempo em estabilidade aeróbia. A interação entre a ureia e o *L. plantarum* na silagem de mucilagem de sisal foram efetivos em reduzir as perdas e foram eficientes em aumentar a vida útil da silagem de mucilagem de sisal.

Palavras chave: Inoculante; *Lactobacillus plantarum*; Resíduo; Ureia

CHEMICAL AND MICROBIAL ADDITIVES IN SISAL MUCILAGATION

ABSTRACT: Mucilage is one of the residues of the sisal industry that can be used as a bulky food source for ruminants. An alternative to optimize the use of this residue and guarantee food throughout the year is the conservation of this material, which can be made in the form of hay or silage. The objective of this study was to evaluate the effects of the addition of urea and / or *Lactobacillus plantarum* on the quality of sisal mucilage silage (*Agave sisalana*, Perrine). The initial part of the experiment was carried out in the forage sector of the Federal University of the Recôncavo da Bahia, where the ensiling was carried out. The analyzes were carried out in the Laboratory of Food Analysis of the UFRB, among them, the chemical-bromatological composition and the fermentation characteristics. Loss quantification and aerobic stability assessment were also performed. The silages were prepared in experimental mini-silos, using a completely randomized design in a 5x2 factorial scheme, five levels of urea: 0%; 0,5%; 1,0%; 2,0% and 4,0% in dry matter, with and without *L. plantarum*, with five replicates. Addition of urea implied an increase in the crude protein content, proportional to the increase of the added urea contents, and the silages that received the urea associated inoculant resulted in even higher averages. There was no interaction between the additives ($P > 0.05$) for the soluble carbohydrate data and the mean values were around 8%. Regarding the total losses, the silages that did not receive additives presented the highest averages. The silages added with 2,0% and 4,0% of urea with *L. plantarum* showed the lowest losses due to effluents. The pH values of the silages were around 4,4 and 6,4 and the buffer capacity was between 23,53 and 46,26 emg HCl / 100 g dry matter. In relation to the maximum temperature reached by the silages after the opening time of the silos, it can be observed that the additives with 2,0% and 4,0% of urea associated to *L. plantarum* were those that presented lower temperature. The greatest amplitude between the temperatures was of the silage that did not receive additives, and the smaller differences between the temperatures were observed in the silages that received 2,0 and 4,0% of urea with addition of the inoculant. The silages that received 2,0% and 4,0% of urea with *L. plantarum* were those that remained longer in aerobic stability. The interaction between urea and *L. plantarum* in sisal mucilage silage were effective in reducing losses and were efficient in increasing the useful life of sisal mucilage silage.

Keywords: Inoculant; *Lactobacillus plantarum*; Residue; Urea

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1	Sisal (<i>Agave sisalana</i>, Perrine)	2
2.1.1	Mucilagem de sisal	3
2.2	A ensilagem como método de conservação da mucilagem	7
2.3	Processo fermentativo da silagem	9
2.3.1	Indicadores da qualidade da silagem.....	10
2.4	Aditivos	13
2.4.1	Ureia	14
2.4.2	<i>Lactobacillus plantarum</i>	18
CAPÍTULO 1 - ARTIGO 1		21
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		45

1 INTRODUÇÃO GERAL

Dentre tecnologias que contribuem para minimizar a sazonalidade da produção forrageira, destaca-se a ensilagem como alternativa de conservação tanto do excedente de alimento volumoso produzido na época das chuvas, como do aproveitamento de resíduos agroindustriais gerados nas safras de culturas regionais, cujo descarte inadequado promove forte impacto ambiental, a exemplo do sisal (*Agave sisalana*, Perrine).

A mucilagem é um dos resíduos da indústria sisaleira que pode ser usado como fonte de energia para ruminantes em períodos escassez de alimento (BRANDÃO *et al.*, 2013). Entretanto, por apresentar alta percentagem de umidade, para ser conservada pelo processo de ensilagem, faz-se necessário a utilização de técnicas de emurhecimento, aditivos químicos e/ou microbianos, ou aditivos sequestrante de umidade que contribuam para que ocorra a fermentação adequada e assegurem a qualidade do produto final.

A ureia é um aditivo químico que promove o incremento da proteína bruta do volumoso conservado, além de contribuir para prolongar a vida útil da silagem (SILVEIRA e SANTOS, 2017) e para redução das perdas (JUNIOR *et al.*, 2017). Por apresentar propriedades fungistáticas, a ureia funciona como conservante em silagem de forragem com alto teor de umidade (PIRES *et al.*, 2010), como é o caso da mucilagem de sisal.

A utilização do *Lactobacillus plantarum* é recomendada para controlar a deterioração aeróbia durante a exposição das silagens ao ar (HU *et al.*, 2009). Além dos benefícios relacionados a estabilidade aeróbia, este inoculante tem se mostrado eficiente em melhorar a qualidade da fermentação de silagens e na redução das perdas totais de matéria seca (RABELO *et al.*, 2012).

A adição da ureia e do *Lactobacillus plantarum* na silagem de mucilagem de sisal pode promover melhorias na qualidade da fermentação e diminuição nas perdas durante e após o processo fermentativo.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos dos aditivos químico (ureia) e microbiano (*Lactobacillus plantarum*) e suas interações na qualidade da silagem de mucilagem do sisal com vistas a melhorar a fermentação, composição bromatológica e a estabilidade aeróbia da silagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sisal (*Agave sisalana*, Perrine)

O sisal pertence à classe das monocotiledôneas, gênero *Agave*, subgênero *Euagave* (SILVA *et al.*, 2008). É uma planta que requer clima quente e alta luminosidade para o seu desenvolvimento (MARTIN *et al.*, 2009). É originária da península de Yukatan, no México, e foi introduzida por volta de 1910 na Bahia, onde encontrou o clima e solo favoráveis a seu desenvolvimento (DIAS *et al.*, 2015). Dentre as características que a torna adaptada à região semiárida do Nordeste brasileiro, destaca-se a via fotossintética, que é do tipo CAM (metabolismo ácido crassulácea), além de apresentar folhas com número reduzido de estômatos e epiderme cutinizada (MARTIN *et al.*, 2009).

O Brasil é o maior produtor de sisal do mundo, entretanto, a produtividade é considerada baixa (800kg/ha), quando comparada a países do continente africano, cuja produtividade é de 2.000 kg/ha (IBAM, 2007). A exploração é mais expressiva na região Nordeste, com ênfase para os estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte (DAMASCENO *et al.*, 2015).

A Bahia é responsável por 95% da produção nacional, com relevância socioeconômica e ambiental para os cerca de 20 municípios que compõem o território do sisal (DIAS *et al.*, 2015). Estes municípios estão contidos no seminário brasileiro, região tida como a mais pobre do Estado da Bahia, cujo IDH médio é de 0,589, e que tem no sisal a maior fonte geradora de empregos e renda na região, o que representa cerca de 35 mil produtores diretos, com predominância de agricultores familiares (CONAB, 2015).

A produção brasileira de sisal em 2015, estimada pela Conab foi de 91,1 mil toneladas, volume 4,7 % inferior às 95,4 mil toneladas produzidas em 2014 (CONAB, 2015). Dessa produção estima-se que 80% destinam-se ao mercado externo, principalmente para China (DIAS *et al.*, 2015). Segundo a Conab (2016) as exportações brasileiras do complexo sisal no primeiro semestre de 2016 foram de

31,8 mil toneladas e totalizaram US\$ 53,6 milhões.

A cadeia produtiva do sisal abrange desde os trabalhos nas lavouras, com o cultivo da planta, o desfibramento da folha, o beneficiamento da fibra, até as atividades de industrialização de diversos produtos, bem como seu uso para confecções de utensílios por artesãos (DIAS *et al.*, 2015).

A principal utilidade econômica da planta é o aproveitamento das fibras estruturais contidas nas folhas, que é considerada uma das mais importantes fibras duras do mundo e a sua utilização em substituição a fibras sintéticas é comprovadamente viável por ser biodegradável, atóxica e de fonte renovável (RIBEIRO *et al.*, 2015).

Quando as folhas atingem o comprimento de aproximadamente 1,20 a 1,40m são cortadas e direcionadas para a extração das fibras (DIAS *et al.*, 2015). Após a retirada das fibras, (que representam 3-5% do seu peso), o restante é referido como resíduo da agroindústria sisaleira (RIBEIRO *et al.*, 2015).

Segundo a FAO (2015), os benefícios ambientais da utilização dos resíduos do sisal são diversos, pois o sisal é um recurso renovável, 100% biodegradável, e com isso pode representar uma solução de muitos processos produtivos em escala global.

2.1.1 Mucilagem de sisal

O desfibramento do sisal é a primeira etapa após a colheita (DIAS *et al.*, 2015). É feito por máquina chamada de “Paraibana”, que desintegra a folha, exceto a fibra, que é usada para fins comerciais (FARIA *et al.*, 2008). O que sobra após a retirada da fibra, e pode ser usado para alimentação animal é a mucilagem, que representa 15% do resíduo produzido. O material restante é composto pela fibra residual (bucha) e o resíduo líquido (RIBEIRO *et al.*, 2015).

Para obtenção da mucilagem livre das fibras longas, o resíduo produzido é processado em uma peneira rotativa, desenvolvida pela Embrapa Algodão (SILVA *et al.*, 2008). Neste processo, a fibra residual fica retida nos pinos da peneira e a

mucilagem, com tamanho de partícula de 0,5 a 1,0 cm pode ser aproveitada (ALVES e SANTIAGO, 2006).

Entretanto, para a utilização na alimentação de ruminantes é necessário que ocorra a extração dos restos de fibra presentes na mucilagem, pois a ingestão continuada dessas fibras poderá ocasionar a oclusão do rúmen do animal em função da sua não degradação pela microbiota ruminal, e, conseqüentemente, causar timpanismo (ANDRADE *et al.*, 2012).

Após a retirada das fibras longas, a mucilagem pode ser destinada para alimentação animal, o que é benéfico ao meio ambiente, pois evita o descarte inadequado desse resíduo, o que reduz o possível impacto ambiental.

A mucilagem do sisal tem grande potencial para se constituir um alimento estratégico para a pecuária, no entanto ainda são necessários estudos que evidenciem as formas mais adequadas de armazenamento, e avaliem o desempenho com animais alimentados com este resíduo (SANTOS *et al.*, 2011).

A mucilagem do sisal pode apresentar valores entre 12,3% e 17,6% de matéria seca (MS). Para valores de fibra em detergente neutro (FDN) pode apresentar entre 46,8% e 31,7; entre 31,7 e 28% de fibra em detergente ácido (FDA), e 12,6% de lignina (BORGES *et al.*, 2013; BRANDÃO *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2011; GEBREMARIAM e MACHIN, 2008)

Para dados de proteína bruta (PB) os valores podem variar entre 6,8% e 9,4% (BORGES *et al.*, 2013; BRANDÃO *et al.*, 2013). Para dados de carboidratos não fibrosos (CNF), Brandão *et al.* (2011) relataram valores de 33,5% ao analisar silagem de mucilagem *in natura*.

Para valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca, Gebremariam e Machin (2008) encontraram valores de 68,5% para mucilagem *in natura* e Brandão *et al.* (2011) de 70% para silagem de mucilagem de sisal.

Em todos os estudos relatados anteriormente, a mucilagem apresentou elevados teores de carboidratos não fibrosos e baixo teor de MS, o que pode ocasionar a rápida deterioração do material no campo e inviabilizar o uso da mucilagem na forma "*in natura*" na alimentação animal, que embora seja recorrente na região sisaleira, pode ocasionar um baixo desempenho produtivo dos animais (BRANDÃO *et al.*, 2013).

Uma alternativa para viabilizar o uso desse resíduo é a conservação desse

material, que pode ser feita na forma de feno ou de silagem. Esta última pode ser mais viável para o rebanho de regiões áridas, devido a conservação de parte da água contida no material. Assim, pode-se garantir alimento volumoso durante todo o ano para o rebanho, visto que o pasto nativo do semiárido possui capacidade de suporte limitada ao longo do ano.

Harrinson (1984) descreveu a mucilagem como uma alternativa viável na alimentação de ruminantes, no entanto, ressalta que esse resíduo pode apresentar desbalanço da relação cálcio: fósforo de até 5:1. Segundo Conrad *et al.* (1985) uma relação ideal para o crescimento e a formação do esqueleto animal de Ca:P deve ser entre 1:1 e 2:1, uma vez que esta é, aproximadamente, a relação existente entre os dois minerais nos ossos.

Gebremariam e Machin (2008) analisaram a mucilagem de sisal desidratada em substituição a palha de cevada na alimentação de ovinos e concluíram que a mucilagem é um bom alimento para nutrição de ruminantes, e que pode ser utilizada amplamente como uma fonte de alimentação alternativa em regiões onde o sisal é bem adaptado.

Brandão *et al.* (2011), ao avaliarem o uso da mucilagem de sisal de diferentes formas na alimentação animal (amonizada, na forma de silagem e de feno), concluíram que este resíduo apresenta características favoráveis para substituição parcial de fontes de volumosos para ruminantes.

Santos *et al.* (2011) avaliaram desempenho produtivo e o consumo de nutrientes e frações fibrosas em ovinos alimentados com silagem de mucilagem de sisal em substituição à silagem de milho e concluíram que dietas contendo mucilagem de sisal podem ser utilizadas como alimento volumoso, pois não altera o consumo dos principais nutrientes e das frações fibrosas dos alimentos, e ainda promove ganho de peso satisfatório (180 g/dia), além de possibilitar o aumento da rentabilidade da atividade na região semiárida brasileira.

Segundo Souza *et al.* (2008), a utilização da mucilagem do sisal para alimentação animal é uma prática comum no México e em países do continente africano, entretanto é de fundamental importância conhecer a composição química e o valor nutritivo do resíduo para sua utilização no balanceamento de dietas.

2.2 A ensilagem como método de conservação da mucilagem

Uma das alternativas mais recomendadas para a conservação da mucilagem de sisal é a ensilagem. Denomina-se silagem o produto oriundo do processo de conservação da forragem através da fermentação anaeróbia, posterior ao corte, compactação em silos e vedação. Uma silagem bem-feita conserva grande parte da composição nutricional da forrageira que lhe deu origem e conseqüentemente apresenta boas características nutricionais (SANTOS e ZANINE, 2006).

A conservação dos alimentos por meio da ensilagem ocorre devido à produção de ácidos orgânicos, principalmente o ácido láctico, através das bactérias ácido-láticas, a partir da fermentação de açúcares solúveis. A produção desses ácidos implica na redução do pH, logo, tem ação de inibir microrganismos deletérios indesejáveis, como os clostrídios (McDONALD *et al.*, 1991).

O potencial de uma forragem para ensilagem depende do teor original de umidade, do conteúdo de carboidratos solúveis (CS), que deve estar acima de 8% na matéria seca (MS), e do baixo poder tampão, que não deve oferecer resistência à redução do pH para valores entre 3,8 e 4,0 (McCULLOUGH, 1977).

Para conservação da mucilagem de sisal na forma de silagem, preferencialmente devem ser respeitadas essas condições para que haja a fermentação adequada do material ensilado. Nesse caso, é aumentar a concentração de MS através da pré-secagem, adição de um aditivo sequestrante de umidade ou aditivo químico, pois a mucilagem tem baixo teor de MS. Santos *et al.* (2011) após um período de emuchercimento obtiveram valor de 18,9% para teor MS, valor considerado baixo para obtenção de silagem de qualidade.

A umidade excessiva da mucilagem *in natura* pode favorecer fermentações indesejáveis, perdas de nutrientes por efluentes e proliferação de fungos no momento da abertura do silo. Segundo McDonald *et al.* (1991), o teor de MS do material a ser ensilado deve ser próximo a 30% para que haja a fermentação adequada. Contudo, esses mesmos autores afirmam que 20% de MS já são suficientes para produzir silagem de boa qualidade, caso não existam limitações de carboidratos solúveis, como é o caso da mucilagem de sisal.

Segundo Silva *et al.* (2014) a mucilagem de sisal pode apresentar 61,89% de carboidratos não fibrosos. Dessa forma, caso a mucilagem esteja com aproximadamente 20% de MS a silagem pode apresentar uma boa fermentação, mesmo sem utilizar um aditivo sequestrante de umidade. No entanto, o uso de aditivos antifúngicos, como é o caso do tratamento químico com ureia, pode ser estratégico para aumentar a vida útil da silagem de mucilagem de sisal após a abertura dos silos.

A ureia como aditivo em silagem com umidade a partir de 20%, tem efeito fungicida e bacteriostático e, além disso, proporciona incremento de nitrogênio não proteico que pode ser usado pelo microrganismo do rúmen para síntese de proteínas microbianas (PIRES *et al.*, 2010).

A disponibilidade de carboidratos solúveis na mucilagem pode favorecer o crescimento de microrganismos indesejáveis, provocando aquecimento na massa ensilada, o que pode causar perdas na composição nutricional e ainda afetar a saúde dos animais. Os inoculantes bacterianos promovem queda mais acentuada de pH e com isso têm maior capacidade de inibir a fermentação por clostrídios e também podem ser, portanto, uma alternativa no controle das perdas em silagens (PEDROSO *et al.*, 2007).

2.3 Processo fermentativo da silagem

O processo fermentativo no produto ensilado se divide em quatro fases (McDONALD *et al.*, 1991). A primeira fase (aeróbia) ocorre durante o enchimento do silo e se prolonga nas primeiras horas após o material ser ensilado, até enquanto tiver oxigênio entre as partículas de forragem picada. Esse período é caracterizado pelo pH entre 6,0 e 6,5, além do consumo de carboidrato solúvel e produção de dióxido de carbono, água e calor (SANTOS e ZANINE, 2006).

A elevada concentração de O₂ favorece o crescimento de microrganismos aeróbios, como fungos, leveduras e algumas bactérias, além de ser favorável para a respiração da planta e a atividade de proteases (McDONALD *et al.*, 1991). A atuação dos microrganismos, juntamente com o processo respiratório da planta, promove a redução do O₂ e dá início à segunda fase. A fase aeróbia deve ser curta, não ultrapassar de 24 horas, pois os microrganismos deletérios consomem os nutrientes das plantas o que implica em perdas. No entanto, se atendidas as exigências de uma boa compactação e vedação do silo, as perdas podem ser minimizadas (MUCK, 1988).

A segunda fase, de fermentação ativa, inicia após todo o consumo do oxigênio no material ensilado (McDONALD *et al.*, 1991). Nesta fase há queda acentuada do pH da silagem devido à produção de ácidos orgânicos, a partir da fermentação de açúcares. Inicialmente, o pH baixo é devido a produção do ácido acético, o que reduz o número de microrganismos que não conseguem tolerar um ambiente ácido. A acidificação do meio é necessária também para inibir a atividade das enzimas responsáveis pela proteólise (PENN STATE, 2004).

A elevada acidez da massa forrageira favorece o crescimento das bactérias ácido lácticas. Inicialmente, atuam as enterobactérias e bactérias heterofermentativas, posteriormente, tornam-se dominantes as homofermentativas, essas são mais eficientes no processo fermentativo, pois conseguem converter açúcares em ácido láctico quase que exclusivamente (PENN STATE, 2004). Esta fase se prolonga até que o pH esteja entre 3,8 e 5,0 (McDONALD *et al.*, 1991).

A terceira fase inicia-se quando o material está em estabilidade. O pH ácido da silagem e a condição de anaerobiose a conservam até o momento da abertura do

siló e exposição ao oxigênio. Nesta fase, somente as bactérias ácido-láticas estão em atividade, porém reduzidas. Outros microrganismos sobrevivem nesse período quase em estado inativos e os clostrídios e os bacilos como esporos (McDONALD *et al.*, 1991).

A fase de abertura, quarta fase, ocorre quando há exposição da silagem ao oxigênio, o que normalmente favorece o crescimento de fungos e leveduras, antes esporulados. A característica do retardo ou inibição da proliferação de fungos e leveduras, após o contato com o O₂, é denominada de estabilidade aeróbia, e é importante para manter a qualidade nutricional do material a ser fornecido aos animais (SANTOS e ZANINE, 2006).

As mudanças químicas que ocorrem nas quatro fases são resultantes da ação de bactérias e de enzimas das plantas na conversão dos hidratos de carbono em outros componentes, como ácidos orgânicos e gases e da quebra parcial da proteína. Estas conversões dependem das interações entre as espécies de bactérias e são influenciadas pela quantidade e tipo de substrato ensilado (McDONALD *et al.* 1991).

2.3.1 Indicadores da qualidade da silagem

O processo de fermentação pode ser eficaz ou não, em conservar o valor nutritivo da forragem ensilada. O termo qualidade da silagem é usado para indicar o processo fermentativo que se desenvolveu no siló e, para que ocorra a fermentação desejada, vários fatores estão correlacionados.

Dentre esses fatores pode-se citar: a espécie vegetal utilizada e suas características físico-químicas; a variação da microbiota epifítica entre espécies vegetais; a condução das operações de ensilagem; a extensão do período de conservação; e o manejo do fornecimento da silagem após a abertura do siló (McDONALD *et al.*, 1991).

No que se refere à eficácia do processo de conservação, os parâmetros normalmente empregados como critério de classificação abrangem o pH, os ácidos orgânicos e a porcentagem de nitrogênio amoniacal no nitrogênio total (NH₃/NT).

Segundo Van Soest (1994), a silagem com alta umidade, é propensa a apresentar altos níveis de N-NH₃, aminas e ácido butírico. Por outro lado, a silagem com baixa umidade, em que a atividade de fermentação láctica é inibida, ocorre desenvolvimento de fungos e elevação da temperatura que acarretam em altos níveis de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (McDONALD *et al.*, 1991).

Com relação à produção de ácidos orgânicos na silagem, McDonald (1981) considera necessária uma concentração superior a 3% de ácido láctico na matéria seca. Por sua vez, Kung *et al.* (1984) consideram satisfatórios níveis de ácido láctico de 5,3 e 8,2% para as silagens com 30 e 40% de matéria seca, respectivamente.

O ácido butírico deve estar sempre em pequena quantidade, numa silagem de boa qualidade. Sua presença indica ocorrência de degradação de proteínas e sua concentração está relacionada à fermentação indesejável, pois é resultante da fermentação ocasionada por bactérias do gênero *Clostridium* (McDONALD *et al.*, 1991). Além dessas perdas, gastam-se duas moléculas de ácido láctico para se produzir uma molécula de ácido butírico e duas moléculas de CO₂ e duas de H₂O são liberadas, o que acarreta em perda por efluente e gases (McDONALD, 1981).

O conteúdo de ácido acético está relacionado a menores taxas de diminuição de pH e a presença deste ácido pode corresponder a ação prolongada de enterobactérias e bactérias heterofermentativas, e em menor proporção, este ácido também é produzido por clostrídios segundo Tomich *et al.* (2003).

Outro tipo de fermentação que pode ocorrer durante o processo da ensilagem é a fermentação alcoólica, ocasionada pela presença de leveduras. Esses microrganismos utilizam açúcares e ácido láctico, e são competidores das bactérias produtoras de ácido láctico no início do processo fermentativo. O que pode favorecer a produção de etanol, que não tem valor preservativo para a silagem e ainda provoca perdas de MS e energia (WOOLFORD, 1984).

A avaliação do nitrogênio amoniacal presente na silagem, também pode ser considerado um indicador de qualidade da silagem. É feita para quantificar a proteólise que ocorreu durante o processo de ensilagem. O valor tolerável segundo Oshima e McDonald (1978); e Henderson (1993), é entre 8 a 11% no nitrogênio total. Dentro dessa variação, significa que houve fermentação adequada para a conservação do material dentro do silo, e que não ocorreu a quebra excessiva da proteína em amônia. Quando esse valor é superior a 20%, indica que houve grande

quebra de aminoácidos no material ensilado, e provavelmente ação de fermentação butírica (OHSIMA e McDONALD, 1978).

O excesso de NH_3/NT é um indicativo da presença de clostrídeos, uma vez que esses microrganismos são os principais produtores desse composto (McDONALD *et al.*, 1991). Esse fator resulta em queda na qualidade da silagem, por causa da degradação de compostos proteicos em amônia, à qual é volatilizada no momento de abertura do silo (CÂNDIDO *et al.*, 2007).

No entanto, mesmo em silagens bem conservadas, com adequada fermentação láctica, o processo de deaminação e descarboxilação pode ser considerado normal, porém em pequena quantidade. Sempre irá ocorrer oxirredução das proteínas e aminoácidos, o que pode resultar em queda do valor nutricional da massa ensilada quando comparada com a forrageira que lhe deu origem (McDONALD *et al.*, 1991).

A queda no valor nutritivo pode ser quantificada através das perdas de matéria seca ou energia durante a ensilagem. Segundo McDonald *et al.* (1991), as formas de perdas de nutrientes ocorrem pela respiração residual durante o enchimento do silo, fermentação, produção de efluentes, fermentações secundárias, deterioração aeróbia no armazenamento e na abertura do silo.

Segundo Santos e Zanine, (2006), a formação de gases, causado pelo excesso de umidade da planta ensilada implica no desenvolvimento de clostrídios, bactérias produtoras de CO_2 .

Desta forma, o conhecimento das características de uma silagem de boa qualidade, relacionada com os processos fermentativos e dos fatores que podem ocasionar perdas na silagem, pode auxiliar na compreensão e na maior obtenção de êxito no procedimento.

2.4 Aditivos

A inclusão de aditivos no processo de conservação por ensilagem tem o objetivo de reduzir os riscos de ocorrência de perdas nutricionais do material ensilado. Dentre as funções intrínsecas de cada aditivo, a mais citada entre os autores como fundamental, é a capacidade de promover fermentação desejável e/ou inibir a fermentação indesejável no processo de ensilagem (SCHMIDT *et al.*, 2014).

Segundo Henderson (1993) o aditivo a ser utilizado deve proporcionar segurança no seu manuseio, contribuir na redução de perdas de matéria seca, restringir a fermentação secundária. Deve também aumentar o valor nutricional, melhorar a estabilidade aeróbia e proporcionar o retorno econômico referente a relação entre a produção animal e o custo apresentado pelo uso do aditivo. Além de ter disponibilidade de aquisição pelo produtor e não deixar resíduos tóxicos na massa ensilada. Contudo, dificilmente todas essas características serão encontradas em um único aditivo (SCHMIDT *et al.*, 2014).

McDonald *et al.* (1991) classificaram os aditivos para silagem em: estimulantes de fermentação; inibidores de fermentação; inibidores de deterioração aeróbia; nutrientes e absorventes. No entanto, dentro dessa divisão, alguns aditivos se enquadram em mais de uma categoria, algumas vezes com ações contrárias em diferentes etapas do processo (SCHMIDT *et al.*, 2014). Nussio e Schmidt (2004) também propuseram uma classificação para os aditivos utilizados no Brasil. Enquadraram apenas em aditivos químicos, microbianos e sequestrantes de umidade.

Os aditivos químicos são as substâncias que tem a finalidade principal controlar reações químicas e/ou biológicas indesejáveis na silagem. Entre os principais produtos que representam os aditivos químicos, o mais utilizado é a ureia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$). O carbonato de cálcio (CaCO_3), hidróxido de sódio (NaOH), o benzoato de sódio ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$), o pirussulfito de sódio (NaS_2O_5), o ácido fórmico (CH_2O_2), o formol (HCO_2) e misturas compostas por formol e ácido fórmico, também são exemplos de aditivos químicos (NEUMANN *et al.*, 2010).

O uso de aditivo químico sem o conhecimento técnico devido, com relação a dosagem e métodos de aplicação, pode gerar consequências negativas ao

desenvolvimento de microrganismos benéficos à fermentação (NEUMANN *et al.*, 2010).

Já os aditivos microbiológicos, tais como: as bactérias homofermentativas, heterofermentativas, ou a combinação das duas, tem o objetivo de dominar a fermentação dentro do silo e inibir o crescimento de microrganismos aeróbios (leveduras) e anaeróbios indesejáveis (enterobactérias e clostrídeos) (ZOPOLLATO *et al.*, 2009). Consequentemente inibir a atividade de proteases e deaminases no período de fermentação e durante a fase de abertura do silo (KUNG JR. *et al.*, 2003).

O sucesso no uso de aditivos microbiológicos em silagens depende da habilidade da bactéria inoculada crescer rapidamente na massa de forragem ensilada. Segundo Weinberg e Muck (2010), este fator é dependente da compatibilidade entre a planta e os microrganismos utilizados, que é determinada através da relação entre a população de bactérias inoculadas e à população epífita da forragem. Além disso, inoculantes utilizados em determinadas regiões com sucesso, podem não ser eficientes em outras, o que indica uma possível influência das condições do local sobre o efeito do inoculante na silagem (ASHBELL, 1995).

A escolha de um aditivo para aplicação no campo, sem critérios bem definidos, pode levar a prejuízos técnicos e econômicos. Dessa forma, estudos que contribuam para a tomada de decisão a respeito de quando usar, qual aditivo escolher e como aplicar, associado ao conhecimento sobre o desafio que a forragem apresenta para ser ensilada, e como os aditivos em questão funcionam e interferem no processo é fundamental para obtenção de resultados favoráveis a produção animal. Schmidt *et al.* (2014) comentam que embora não haja dados oficiais, uma pequena parte dos produtores rurais do Brasil usa aditivos na ensilagem, e os que o fazem muitas vezes são influenciados por informações leigas ou comerciais.

2.4.1 Ureia

A ureia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) é um composto orgânico sólido, higroscópico e solúvel em água, obtido industrialmente através da condensação do gás carbônico (CO_2) com a

amônia (NH₃) o que forma o carbonato de amônia. Nessa reação ocorre a liberação de uma molécula de água, e em processo com temperatura e pressão controladas, origina-se a ureia (PEREIRA *et al.*, 2009). Por ser encontrada na forma sólida, necessita de umidade e presença da enzima uréase para que possa produzir 2NH₃ + CO₂, para cada molécula de ureia (PIRES *et al.*, 2004).

A ureólise que ocorre em decorrência da ação da enzima uréase, faz com que a ureia se converta em amônia, e ao reagir com a água, forme o hidróxido de amônio. Este é capaz de desestruturar os complexos formados pelos componentes da parede celular (celulose, hemicelulose e lignina), o que proporciona aos microrganismos maior área de exposição da forragem (GARCIA e PIRES, 1998). Em revisão feita por Santos Sousa *et al.* (2017), os autores afirmam que a amônia proporciona a redução da cristalinidade da celulose, através da degradação das pontes de hidrogênio, o que aumenta a sua fraqueza e proporciona uma melhor degradação enzimática. Este fator melhora o grau de utilização das diferentes frações da fibra e conseqüentemente favorece a degradabilidade dos constituintes celulares (FREITAS *et al.*, 2002). Este efeito da ureia é importante em silagens de forrageiras com baixa qualidade e elevadas quantidades de FDN e lignina.

Para materiais com níveis reduzidos de FDN e elevados teores de carboidratos solúveis, como é o caso da mucilagem de sisal, a ureia pode ter utilidade como aditivo antifúngico. Pois, quando em contato com a forragem ensilada, a hidrólise da ureia em amônia também tem efeito inibidor sobre a população de leveduras e fungos, o que pode favorecer a redução da produção de etanol e ação deletéria desses microrganismos, que implica em perdas de matéria seca (MS) em silagem (DIAS *et al.*, 2014).

Este composto apresenta benefícios como aditivo em silagens, no entanto, alguns fatores são responsáveis pela maior ou menor eficiência da amonização. Segundo Pires *et al.* (2010) os fatores que interferem na eficiência da ureia como aditivo em silagem são: doses aplicadas, períodos de amonização, temperatura ambiente, umidade do material a ser tratado e qualidade do material. Na literatura encontram-se vários resultados positivos com diferentes níveis, tanto para garantir a boa conservação do material, quanto para melhorar a qualidade do produto final, seja na composição bromatológica ou na digestibilidade.

Segundo Pires *et al.* (2003), a dose de ureia aplicada em silagens deve estar em torno de 3,0 a 5,0%, com base na matéria seca, quando o objetivo for conservação, e de 7,0% de ureia quando o objetivo for a melhoria na qualidade do material com baixa digestibilidade. Pires *et al.* (2010) afirmam que doses de até 7,5% normalmente não devem ser utilizadas, porque a partir dessas, pode diminuir a resposta na melhoria da qualidade da forragem conservada, além de exercer um efeito tampão, o que pode prejudicar a fermentação da silagem.

Oliveira *et al.* (2009) utilizaram doses abaixo das recomendadas na literatura (0; 0,25; 0,50 e 0,75% com base na matéria seca) na silagem de capim-tanzânia e só observaram resultados positivos no incremento de proteína bruta e aumento na digestibilidade e não verificaram efeito significativo para matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e nitrogênio não proteico.

Rocha *et al.* (2006) pesquisaram o efeito de níveis crescentes de ureia na silagem de capim-elefante e constataram que a adição de 4% de ureia durante o processo de ensilagem foi suficiente para melhorar a qualidade do material, pois aumentou o teor de proteína bruta e a digestibilidade "*in vitro*" da matéria seca e reduziu o teor de fibra em detergente neutro.

Pires *et al.* (2010) recomendam doses superiores a 4% na MS para que o material conservado não apresente fungos. Schmidt *et al.* (2014), afirmam que a ureia diluída em água, quando aplicada em doses de 0,7 a 1,0% da matéria natural, parece ser efetiva em reduzir a população de leveduras, em decorrência da liberação de amônia, sem comprometer a fermentação final das silagens.

Já Rosa *et al.* (1998) estudaram aplicações de ureia em feno e afirmaram que doses de 1,8% de ureia, com base na matéria seca, teve efeito fungistático e reduziu para quatro gêneros de fungos, de um total de 10, e controlaram em 100% os fungos do gênero *Aspergillus*. Além disso, Freitas *et al.* (2002) observaram que a ureia com doses entre 0,9 e 1,8% (com base na matéria seca), foram eficientes em reduzir a ocorrência de fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium* nos fenos de Alfafa (*Mediticago sativa L.*) com alta umidade (24 a 27% de umidade).

A ureia também pode aumentar a vida útil da silagem (MUCK,1988). Isso ocorre segundo Dias *et al.* (2014), porque esse efeito inibidor sobre a população de leveduras e fungos favorece o aumento da estabilidade aeróbia, o que é viável em materiais com elevados teores de carboidratos solúveis propensos a rápida

deterioração no momento de abertura dos silos.

Outro fator importante no uso do aditivo ureia é o tempo de amonização que está intimamente ligado à temperatura ambiente, que tem importante efeito na velocidade de reação entre a ureia e a forragem tratada (SANTOS SOUSA *et al.*, 2017). As reações químicas que ocorrem com a amonização se processam mais rapidamente em temperaturas mais altas do que nas baixas (ROSA e FADEL, 2001).

Segundo Pires *et al.* (2010) em temperaturas mais altas, cerca de 30 °C, o período de amonização pode ser de até uma semana, enquanto a temperatura menor como 5 °C, pode levar até dois meses para que a amonização seja eficaz. Em temperaturas próximas de 100 °C, as reações são quase imediatas, enquanto que, quando próximas de 0 °C, são extremamente lentas (GARCIA e PIRES, 1998). No entanto, Santos Sousa *et al.* (2017), ressaltaram que quanto maior o tempo de amonização, maiores podem ser as perdas por gases de uma silagem.

A umidade do material também tem efeito relevante na ação da ureia, visto que, a enzima urease precisa de pelo menos 30% de umidade para que ocorra a ureólise que resultará na produção de NH₃ (PIRES *et al.*, 2010). Rosa e Fadel (2001) afirmaram que a ureia deve ser dissolvida em água, sendo que a quantidade pode variar de 0,3 a 1,0 litro por kg de forragem/palhada, e depois a solução é aspergida em camadas da forragem a ser tratada.

A ureia também pode influenciar no pH da silagem. A elevação do pH das silagens com ureia, pode ser atribuída ao fato de a amônia ser uma base com alta capacidade tamponante (PHILLIP *et al.*, 1985). Em silagens produzidas sem aditivos, o pH elevado é indicativo de grande produção de ácidos mais fracos, como o butírico, que são oriundos de fermentações indesejáveis (VAN SOEST, 1994), enquanto em silagens amonizadas o pH elevado pode ocorrer devido à ação da própria amônia.

Martins *et al.* (2014) ao analisarem a qualidade de silagens de cana-de-açúcar tratadas com ureia e óxido de cálcio, inferiram que o uso de 1% de ureia na matéria natural na silagem não contribuiu para a redução das perdas de carboidratos solúveis, entretanto, quando os dois aditivos foram utilizados em conjunto as silagens apresentaram melhores resultados.

Fernandes *et al.* (2009) avaliaram adição de ureia na silagem de sorgo forrageiro e constataram que a adição de ureia melhorou o valor nutritivo da silagem,

e que doses de até 5,0% na matéria seca não interferiu no processo de fermentação.

Ítavo *et al.* (2010) testaram diferentes aditivos em silagens de cana-de-açúcar e capim-elefante e relataram que as silagens aditivadas com ureia apresentaram maiores teores de PB, pH e NH_3/NT .

Lopes e Evangelista (2010) analisaram silagens de cana-de-açúcar acrescidas de ureia e aditivos absorventes de umidade, e concluíram que teores de 0,5% de ureia na matéria natural, aditivado com 4% do aditivo sequestrante de umidade proporcionou resultados favoráveis a qualidade da silagem de cana-de-açúcar.

Faria *et al.* (2008) avaliaram a mucilagem de sisal amonizada com até 8% de ureia e concluíram que os teores de proteína bruta aumentaram linearmente à medida que aumentaram os níveis de ureia. O mesmo resultado foi encontrado por Brandão *et al.* (2011) que avaliaram a adição de ureia na mucilagem do sisal e verificaram aumentos nos teores de PB.

A ureia apresenta facilidade de obtenção e o baixo custo de unidade por equivalente proteico, sabendo-se que a ureia contém entre 42 e 45% de nitrogênio (NEUMANN *et al.*, 2010). Esse fator contribui para melhoria da qualidade nutricional da silagem por meio do incremento de nitrogênio não proteico.

2.4.2 *Lactobacillus plantarum*

Os inoculantes bacterianos são aditivos que visam aumentar a concentração de bactérias ácido lácticas na silagem. As espécies do gênero *Lactobacillus* são as mais utilizadas como aditivos em silagens, pois tem se mostrado eficientes na produção de ácidos controladores de deterioração (ZOPOLATTO *et al.*, 2009).

Esse gênero foi dividido em três grupos (McDONALD *et al.*, 1991). O primeiro grupo é das bactérias ácido lácticas (BAL) homofermentativas obrigatórias, essas fermentam hexoses a ácido láctico quase que exclusivamente. Produzem duas moléculas de ácido láctico a partir de uma molécula de glicose, e não fermentam pentoses, pois não possuem a enzima fosfoquetolase. Um exemplo de bactéria

deste gênero é a *L. bovis*, essas bactérias produzem essencialmente o ácido láctico (PAHLOW *et al.*, 2003).

O segundo grupo é representado pelas heterofermentativas facultativas, estas bactérias utilizam a mesma via metabólica para fermentação de hexoses do grupo anterior, a diferença é que também fermentam pentoses, pois possuem tanto a enzima aldolase como a fosfoquetolase, a exemplo: o *L. plantarum*. Esses, além de produzirem ácido láctico, também podem produzir o ácido acético (PAHLOW *et al.*, 2003).

Do grupo três fazem parte as BAL heterofermentativas obrigatórias que fermentam hexoses em outros produtos além do ácido láctico, em maior proporção que as anteriores. Essas utilizam uma molécula de glicose para resultar em uma molécula de etanol ou de ácido acético e uma molécula de CO₂, a exemplo o *L. buchneri* (PAHLOW *et al.*, 2003).

Até meados da década de 90, o principal objetivo das indústrias era desenvolver tecnologias a base de bactérias homofermentativas. No entanto, a partir desse período, iniciaram-se pesquisas com as bactérias heterofermentativas facultativas, como a *L. plantarum*, com o objetivo de testar alternativas para controlar a fermentação e deterioração aeróbia no momento de abertura do silo (WEINBERG e MUCK, 1996).

As bactérias heteroláticas facultativas produzem ácido láctico e etanol ao fermentarem a glicose e produzem ácido láctico, acético e manitol ao fermentarem a frutose. No entanto, a espécie *L. plantarum* não apresenta a enzima acetaldeído desidrogenase, que é a responsável pela redução de acetaldeído em etanol (PAHLOW *et al.*, 2003). Dessa forma a produção de etanol é praticamente nula por esse microrganismo (OUDE ELFERINK *et al.*, 2001). Conseqüentemente, a concentração de ácido acético como produto final de sua fermentação aumenta (McDONALD *et al.*, 1991).

A produção de ácido acético pode inibir o desenvolvimento de fungos e leveduras, o que favorece o aumento da estabilidade aeróbia da silagem (MUCK, 2010). Este ácido é considerado pouco eficiente quando comparado ao ácido láctico, em reduzir o pH da silagem. Entretanto, sua ação ocorre no metabolismo de leveduras e fungos filamentosos (MOON, 1983). Embora a fermentação heterolática seja menos eficiente quando comparada a homolática, a melhor estabilidade aeróbia

da massa ensilada representa grande vantagem na utilização de aditivos contendo cepas de BAL heteroláticas (AVILA *et al.*, 2012).

O *Lactobacillus plantarum* apresenta outras características consideradas ideais para um inoculante em uma silagem, além das características já citadas, ele apresenta habilidade de competir e dominar outros microrganismos em ambientes anaeróbios e são tolerantes a pH ácidos (PAHLOW *et al.*, 2003).

CAPÍTULO 1 - ARTIGO 1

Artigo a ser submetido ao Periódico Revista Brasileira de Zootecnia, Qualis B1, na área de Zootecnia/Recursos pesqueiros.

EFEITO DE ADITIVOS QUÍMICO E MICROBIANO NA SILAGEM DE MUCILAGEM DE SISAL

Resumo: Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da adição de ureia e/ou *Lactobacillus plantarum* sobre a qualidade da silagem de mucilagem de sisal (*Agave sisalana*, Perrine). Foram avaliados a composição químico-bromatológica, das perdas e da estabilidade aeróbia. As silagens foram confeccionadas em mini silos experimentais, empregando-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2, cinco níveis de ureia: 0%; 0,5%; 1,0%; 2,0% e 4,0 % com base na matéria seca, com e sem a adição de *L. plantarum*, com cinco repetições. As médias foram obtidas por meio do procedimento Modelos Lineares Generalizados (GLM) utilizando-se o teste de Bonferroni. A adição de ureia implicou em aumento no teor de proteína bruta, proporcional ao aumento dos teores de ureia adicionados, e as silagens que receberam o inoculante associados a ureia resultaram em médias ainda maiores. Não houve interação entre os aditivos ($P>0,05$) para os dados de carboidratos solúveis e as médias situaram em torno de 8%. Não houve diferença estatística ($P>0,05$) sobre a fração fibrosa com relação as diferentes doses de ureia aplicadas. Com relação as perdas totais, as silagens que não receberam aditivos apresentaram as maiores médias. Já as silagens aditivadas com 2,0% e 4,0% de ureia com associação do *L. plantarum*, obtiveram as menores perdas por efluentes. Os valores de pH das silagens situaram em torno de 4,4 e 6,4 e a capacidade tampão entre 23,53 e 46,26 emg de HCl/100 g de matéria seca. Com relação a temperatura máxima atingida pelas silagens após o momento de abertura dos silos, pode-se observar que as aditivadas com 2,0% e 4,0% de ureia associado ao *L. plantarum* foram as que apresentaram menor temperatura. A maior amplitude entre as temperaturas foi da silagem que não recebeu aditivos, e as menores diferenças entre as temperaturas foram observadas nas silagens que receberam 2,0 e 4,0% de ureia com adição do inoculante. E as silagens que receberam 2,0% e 4,0% de ureia com o *L. plantarum* foram as que permaneceram mais tempo em estabilidade aeróbia. A interação entre a ureia e o *L. plantarum* na silagem de mucilagem de sisal foram mais efetivos em reduzir as perdas e foram eficientes em aumentar a vida útil da silagem de mucilagem de sisal.

Palavras chaves: Inoculante; *Lactobacillus plantarum*; Resíduo; Ureia

EFFECT OF CHEMICAL AND MICROBIAL ADDITIVES IN SISAL MUCILAGING SILAGE

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effects of the addition of urea and / or *Lactobacillus plantarum* on the quality of sisal mucilage silage (*Agave sisalana*, Perrine). The chemical-bromatological composition, pH, of organic acids, ammoniacal nitrogen, buffer capacity and soluble carbohydrates in the silages were evaluated. Loss quantification and aerobic stability assessment were also performed. The silages were prepared in experimental mini-silos, using a completely randomized design in a 5x2 factorial scheme, five levels of urea: 0%; 0,5%; 1,0%; 2,0% and 4,0% based on dry matter, with and without the addition of *L. plantarum*, with five replicates. Addition of urea implied an increase in the crude protein content, proportional to the increase of the added urea contents, and the silages that received the urea associated inoculant resulted in even higher averages. There was no interaction between the additives ($P > 0,05$) for the soluble carbohydrate data and the mean values were around 8%. There was no statistical difference ($P > 0,05$) on the fibrous fraction in relation to the different doses of urea applied. Regarding the total losses, the silages that did not receive additives presented the highest averages. The silages added with 2,0% and 4,0% of urea with *L. plantarum* association obtained the lowest effluent losses. The pH values of the silages were around 4,4 and 6,4 and the buffer capacity was between 23,53 and 46,26 emg HCl / 100 g dry matter. In relation to the maximum temperature reached by the silages after the opening moment of the silos, it can be observed that the additives with 2,0% and 4,0% of urea associated to *L. plantarum* were those that presented lower temperature. The greatest amplitude between the temperatures was of the silage that did not receive additives, and the smaller differences between the temperatures were observed in the silages that received 2,0 and 4,0% of urea with addition of the inoculant. And the silages that received 2,0% and 4,0% of urea with *L. plantarum* were those that remained longer in aerobic stability. The interaction between urea and *L. plantarum* in sisal mucilage silage were more effective in reducing losses and were efficient in increasing the useful life of sisal mucilage silage.

Keywords: Inoculant; *Lactobacillus plantarum*; Residue; Urea

Introdução

Para minimizar os efeitos negativos da sazonalidade da produção de forragem em regiões áridas, é constante a busca por alimentos alternativos, potencialmente utilizáveis como fontes suplementares para ruminantes, que visam atender as exigências nutricionais dos animais.

A mucilagem do sisal, resíduo da agroindústria sisaleira, é um exemplo de fonte alternativa de nutrientes que pode ser utilizada, na prática, principalmente quando conservada sob a forma de silagem (BRANDÃO et al., 2013). Entretanto, as especificidades desse resíduo, caracterizado por teores de umidade acima do recomendado para ensilagem, requer a utilização de aditivos químicos e/ou microbianos que assegurem a qualidade do produto final e/ou emuchercimento do material.

A ureia, além de ser um aditivo químico, quando adicionada ao material ensilado, também pode promover a elevação do teor de proteína bruta da silagem (SILVEIRA e SANTOS, 2017), e ainda promove melhoria na estabilidade aeróbia da mesma, devido à ação antifúngica da amônia (PIRES et al., 2010).

Por sua vez, o *Lactobacillus plantarum* é um aditivo microbiano que apresenta características consideradas ideais para um inoculante de silagens, pois, além de aumentar a estabilidade aeróbia da massa ensilada, ele pode controlar a fermentação, promover a proliferação de microrganismos benéficos e reduzir os deteriorantes (ZOPOLATTO et al., 2009; PEDROSO et al., 2007).

É provável que as características peculiares da mucilagem do sisal (alta umidade e baixo teor de proteína bruta) possam ser beneficiadas pela adição da uréia e do *Lactobacillus plantarum* a ensilagem, e que as perdas ocasionadas durante o processo fermentativo sejam reduzidas.

O objetivo desta pesquisa é avaliar os efeitos dos aditivos químico (ureia) e microbiológico (*Lactobacillus plantarum*) e suas interações na qualidade da silagem de mucilagem do sisal com vistas a melhorar a fermentação, composição nutricional e a estabilidade aeróbia desta silagem.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada de acordo com o comitê institucional de uso animal (número de protocolo 23007.0088278/2016-36) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

A parte inicial do experimento consistiu nos procedimentos de ensilagem, entre o período de 29 de outubro a 03 de dezembro de 2016. A mucilagem utilizada no experimento foi doada por produtores da fibra de sisal, associados a Cooperativa APAEB, localizada no município de Valente-BA. O material foi coletado no campo um dia após a realização do desfibramento do sisal e o mesmo foi colocado sobre lona plástica, em camada de aproximadamente 5 cm, durante um período de 48 horas ao sol para redução do teor de umidade.

Para cálculo de predição de matéria seca (MS) da mucilagem de sisal e posterior adição dos aditivos, as amostras foram coletadas em cinco pontos diferentes, com vistas a obter uma boa representatividade do material, para estimativa do teor de MS em micro-ondas doméstico, segundo a metodologia de Souza et al. (2002), e cálculo da quantidade de ureia a ser adicionada.

O material foi inicialmente dividido em duas porções: as que iriam receber a adição do inoculante e os que não receberiam. Após a divisão foi adicionado o inoculante *Lactobacillus plantarum* $3,1 \times 10^{10}$ UFC/g, de acordo com a dose recomendada pelo fabricante, que é de 2g (diluída em água) por tonelada de silagem, de maneira uniforme, com a ajuda de um pulverizador.

Após a pulverização, o material que recebeu o inoculante foi dividido em cinco porções. Cada uma das porções foi adicionada do seu respectivo percentual de ureia (0,0%; 0,5%; 1,0%; 2,0% e 4,0%) com base na MS. Esses representaram os tratamentos que receberam inoculante e os níveis de ureia.

Após esta etapa, o montante da mucilagem que não recebeu o inoculante também foi dividido em cinco partes, que representaram os tratamentos que receberam apenas ureia nos níveis de 0,0%; 1,0%; 2,0% e 4,0% com base na MS, afim de obter os tratamentos com e sem a adição do *Lactobacillus plantarum* nos diferentes níveis de ureia, totalizando 50 unidades experimentais.

Após completa homogeneização entre a mucilagem e os aditivos, foram retiradas amostras de todas as pré-ensilagens para determinação da composição bromatológica (Tabela 1).

Em seguida, o material foi ensilado em silos de laboratório, confeccionado em tubos de PVC de 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento. No fundo de cada silo, foi colocado 2 kg de areia que ficou separada da silagem por tela de polietileno, para evitar contaminação do material, e serviu para estocagem de efluentes.

O material ensilado foi compactado tomando-se o cuidado de se obter uma densidade 600 kg/m^3 . Os silos foram fechados com tampa de PVC dotados de válvulas tipo *Bunsen* e lacrados com fita adesiva.

Decorrido o tempo de estocagem, 35 dias, procedeu-se a abertura dos silos. Após a abertura, a camada inicial da silagem de aproximadamente 5 cm foi desprezada e a silagem retirada foi homogeneizada em baldes plásticos e retirada amostras para posteriores análises.

A leitura do pH das silagens foi feita logo após a abertura dos silos, seguindo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), procedendo a diluição de nove gramas de silagem fresca em 60 ml de água destilada e após 30 minutos de repouso, utilizando-se um potenciômetro para leitura do pH em triplicatas.

Antes da retirada de amostras para análises laboratoriais, procederam-se as avaliações da perda total de matéria seca, perdas de gases, efluentes e avaliação da recuperação de matéria seca. Estas variáveis foram quantificadas por diferença de peso, segundo as equações descritas por Jobim et al. (2007).

A perda total de matéria seca foi estimada pela diferença do peso bruto de matéria seca inicial e final dos silos experimentais, em relação à quantidade de MS ensilada, descontados o peso do conjunto silo e areia seca na ensilagem e do conjunto silo e areia úmida na abertura, conforme a equação:

$$PMS = [(MSi - MSf)] / MSi \times 100,$$

onde: PMS = perda total de MS (%); MSi = quantidade de MS inicial, calculada pelo peso (Kg) do silo após enchimento menos o peso do conjunto vazio (Kg), sem a forragem, antes do enchimento (tara seca) multiplicado pelo teor de MS da forragem na ensilagem; MSf = quantidade de MS final, calculada pelo peso (Kg) do silo cheio antes da abertura menos o peso (Kg) do conjunto vazio, sem a forragem, após a abertura dos silos (tara úmida) multiplicado pelo teor de MS da forragem na abertura.

As perdas de matéria seca decorrentes da produção de gases foram calculadas segundo a equação:

$$G = \{[(PCen - Pen) \times MSen] - [(PCab - Pen) \times MSab] / [(PCen - Pen) \times MSen]\} \times 100,$$

onde:

G = Perdas por gases em % da MS; PCen = Peso do silo cheio na ensilagem (kg); Pen= Peso do conjunto (silo + tampa + areia + tela) na ensilagem (kg); MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (%); PCab = Peso do silo cheio na abertura (kg); MSab = Teor de MS da forragem na abertura (%).

A determinação da produção de efluente foi realizada mediante a diferença de pesagens do conjunto silo e areia, depois e antes da ensilagem, em relação à quantidade de matéria verde ensilada (MV), segundo a equação:

$$E = [(Pab - Pen) / (MVfe)] \times 1000,$$

onde: E = Produção de efluente (kg/t de massa verde); Pab = Peso do conjunto (silo + areia + tela) na abertura (kg); Pen = Peso do conjunto (silo + areia + tela) na ensilagem (kg); MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

Após quantificação das perdas, foram retiradas amostras para realização das análises bromatológicas procedidas de acordo com os métodos do INCT-CA descritos por Detman et al. (2012). Dentre elas, análises de porcentagens de matéria seca (MS) (INCT-CA G-003/1), cinzas (INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB) (INCT-CA N-001/1). Além de determinação da fibra em detergente neutro (FDN) (INCT-CA F-002/1), fibra detergente ácido (FDA) (INCA-CA F-004/1) e lignina (INCT-CA F-005/1).

Os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) (INCT-CA N-004/1) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) (INCT-CA N-0,005/1) e as análises de cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN) (INCT-CA M-002/1) e cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA) (INCT-CA M-003/1), também foram obtidos de acordo com os métodos descritos em Detmann et al. (2012).

A avaliação da FDN_i foi feita segundo a metodologia descrita em (HUHTANEN et al., 1994), onde procedeu-se a incubação ruminal das amostras secas e moídas em peneira de 2 mm, acondicionadas em sacos de TNT (tamanho 5cm x 5cm) por um período de 288 horas. Após a retirada dos sacos incubados no rúmen, os mesmos foram lavados com água corrente até total clareamento e transferidos para estufa de ventilação forçada (55°C), onde foram mantidos por 72 horas. Sequencialmente, foram secos em estufa não-ventilada (105°C por 45 minutos), acondicionados em dessecador (20 sacos/dessecador) e pesados para obtenção da FDN_i. A digestibilidade da MO a partir das incubações *in situ* foi calculada de acordo com a equação publicada por Huhtanen et al. (2006):

$$DMS_{FDN_i} = 0,839 - 0,00132 \times FDN_i \text{ (gkg/MS)}.$$

Tabela 1 - Composição bromatológica da mucilagem de sisal aditivada com os diferentes níveis de ureia, sem e com a presença do *L. plantarum* antes das ensilagens

Variáveis	0/S	0/C	0,5/S	0,5/C	1,0/S	1,0/C	2,0/S	2,0/C	4,0/S	4,0/C
MS (%MN)	19,41	18,27	18,86	19,14	19,14	19,15	18,92	19,92	19,89	21,07
MM (%MS)	16,48	16,34	16,09	15,80	16,11	16,45	15,73	15,70	15,40	15,26
PB (%MS)	7,48	7,55	9,72	10,09	11,75	11,19	12,77	14,61	15,30	15,43
CST (%MS)	11,04	10,38	9,94	10,13	9,98	10,30	10,34	10,53	10,16	9,96
FDN (%MS)	33,48	33,28	33,57	33,41	33,91	34,96	33,62	35,00	33,18	33,20
FDA (%MS)	25,68	25,24	25,89	25,55	26,66	27,01	26,60	27,45	25,52	25,27
HEMI (%MS)	7,80	8,04	7,68	7,86	7,25	7,95	7,02	7,55	7,66	7,93
CEL (%MS)	12,09	13,55	14,62	13,82	13,54	14,66	14,74	16,83	14,30	13,21
LIG (%MS)	13,59	11,69	11,27	12,73	13,12	12,35	11,86	10,62	11,22	12,06

MS= Matéria Seca; MM= Matéria Mineral; MO= Matéria Orgânica; PB=Proteína Bruta; CST = Carboidratos Solúveis Totais; FDN= Fibra em Detergente Neutro; FDA= Fibra em Detergente Ácido; HEMI= Hemicelulose; CEL= Celulose; LIG= Lignina;

0/S= 0,0% de ureia, sem *L. plantarum*; 0/C= 0,0% de ureia, com *L. plantarum*; 0,5/S= 0,5% de ureia, sem *L. plantarum*; 0,5/C= 0,5% de ureia, com *L. plantarum*; 1,0/S= 1,0% de ureia, sem *L. plantarum*; 1,0/C= 1,0% de ureia, com *L. plantarum*; 2,0/S= 2,0% de ureia, sem *L. plantarum*; 2,0/C= 2,0% de ureia, com *L. plantarum*; 4,0/S= 4,0% de ureia, sem *L. plantarum*; 4,0/C= 0,0% de ureia, com *L. plantarum*;

A análise de nitrogênio amoniacal no nitrogênio total (NH_3/NT) foi feita segundo a metodologia descrita por Chaney e Marbach (1962), por espectrometria com leitura de 550nm. A avaliação dos teores de ácidos orgânicos da silagem foi feita segundo a metodologia de Kung Jr. e Ranjit (2001) por cromatografia líquida de alta resolução (HPLC).

Para a análise dos carboidratos solúveis totais (CST), foi empregado o método do ácido sulfúrico concentrado, descrito em Dubois et al. (1956). Para análise da capacidade tampão (CT), a metodologia empregada foi a descrita por Playne e McDonald (1966). A capacidade tampão foi expressa como equivalente miligrama (e.mg) de álcali requerido para mudar o pH de 4,0 até 6,0 por 100g de matéria seca, após correção para valor da titulação de 250 ml de água destilada.

A análise da estabilidade aeróbia foi realizada seguindo a metodologia descrita por Jobim et al. (2007). As amostras foram mantidas em ambiente arejado, cercado com tela para evitar a entrada de insetos e possível contaminação. Foram monitoradas as temperaturas de cada amostra quatro vezes ao dia, durante 10 dias, com concomitante aferição da umidade relativa do ar e temperatura ambiente, através de um termo higrômetro.

Para aferição da temperatura da silagem, foram inseridos termômetros digitais na massa ensilada, em profundidade de 10 cm, durante dez dias, quatro vezes ao dia (às 05, 11, 17 e 23 h) para obter as temperaturas da silagem ao longo do dia.

A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo, em horas, para que as silagens, após a abertura do silo, apresentem temperatura 2°C mais elevada que a temperatura ambiente (O'Kiely et al., 2001). Foram observadas a temperatura máxima registrada após a abertura dos silos; diferença máxima entre a temperatura da silagem e do ambiente; tempo para que a silagem eleve a temperatura em 2 °C acima da temperatura ambiente; e pH no momento que a silagem elevou a temperatura em 2 °C acima da temperatura ambiente.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 5x2 (cinco níveis de ureia 0%; 0,5%; 1,0%; 2,0% e 4,0 % da MS), com e sem a adição de *Lactobacillus plantarum*, com cinco repetições. As análises estatísticas descritas foram realizadas com ajuda do software SPSS 17.0. Para estudo das interações significativas (P<0,05) as variáveis foram desdobradas. As médias foram obtidas por meio do procedimento Modelos Lineares Generalizados (GLM) utilizando-se o teste de Bonferroni. O modelo estatístico foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + U_j + T:U_{ij} + e_{ijk}, \text{ onde:}$$

Y_{ijk} = valor observado na unidade experimental que recebeu o fator i do *L. plantarum* (presença ou ausência) e o fator j que representa os diferentes níveis de ureia; μ = Média geral; T_i = efeito do fator *L. plantarum*; U_j = efeito dos níveis de ureia; $T:U_{ij}$ = efeito da interação entre os níveis de ureia e o *Lactobacillus plantarum*; e_{ijk} = efeito do erro experimental associado a observação Y_{ijk} .

Resultados

A Tabela 2 apresenta as médias das variáveis independentes das análises feitas da silagem de mucilagem de sisal aditivada com os diferentes níveis de ureia, com e sem a presença do *L. plantarum*, bem como a significância de interação entre os aditivos.

Tabela 2 – Composição bromatológica, perdas, pH, capacidade tampão e nitrogênio amoniacal das silagens de mucilagem de sisal aditivadas com ureia e/ou *Lactobacillus plantarum*

Variáveis	Ureia (g/100g na MS)					<i>L. plantarum</i>		Sig ^b INT	P-valor	CV(%)
	0,0	0,5	1,0	2,0	4,0	sim	não			
MS	20,43 a	20,43 a	20,12 a	20,31 a	20,59 a	20,47 a	20,28 a	ns	0,425	0,374
MO	84,9 a	85,08 a	84,89 a	84,17 a	84,48 a	84,31 a	84,89 a	ns	0,217	0,856
Cinzas	15,1 a	14,92 a	15,11 a	15,83 a	15,52 a	15,69 a	15,11 a	ns	0,248	0,856
CST	7,58 a	8,73 a	8,06 a	8,31 a	8,06 a	8,43 a	8,57 a	ns	0,138	0,943
PB	6,49 e	8,59 d	10,04 c	11,55 b	14,46 a	11,11 a	9,40 b	***	0,000	6,565
PDIN	13,10 b	13,69 b	14,94 a	15,48 a	13,61 b	14,98 a	13,39 b	***	0,000	2,293
PIDA	10,14 b	9,76 b	10,73 a	11,31 a	10,11 b	10,87 a	10,37 b	***	0,000	1,198
FDN	35,49 abc	34,89 bc	36,05 ab	36,62 a	34,37 c	35,95 a	34,70 b	**	0,001	2,005
FDA	27,09 ab	27,25 ab	27,98 ab	27,81 a	26,75b	28,65 a	27,51b	**	0,001	1,549
CEL	14,43 b	15,02 b	15,47 ab	16,15 a	15,23 b	17,10 a	14,53 b	***	0,000	2,307
HEMI	8,4 a	7,64 a	8,07a	8,81 a	7,62 a	8,25 a	7,44 b	ns	0,295	1,209
LIG	12,66 a	12,23 ab	12,51 a	11,66 b	11,52 b	12,55 a	10,98 b	ns	0,243	1,560
CIDN	2,78 ab	2,67 b	2,79 ab	3,18 a	2,80 ab	2,88 a	2,81 a	ns	0,489	0,393
CIDA	2,87 a	2,60 a	3,05 a	3,01 a	2,91 a	2,96 a	2,86 a	ns	0,509	0,361
DIG	69,36 a	69,7 a	69,57 a	68,8 a	68,24 a	68,55 a	69,72 a	ns	0,328	1,468
PMS	6,74 a	4,05 c	5,07 b	5,08 b	4,27 c	5,07 a	5,09 a	**	0,001	2,113
RMS	93,26 c	95,95 a	94,93 c	94,92 bc	95,73 ab	94,93 a	94,91 a	**	0,001	2,113
PE	22,64 a	13,00 b	12,07 b	11,95 b	12,53 b	14,31 b	16,45 a	***	0,000	9,398
PG	4,01 a	3,87 b	3,90 a	2,87 c	2,82 c	3,56 a	3,59 a	ns	0,553	1,194
pH	5,3 d	5,54 c	5,56 c	5,82 b	6,41 a	5,63 b	5,8 a	***	0,000	0,857
CT	24,85 e	30,64 d	34,21 c	37,13 b	42,25 a	31,92 b	35,72 a	***	0,000	13,415
NH ₃ /NT	15,10 a	9,40 c	9,56 c	13,68 b	14,17 b	8,69 b	9,99 a	ns	0,172	6,571

Médias na mesma linha seguida de letras diferentes são diferentes segundo o Teste de Bonferroni (P<0,05).

Sig^b INT=significância da interação entre os aditivos (P<0,05).

MS= Matéria Seca (%); MO= Matéria Orgânica (%MS); CST= Carboidratos Solúveis Totais (%MS); PB= Proteína Bruta (%MS); PDIN= Proteína Indigestível em Detergente Neutro (%MS); PIDA= Proteína Indigestível em Detergente Ácido (%MS); FDN= Fibra em Detergente Neutro (%MS); FDA= Fibra em Detergente Ácido (%MS); CEL= Celulose (%MS); HEMI= Hemicelulose (%MS); LIG= Lignina (%MS); CIDN= Cinzas insolúvel em Detergente Neutro; CIDA= Cinzas insolúvel em Detergente Ácido; DIG= Digestibilidade *in situ* (%MS); PMS= Perda por matéria seca (%); RMS= Recuperação de matéria seca (% da MS); PE=Perdas por efluentes (kg/t de massa verde); PG= Perdas por gases; pH= Potencial hidrogeniônico; CT= Capacidade Tampão (%MS); NH₃/NT= Nitrogênio amoniacal no nitrogênio total.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre as médias observadas nos dados de MS das silagens. Todas apresentaram valores próximos de 20% (Tabela 2).

Para os dados de MO não houve diferença ($P>0,05$) entre as médias. Essas variaram entre 83 e 85% (Tabela 2). Os valores de cinzas encontrados também não diferiram ($P>0,05$) entre as silagens. Situararam-se próximos de 15% em todas as observações.

Para os dados de CST as médias nas silagens não diferiram ($P>0,05$) (Tabela 2) e as médias situaram-se próximo a 8,0%.

Tabela 3- Composição bromatológica das silagens de mucilagem de sisal aditivadas com ureia e/ou *Lactobacillus plantarum*

Variáveis	<i>L.plantarum</i>	Níveis de ureia (g/100g) ¹				
		0,0	0,5	1,0	2,0	4,0
PB	Ausente	6,17 dA	9,47 cA	10,56 bB	11,71 aB	11,21 aB
	Presente	6,89 dA	9,94 cA	11,57 bA	14,11 aA	15,38 aA
PIDN	Ausente	12,61 bA	11,35 bA	13,88 aB	13,79 aB	12,28 bA
	Presente	12,59 bA	11,02 bA	14,58 aA	14,63 aA	12,07 bA
PIDA	Ausente	9,72 bA	9,65 bA	10,72 aB	10,76 aB	9,71 bA
	Presente	9,97 bA	9,48 bA	10,56 aA	10,71 aA	9,97 bA
FDN	Ausente	35,68 aA	34,61 aA	34,54 aB	35,37 aB	34,31 aA
	Presente	34,73 bA	35,17 abA	37,63 aA	37,92 aA	34,42 bA
FDA	Ausente	26,83 aA	26,54 aA	25,96 aB	26,71 aB	26,51 aA
	Presente	27,35 bA	27,98 bA	30,16 aA	30,97 aA	26,99 bA
CEL	Ausente	14,46 aA	13,62 aA	12,60 aB	14,90 aB	14,845 aA
	Presente	14,97 bA	14,41 bA	18,28 aA	19,39 aA	15,60 bA

Letras minúsculas correspondem a comparação de médias nas mesmas linhas e letras maiúsculas correspondem a comparação de médias na mesma coluna. Letras diferentes correspondem a médias diferentes segundo o Teste de Bonferroni ($P<0,05$).

PB=Proteína Bruta (%MS); PDIN= Proteína Indigestível em Detergente Neutro (%MS); FDN= Fibra em Detergente Neutro (%MS); FDA= Fibra em Detergente ácido (%MS);

Com relação aos dados de PB, houve interação ($P<0,05$) entre os aditivos. Pode-se observar que houve aumento no teor de proteína, proporcional ao aumento dos teores de ureia adicionados. E as silagens que receberam o inoculante associados a ureia resultaram em médias maiores de PB, principalmente nos níveis 1,0%, 2,0% e 4,0% de ureia (Tabela 3).

Os dados de PIDN e PIDA apresentaram interação ($P<0,05$) entre os aditivos. As maiores médias para estas variáveis foram das silagens que receberam a adição do inoculante

associado a 1,0% e 2,0% de ureia (Tabela 3). Nas demais silagens não houve diferença estatística ($P>0,05$).

As médias das variáveis FDN e FDA apresentaram interação ($P<0,05$) entre os aditivos. As silagens que receberam a adição de 1,0% e 2,0% de ureia associado ao *L. plantarum* foram as silagens que apresentaram maiores médias, para FDN e FDA (Tabela 3). Não houve diferença ($P>0,05$) sobre a fração fibrosa com relação as diferentes doses de ureia aplicadas.

Os valores de celulose no presente estudo apresentaram interação ($P<0,05$) entre os aditivos e as silagens que apresentaram maiores médias foram as que receberam a adição de 1,0% e 2,0% de ureia associado ao *L. plantarum* (Tabela 3).

Para os dados de hemicelulose e lignina não houve interação ($P>0,05$) entre os aditivos (Tabela 2). Os teores de lignina situaram-se em torno de 12%. Já os teores de hemicelulose, situaram-se próximos a 8,0%.

Os valores de CIDN e CIDA não apresentaram interação ($P>0,05$) entre os aditivos, e as médias não diferiram entre os diferentes níveis de ureia e com relação a presença do *L. plantarum* (Tabela 2).

Os valores de digestibilidade *in situ* obtidos neste estudo situaram-se próximo de 69% e não houve interação ($P>0,05$) entre os aditivos (Tabela 2). Valores próximos foram encontrados por Gebremariam e Machin (2008), que relataram média de 68,5% e por Brandão et al. (2011), que encontraram valor de 70% ao analisar a digestibilidade da silagem de mucilagem de sisal pelo método *in vitro*.

Tabela 4 - Perdas da silagem de mucilagem de sisal aditivada com ureia e/ ou *L. plantarum*

Variáveis	<i>L.plantarum</i>	Níveis de ureia (g/100g) ¹				
		0	0,5	1,0	2,0	4,0
PMS	Ausente	6,90 aA	4,65 bA	4,62 bA	4,72b bA	4,43 bA
	Presente	4,97 aB	4,44 bA	4,30 bA	4,44 bA	4,11 bA
PE	Ausente	34,55 aA	14,20 cA	13,72 cA	15,79 bA	15,62 bA
	Presente	15,73 aB	14,72 bA	14,42 bB	13,39 cB	12,44 cB

¹Letras minúsculas correspondem a comparação de médias nas mesmas linhas e letras maiúsculas correspondem a comparação de médias na mesma coluna. Letras diferentes correspondem a médias diferentes segundo o Teste de Bonferroni (p<0,05).

PMS=Perda de matéria seca (%);PE=Perdas por efluentes (kg/t de massa verde).

Com relação aos dados de PMS das silagens, houve interação (P<0,05) entre os aditivos. As silagens que não receberam aditivos apresentaram a maior média de PMS (Tabela 4), e diferiu estatisticamente (P<0,05) das demais.

As perdas por efluentes apresentaram interação (P<0,05) entre os aditivos. A silagem que obteve a maior PE foi a que não recebeu aditivos (Tabela 4). Já as silagens aditivadas com 2,0% e 4,0% de ureia com associação do *L. plantarum*, obtiveram as menores perdas.

As perdas por gases não apresentaram interação (P>0,05) entre os aditivos. Pode-se observar que as silagens que receberam a adição de 2,0% e 4,0% de ureia foram as que apresentaram as menores perdas (Tabela 2). O contrário pode ser observado na silagem com 0,0% de ureia, que apresentou a maior média. Para esta variável a adição do *L. plantarum* não apresentou diferença significativa (P>0,05) (Tabela 2).

Tabela 5 - pH e capacidade tampão da silagem de mucilagem de sisal aditivada com ureia e/ou *L. plantarum*

Variáveis	<i>L. plantarum</i>	Níveis de ureia (g/100g) ¹				
		0,0	0,5	1,0	2,0	4,0
pH	Ausente	5,13 cA	5,39 cA	5,35 cA	5,9 bA	6,4 aA
	Presente	4,48 bB	4,68 bB	4,76 bB	4,68 bB	5,22 aB
CT	Ausente	26,16 dA	30,69 cA	38,70 bA	39,49 bA	46,26 aA
	Presente	23,53 cA	30,59 bA	29,72 bB	34,77 aB	38,23 aB

¹Letras minúsculas correspondem a comparação de médias nas mesmas linhas e letras maiúsculas correspondem a comparação de médias na mesma coluna. Letras diferentes correspondem a médias diferentes segundo o Teste de Bonferroni (P<0,05).

pH=potencial hidrogeniônico; CT=Capacidade tampão (emg de HCl/100 g de MS).

Os valores de pH das silagens apresentaram interação (P<0,05) entre os aditivos. Todas as silagens apresentaram valores de pH maiores que 4,4 (Tabela 5). Os maiores níveis de adição de ureia resultaram em silagens com maiores valores para esta variável. Entretanto, todas as silagens que receberam a adição do *L. plantarum* resultaram em pH mais baixos, quando comparado com as silagens aditivadas apenas com ureia.

Para os valores de capacidade tampão das silagens, houve interação (P<0,05) entre os aditivos. A menor média para esta variável foi da silagem que recebeu apenas o inoculante, que foi de 23,53 emg de HCl/100 g de MS. Já as maiores médias foram obtidas nas silagens que receberam os maiores níveis de ureia (Tabela 5).

Não houve interação (P>0,05) entre os aditivos para os dados de NH₃/NT no presente estudo. As silagens que obtiveram média mais elevadas para esta variável foi a que não recebeu adição de ureia e com adição de 2,0% e 4,0% (Tabela 2). Ao analisar o efeito isolado do *L. plantarum*, observa-se que a adição deste inoculante resultou em média menor de NH₃/NT, diferindo estatisticamente (P<0,05) das silagens que não receberam o inoculante (Tabela 2).

Tabela 6 - Estabilidade aeróbia das silagens de mucilagem de sisal aditivada com os ureia e/ou *L. plantarum*

Variáveis	<i>L.Plantarum</i>	Ureia (g/100g na MS) ¹				
		0,0	0,5	1,0	2,0	4,0
T – Max (°C)	Ausente	37,7 aA	32,67 bA	32,67 bA	32,33 bA	31,0 bA
	Presente	33,67 aB	31,63 bB	31,33 bA	30,19 cB	30,8 cB
Ts/ Ta (h) 28 °C	Ausente	9,7 aA	4,67 bA	4,67 bA	4,33 bA	3,0 cA
	Presente	5,67 aB	3,63 bB	3,33 bB	2,19 cB	2,8 cB
HQ (h)	Ausente	97 cB	149 bB	137 bB	169 aB	175 aB
	Presente	144 cA	168 bA	173 bA	223 aA	231 aA
pH/HQ	Ausente	7,5 aA	6,9 bA	6,4 bA	6,2 bA	6,8 bA
	Presente	6,4 aB	6,4 aA	5,9 aB	5,5 bB	6,0 aB

¹Letras minúsculas correspondem a comparação de médias nas mesmas linhas e letras maiúsculas correspondem a comparação de médias na mesma coluna. Letras diferentes correspondem a médias diferentes segundo o Teste de Bonferroni (P<0,05).

T-Max=Temperatura máxima em °C atingida pela silagem em aerobiose; Ts/Ta (h)=diferença máxima entre temperatura da silagem e temperatura ambiente, considerando T ambiente média de 28 °C; HQ= Hora em que a silagem aumentou 2 °C acima da temperatura ambiente; pH/HQ= pH da silagem no momento que aumentou 2°C acima da temperatura ambiente.

Para as variáveis que compõem a estabilidade aeróbia das silagens, todas as variáveis apresentaram interação (P<0,05) entre os aditivos.

Com relação a temperatura máxima atingida pelas silagens após o momento de abertura dos silos, pode-se observar que as aditivadas com 2,0% e 4,0% de ureia associado ao *L. plantarum* foram as que apresentaram menor temperatura (Tabela 6). Ao analisar apenas a adição de ureia, pode-se observar que a silagem com 0,0% diferiu estatisticamente (P<0,05) das demais. O mesmo ocorreu com a silagem aditivada apenas com o *L. plantarum*.

A diferença entre a temperatura ambiente e as temperaturas das silagens apresentaram interação (P<0,05) entre os aditivos. A maior amplitude entre as temperaturas foi da silagem que não recebeu aditivos, e as menores diferenças entre as temperaturas foram observadas nas silagens que receberam 2,0 e 4,0% de ureia com adição do inoculante (Tabela 6).

Com relação ao tempo que a massa da silagem demorou para atingir 2 °C acima da temperatura ambiente, houve interação (P<0,05) entre os aditivos. A silagem que não recebeu aditivos demorou 97 horas para aumentar a temperatura em 2 °C acima da temperatura ambiente (Tabela 6). Dentre as silagens que receberam os dois aditivos, todas demoraram mais para quebrar a estabilidade aeróbia, ao compará-las com as que receberam apenas ureia. E as silagens que receberam 2,0% e 4,0% de ureia com o *L. plantarum* foram as que permaneceram mais tempo em estabilidade aeróbia (Tabela 6).

ouve interação ($P < 0,05$) entre os aditivos para o valor de pH das silagens no momento em que as silagens apresentaram 2 °C acima da temperatura ambiente. As silagens aditivadas apenas com ureia apresentaram maiores médias de pH, comparada as silagens que receberam os dois aditivos (Tabela 6). A média das silagens com 0,0% de ureia e sem adição do *L. plantarum* foi a que apresentou maior pH após a abertura das silagens, esta diferiu estatisticamente ($P < 0,05$) das demais.

Discussão

O emurchecimento da mucilagem de sisal antes da ensilagem foi capaz de aumentar o teor de MS para aproximadamente 20%. O teor desta variável logo após o desfibramento é próximo de 5% (SILVA et al., 2014). No entanto, mesmo após um período de 48 horas para redução da umidade, o teor de MS da mucilagem ensilada neste estudo foi abaixo do considerado adequado, que é de 30% segundo McDonald et al. (1991).

Entretanto, esses mesmos autores afirmaram que com 20% de MS no material a ser ensilado, já são suficientes para produzir silagem de boa qualidade caso não exista limitações de carboidratos solúveis, como é o caso da mucilagem de sisal. Segundo McCullough, 1977, o limite mínimo de CST na MS deve ser de 8%. Acima desse valor já é suficiente para resultar em uma silagem de qualidade, como foi o caso da mucilagem de sisal utilizada neste estudo (Tabela 1).

Os teores de cinzas encontrados nas silagens de mucilagem de sisal do presente estudo podem ser explicados devido a maior quantidade de cálcio, magnésio e sílica presentes neste resíduo (HARRISSON, 1984).

Com relação ao teor de proteína, a adição de ureia nas silagens implicou em aumento desta variável. Este fato justifica-se devido a ureia conter entre 42 e 45% de nitrogênio (N), e ter equivalente proteico ($N \times 6,25$) de aproximadamente 281% (NEUMANN et al., 2010). A adição da ureia junto com o *L. plantarum* resultou em médias ainda maiores de PB (Tabela 3). Os *L. plantarum* podem ter reduzido a ação de microrganismos ureolíticos, que degradam a ureia em amônia, como é o caso das bactérias do gênero *Clostridium* (McDONALD et al., 1991).

Ao analisar os dados de NH_3/NT , pode-se observar que a presença do *L. plantarum* resultou na redução desta variável (Tabela 2). A avaliação do nitrogênio amoniacal é feita

para quantificar a proteólise que ocorreu durante o processo de ensilagem. O valor tolerável segundo Oshima e McDonald (1978); e Henderson (1993), é entre 8 a 11% no nitrogênio total. As médias das silagens aditivadas com 0,5% e 1,0% de ureia permaneceram dentro dessa variação, o que indica que houve fermentação adequada para a conservação do material dentro do silo, e que não ocorreu a quebra excessiva da proteína em amônia. Nas silagens que receberam as maiores doses de ureia o teor mais elevado já era esperado, visto que silagens com adição de ureia, ocorre naturalmente a produção de amônia.

A interação ($P < 0,05$) que ocorreu entre os aditivos para as variáveis de PIDN e PIDA já era esperada, visto que também ocorreram interação para as variáveis FDN, FDA e PB (Tabela 2). Essa relação pode ser explicada, devido ao PIDN e PIDA representarem a associação dos compostos nitrogenados à matriz orgânica da parede celular vegetal, que ocorrem principalmente em condições tropicais (HENRIQUES et al., 2007). Também pode-se observar que as maiores médias de PIDN e PIDA foram nas silagens que continham maior teor de PB.

Com relação aos dados de FDN e FDA, sabe-se que o uso de ureia em silagens promove alterações físico-químicas nos constituintes da parede celular, pois disassocia as moléculas de celulose, hemicelulose e lignina (GARCIA e PIRES, 1998). No entanto, a silagem que não recebeu aditivos não diferiu ($P > 0,05$) das silagens que receberam ureia, para as variáveis FDN e FDA (Tabela 3).

Segundo Pires et al. (2010), a dose de ureia aplicada em silagens com o objetivo de melhorar a qualidade do material com baixa digestibilidade deve está em torno 7,0% com base na matéria seca. Como o objetivo principal do presente estudo era a avaliação dos aditivos sobre as características fermentativas da silagem e não na melhoria da qualidade da fração fibrosa, a maior dose aplicada foi de 4,0% de ureia com base na MS e não teve ação direta sobre a fibra.

Os maiores teores de FDN e FDA observados nas silagens com 1,0 e 2,0% de ureia e adição do *L. plantarum*, provavelmente foi devido as maiores médias para estas variáveis encontradas nas também nas pré-ensilagens (Tabela 1). Essas mantiveram as médias após o período de ensilagem.

Para os dados de PMS, os valores situaram-se próximos aos considerados adequados segundo McDonald et al. (1991) que é entre 2 e 5%. A silagem que apresentou perda maior que o limite tolerável foi a que não recebeu nenhum aditivo. A redução das perdas de matéria

seca nas silagens que receberam os aditivos pode indicar a ação favorável destes em reduzir as perdas totais da silagem de mucilagem de sisal, mesmo no menor teor de ureia adicionado.

A contribuição da ureia para redução das perdas pode ser justificada devido a hidrólise da ureia em amônia que tem efeito inibidor sobre a população de microrganismos indesejados, como leveduras, o que favorece a redução da possível produção de etanol, substância que não tem ação conservante na silagem e implica em PMS e carboidratos solúveis (DIAS et al., 2014). A ureia também tem ação sobre fungos, o que contribui para promover estabilização da massa ensilada e estimular a fermentação láctica (NEUMANN et al., 2010).

Já a ação do *L. plantarum* na redução da PMS pode ocorrer, pois, esses microrganismos além da produção de ácido láctico através da fermentação de glicose, também fermentam pentoses e produzem o ácido acético (PAHLOW et al., 2003). O ácido acético age no metabolismo de leveduras e fungos e inibem o seu desenvolvimento (MOON, 1983).

Para os dados das perdas por efluentes, observou-se que a média das silagens que não receberam aditivos foi maior que o limite tolerável sugerido por McDonald et al. (1991) que é de até 20 Kg/tonelada de massa verde (Tabela 4). As silagens que tiveram as menores perdas por esta via foram as que receberam doses de 2,0% e 4,0% ureia e o inoculante. Os aditivos devem ter inibido a ação de microrganismos deletérios que liberam moléculas de água na sua fermentação, o que acarreta em perda por efluente (McDONALD et al., 1991).

Já para a redução das perdas provenientes da produção de gases, a ureia mostrou-se mais eficiente do que o *L. plantarum* (Tabela 2). Pode-se observar que a adição do inoculante não diferiu ($P>0,05$), entretanto, houve diferença ($P<0,05$) com relação as diferentes doses de ureia (Tabela 2). Segundo Pires et al. (2003), a ureia aplicada em silagens com dose em torno de 3,0 a 5,0%, com base na matéria seca, é eficiente em conservar o material ensilado e reduzir perdas por essa via. No presente estudo, a adição de 2,0% de ureia já resultou em menor PG, e não diferiu estatisticamente ($P<0,05$) da silagem aditivada com 4,0% de ureia.

Com relação aos valores de pH, McDonald et al. (1991) afirmaram que a faixa considerada ideal em uma silagem é entre 3,8 e 4,2. No entanto, os valores obtidos neste estudo foram mais elevados, principalmente nas silagens que receberam as maiores doses de ureia. Dessa forma, as médias superiores encontradas podem não ser atribuídas a fermentação inadequada, e sim ao fato de a ureia ser uma base com alta capacidade tamponante, que evita com que a produção de ácido provoque queda do pH (PHILLIP et al., 1985).

As silagens sem adição de ureia também apresentaram pH mais elevados que os considerados ideais na literatura (McDONALD et al., 1991), este fato pode ser decorrente da capacidade tampão da própria mucilagem de sisal.

Já as silagens que receberam ureia e inoculante apresentaram pH mais baixos quando comparadas com as silagens que receberam apenas ureia. Esse fato pode ser explicado devido à ação fermentativa do *L. plantarum*, que são bactérias produtoras de ácidos e mesmo sob condições com ação de tamponantes foi eficiente na via de fermentação.

A capacidade tampão (CT) de uma forragem representa sua habilidade de resistir às variações de pH (WOOLFORD, 1984). Para dados de capacidade tampão das silagens no presente estudo (Tabela 5), todas resultaram em valores elevados que os considerados adequados por McDonald et al. (1991), que é de até 20 emg de HCl/100 g de MS.

A elevada CT observada nesse estudo, pode ser justificada pela ação da ureia, que é uma base com alta capacidade tamponante (PHILLIP et al., 1985). E também devido aos elevados teores de cálcio e magnésio presente na mucilagem (HARRISSON, 1984).

Com relação a estabilidade aeróbia, a maior temperatura observada na silagem que não recebeu aditivos é decorrente da ação acelerada dos microrganismos aeróbios na massa ensilada, que degradam os carboidratos solúveis residuais e produzem dióxido de carbono, água e calor (SANTOS e ZANINE, 2006). Esse fato também contribuiu para que ocorresse nas silagens sem aditivos a maior diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura da silagem.

As bactérias heteroláticas facultativas produzem ácido lático e etanol ao fermentarem a glicose e produzem ácido lático, acético e manitol ao fermentarem a frutose. No entanto, a espécie *L. plantarum* não apresenta a enzima acetaldeído desidrogenase, que é a responsável pela redução de acetaldeído em etanol (PAHLOW et al., 2003). Dessa forma a produção de etanol é praticamente nula por esse microrganismo (OUDE ELFERINK et al., 2001). Consequentemente, a concentração de ácido acético como produto final de sua fermentação aumenta (McDONALD et al., 1991).

O ácido acético tem ação direta no metabolismo de fungos e leveduras, ele é capaz de atravessar a membrana plasmática desses microrganismos por difusão. No citoplasma, esses ácidos se dissociam gerando o próton H^+ e consequentemente diminuem o pH citossólico e inibem o seu crescimento, devido ao aumento de radicais livres dentro da célula, o que induz ao estresse oxidativo (PIPER et al., 2001).

O uso de ureia como aditivo em silagens, está direcionado na transformação da ureia em amônia, que reage com a água, conseqüentemente forma o hidróxido de amônio, que tem ação direta sobre o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (KUNG JR. et al., 2003).

Os aditivos contribuíram para manter a qualidade da silagem por mais tempo em aerobiose. Ambos aditivos utilizados parecem ter contribuído para retardar o desenvolvimento de fungos. A ureia devido à ação fungistática, e o *L. plantarum* devido à produção de ácido acético, ambos favorecem o aumento da estabilidade aeróbia da silagem (MUCK, 2010).

Conclusão

A adição da ureia associada ao *Lactobacillus plantarum* reduz as perdas de matéria seca e prolonga a estabilidade aeróbia da silagem de mucilagem de sisal.

REFERÊNCIAS

- Borges, G. N.; Figueroa, J.; Petit, P. e Blanco, R. S. 2013. Preliminary evaluation of sisal (*agave sisalana*) silage on total confinement lamb feeding. *Asian Journal Animal Research* 1:9-11.
- Brandão, L. G. N.; Pereira, L. G. R.; Azevêdo, J. A. G.; Santos, R. D.; Aragão, A. S. L.; Voltolini, T. V.; Neves, A. L. A.; Araújo, G. G. L. e Brandão, W. N. 2011. Valor nutricional de componentes da planta e dos coprodutos da *agave sisalana* para alimentação de ruminantes. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia* 63:1493-1501.
- Brandão, L. G. N.; Pereira, L. G. R.; Azevêdo, J. A. G.; Santos, R. D.; Araújo, G. G. L.; Dórea, J. R. R. e Neves, A. L. A. 2013. Efeito de aditivos na composição bromatológica e qualidade de silagens de coproduto do desfibramento do sisal. *Ciências Agrárias* 34:2991-3000.
- Chaney, A. L. e Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin Chem* 8:130.
- Detmann, E.; Souza, M. A.; Valadares Filho, S. C.; Queiroz, A. C.; Berchielli, T. T.; Saliba, E. O. S.; Cabral, L. S.; Pina, D. S.; Ladeira, M. M. e Azevedo, J. A. G. 2012. Métodos para análise de alimentos-INCT.
- Dias, A. M.; Ítavo, L. C. V.; Ítavo, C. C. B. F.; Blan, L. R.; Gomes, E. N. O.; Soares, C. M. e Coelho, E. M. 2014. Ureia e glicerina bruta como aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 66:1874-1882.
- Dubois, M.; Giles, K. A. e Hamilton, J. K. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28:350-356.
- Garcia, R. e Pires, A. J. V. 1998. Tratamento de volumosos de baixa qualidade para utilização na alimentação de ruminantes. In: Congresso Nacional dos Estudantes de Zootecnia: 33-61.
- Gebremariam, D. Y. e Machin, D. H. 2008. Evaluation of sun dried sisal pulp (*agave sisalana*, perrine) as feed for sheep in eritrea. *Livestock Research for Rural Development* 20:183.
- Henderson, N. 1993. Silage additives animal. *Feed Science and Technologies* 45:35-56.
- Henriques, L. T.; Detmann, E. e Queiroz, A. C. 2007. Frações dos compostos nitrogenados associados à parede celular em forragens tropicais. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia* 59:258-263.
- Huhtanen, P.; Kaustell, K. e Jaakkola, S. 1994. The use of internal markers to predict digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. *Animal Feed Science and Technology* 48:211-227.

- Huhtanen, P.; J. Nousiainen, e M. Rinne. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agriculture Food Science* 15:293-323.
- Jobim, C. C.; Nussio, L. G.; Reis, R. A. e Schmidt, P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:101-119.
- Kung Jr., L. e Ranjit, N. K. 2001. The effect of *lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. *Journal of Dairy Science* 84:1149-1155.
- Kung Jr., L.; Stokes, M. R. e Lin, C. J. 2003. Silage additives. In: Buxton, D. R.; Muck, R. E. e Harrison, J. H. *Silage science and technology*. Madison: American Society of Agronomy 251-304.
- McCullough, M. E. 1977. Silage and silage fermentation. *Feedstuffs* 49-52.
- McDonald, P.; Henderson, A. R. e Heron, S. J. E. 1991. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, Bath, England.
- Moon, N. J. 1983. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetato, lactate and propionate and their synergistic mixtures. *Journal of Applied Bacteriology* 55:453-460.
- Muck, R. E. 2010. Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:183-191.
- Neumann, M.; Oliboni, R.; Oliveira, M. R.; Faria, M. V.; Ueno, R.K.; Reinerh, L.L. e Durman, T. 2010. Chemicals additive used in silages. *Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia* 37:847-854.
- O'Kiely, P. O.; Clancy, M. e Doyle, E. M. 2001. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: *International*.
- Oude Elferink, S. J. W. H.; Krooneman, J. e Gottschal, J.C. 2001. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *lactobacillus buchneri*. *Applied and Environmental Microbiology* 67:125-132.
- Oshima, M. e McDonald, P. 1978. A review of changes in nitrogenous compounds in herbage during ensiling. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 29:497-505.
- Pahlow, G.; Muck, R. E. e Driehuis, F. 2003. Microbiology of Ensiling. In: Buxton, D. R.; Muck, R. E. e Harrison, J. H. *Silage Science and Technology*, 1.ed. Madison: American Society of Agronomy 31-94.
- Pedroso, A. F.; Nussio, L. G.; Loures, D. R. S.; Paziani, S.F.; Igarasi, M. S.; Coelho, R. M.; Horii, J. e Rodrigues, A. A. 2007. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:558-564.

- Phillip, L. E.; Garino, H. J. e Allp, I. 1985. Effects of anhydrous ammonia on amino acid preservation and feeding value of high-moisture ear corn for growing steers. *Canadian Journal Animal Science* 58:411-417.
- Piper, P.; Calderon, C. O.; Hatzixanthis, K. e Mollapour, M. 2001. Weak acid adaptation: the stress response that confers yeast with resistance to organic acid food preservatives. *Microbiology* 147:2635-2642.
- Pires, A. J. V.; Carvalho, G. G. P. e Ribeiro, L. S. O. 2010 Chemical treatment of roughage. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:192-203.
- Pires, A. J. V.; Garcia, R.; Souza, A. L.; Silva, F. F.; Veloso, C. M.; Cardoso, G. C.; Oliveira, T. N. e Silva, P. A. 2003. Avaliação do consumo de silagens de sorgo tratadas com amônia anidra, e, ou, sulfeto de sódio na alimentação de novilhas $\frac{3}{4}$ indubrazil/holandês. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32:1525-1531.
- Playne, M. J. e McDonald, P. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal Science Food and Agriculture* 17:264-268.
- Santos, E. M. e Zanine, A. M. 2006. Silagem de gramíneas tropicais. *Colloquium Agrariae* 2:32-45.
- Silva, A. M.; Oliveira, R. L.; Ribeiro, O.L.; Bagaldo, A.R.; Bezerra, L.R; Teixeira, C.S.T; Abreu, C.L e Leão, A.G. 2014. Valor Nutricional De Resíduos Da Agroindústria Para Alimentação De Ruminantes. *Comunicata Scientiae* 5:370-379.
- Silva, D. J. e Queiroz, A. C. 2002. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. *Imprensa Universitária, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- Silveira, L. P. e Santos, T. M. C. 2017. Silagem de cana de açúcar acrescida com aditivos químicos e inoculante bacteriano. *Pubvet*. 11:519-526.
- Souza, G.B.; Nogueira, A.R.A; Rassini, J.B. 2002. Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de micro-ondas doméstico. São Carlos: EMBRAPA-CPPSE. 9p. (Circular Técnica n.33).
- Woolford, M. K.1984. *The Silage Fermentation*. New York: Marcel Dekker. 350p.
- Zopollatto, M.; Nussio, L. G.; Paziani, S. F.; Ribeiro, J. L.; Sarturi, J. O. e Mourão, G. B. 2009. Relações biométricas entre o estágio de maturação e a produtividade de híbridos de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:256-264.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mucilagem de sisal é um resíduo que pode ser conservado sob forma de silagem para uso na alimentação animal nas regiões do semiárido, região produtora do sisal. No entanto, suas características intrínsecas, como teor de umidade acima de 70% requer o uso de aditivos que contribuam para que o material resultante da ensilagem seja de qualidade e com as menores perdas possíveis.

A ureia e o *L. plantarum* avaliados neste estudo se mostraram eficientes em reduzir as perdas de matéria seca e por efluentes, devido a suas características conservantes.

A ureia aumentou o teor de PB das silagens e o *L. plantarum* foi eficiente em reduzir a proteólise.

Além disso, os aditivos aumentaram a estabilidade aeróbia das silagens em até 134 horas, ao comparar as silagens sem aditivos e as aditivadas com 4,0% de ureia e presença do *L. plantarum*.

Sendo assim, a interação entre a ureia e o *L. plantarum*, nos níveis 2,0% e 4,0% de ureia foram mais efetivos em reduzir as perdas de matéria seca e por efluentes. Além disso, foram eficientes em aumentar os níveis de proteína bruta e a vida útil da silagem de mucilagem de sisal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M.O.; SANTIAGO, E.G. 2006. Tecnologias e relações sociais de produção no setor sisaleiro nordestino. **Revista Econômica do Nordeste** 37: 368-381.
- ANDRADE, M.; PARRA, J.B.; HARO, M.; MESTRE, A.S.; CARVALHO, A.P.; AMA, C.O. 2012. Characterization of the different fractions obtained from the pyrolysis of rope industry waste. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis** 95: 31-37.
- ASHBELL, G. 1995. Basic principles of preservation of forage, by-products and residues as silage or hay. Bet Dagan: **Agricultural Research Organization** 58: 1664.
- AVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; OLIVEIRA, D.P.; SCHWAN, R.F. 2012. Aerobic stability of sugar cane silages with a novel strain of *Lactobacillus* sp. isolated from sugar cane. **Revista Brasileira de Zootecnia** 41: 249-255.
- BORGES, G.N.; FIGUEROA, J.; PETIT, P.; BLANCO, R.S. 2013. Preliminary evaluation of sisal (*Agave sisalana*) silage on total confinement lamb feeding. **Asian Journal Animal Research** 1: 9-11.
- BRANDÃO, L.G.N.; PEREIRA, L.G.R.; AZEVÊDO, J.A.G.; SANTOS, R.D.; ARAGÃO, A.S.L.; VOLTOLINI, T.V.; NEVES, A.L.A.; ARAÚJO, G.G.L.; BRANDÃO, W.N. 2011. Valor nutricional de componentes da planta e dos coprodutos da *Agave sisalana* para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia** 63: 1493-1501.
- BRANDÃO, L.G.N.; PEREIRA, L.G.R.; AZEVÊDO, J.A.G.; SANTOS, R.D.; ARAÚJO, G.G.L.; DÓREA, J.R.R.; NEVES, A.L.A. 2013. Efeito de aditivos na composição bromatológica e qualidade de silagens de coproduto do desfibramento do sisal. **Ciências Agrárias** 34: 2991-3000.
- CÂNDIDO, M.J.D.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.; FERREIRA, A.C.H. 2007. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado de maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36: 1489-1494.
- CONRAD, J.H.; McDOWELL, L.R.; ELLIS, G.L. 1985. Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais. Campo Grande: CNPGC/EMBRAPA 91.
- COPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO – CONAB. 2015. Sisal Conjuntura Especial, Retrospectiva 2015.
- COPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO – CONAB. 2016. Sisal Conjuntura Especial, Exportações em queda 2016.
- DAMASCENO, J.C.A.; SOARES, A.C.F.; JESUS, F.N.; SANT'ANA, R.S. 2015. Sisal leaf decortication liquid residue for controlling *Meloidogyne javanica* in tomato plants. **Horticultura Brasileira** 33: 155-162
- DIAS, A.B.; CUNHA, A.L.; SILVA, A.O.; OLIVEIRA, I.F. 2015. Potencial de indicação geográfica do sisal na Bahia. **Revista Cadernos de Prospecção** 8: 174-181.
- DIAS, A.M.; ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F.; BLAN, L.R.; GOMES, E.N.O.; SOARES, C.M.; COELHO, E.M. 2014. Ureia e glicerina bruta como aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia** 66: 1874-1882.

FARIA, M.M.S.; JAEGER, S.M.P.L.; OLIVEIRA, G.J.C.; OLIVEIRA, R.L.; LEDO, C.A.S.; SANTANA, F.S. 2008. Composição bromatológica do co-produto do desfibramento do sisal submetido à auto fermentação. **Magistra** 20: 30-35.

FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVINDO, C.S. 2009. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38: 2111-2115.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/sisal/en/>. Acesso em 16/06/2017.

FREITAS, D.; COAN, R.M.; REIS, R.A.; PEREIRA, J.R.A.; PANIZZI, R.C. 2002. Avaliação de fontes de amônia para conservação do feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) armazenado com alta umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia** 31: 866-874.

GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. 1998. Tratamento de volumosos de baixa qualidade para utilização na alimentação de ruminantes. In: congresso nacional dos estudantes de zootecnia: 33-61.

GEBREMARIAM, D.Y.; MACHIN, D.H. 2008. Evaluation of sun dried sisal pulp (*Agave sisalana*, Perrine) as feed for sheep in Eritrea. **Livestock Research for Rural Development** 20: 183.

HARRINSON, D.G. 1984. Subprodutos del sisal como alimentos para los ruminantes. **Revista Mundial de Zootecnia** 49: 25-31.

HENDERSON, N. 1993. Silage Additives Animal. **Feed Science and Technologies** 45: 35-56.

HU, W.; SCHMIDT, R.J.; MCDONELL, E.E.; KLINGERMAN, C.M.; KUNG JUNIOR, L. 2009. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum* MTD1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. **Journal of Dairy Science** 92: 3907-3914.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL – IBAM. 2007. Estudo de caso: Desenvolvimento Sustentável da região sisaleira. Valente-Bahia.

ITAVO, L.C.V.; ITAVO, C.C.B.F.; MORAIS, M.G.; DIAS, A.M.; COELHO, E.M; JELLER, H.; SOUZA, A.D.V. 2010. Composição química e parâmetros fermentativos de silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar tratadas com aditivos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 11: 606-617.

JUNIOR, M.C.J.; JOBIM, C.C.; OSMARI, M.P.; TRES, T.T. 2017. Nutritional additives in high moisture corn silage. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 12: 105-111.

KUNG JR, L.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W. 1984. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science** 67: 299-306.

KUNG JR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. 2003. **Silage additives**. p. 251-304. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. Silage science and technology. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America.

LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R. 2010. Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescidas de ureia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39: 984-991.

MARTIN, A.R.; MARTINS, M.A.; MATTOSO, L.H.C.; SILVA, O.R.R.F. 2009. Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade *Agave sisalana*. **Polímeros: Ciência e Tecnologia** 19: 40-46.

MARTINS, S.C.S.; GUIMARÃES, I.; CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, R.R.; LOPES, A.C.; LEAL, R.; TOSTO, M.S.L. 2014. Análise econômica da utilização de silagens de cana-de-açúcar tratadas com ureia e óxido de cálcio sobre a produção de leite bovina. **Revista brasileira de saúde e produção animal** 15: 327-338.

McCULLOUGH, M.E. 1977. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs** 49: 49-52.

McDONALD, P. 1981. **The biochemistry of silage**. John Wiley & Sons Ltd. British library: Chalcomb Publications, Bath, England.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. 1991. **The biochemistry of silage 2.ed.** Marlow: Chalcomb Publications, Bath, England.

MOON, N.J. 1983. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetato, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology** 55: 453-460.

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

MUCK, R.E. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science** 71: 2992-3002.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; REINERH, L.L.; DURMAN, T. 2010. Chemicals additive used in silages. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia** 3: 197-207.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. 2004. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas. Anais Maringá. UEM: 1-33.

OLIVEIRA, H.C.; PIRES, A.J.V.; OLIVEIRA, A.C.; ROCHA NETO, A.L.; MATOS NETO, U.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; OLIVEIRA, U.L.C. 2009. Perdas e valor nutritivo da silagem de capim-Tanzânia amonizado com uréia. **Archivos de Zootecnia** 58: 195-202.

OSHIMA, M.; McDONALD, P. 1978. A review of changes in nitrogenous compounds in herbages during ensiling. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 29: 497-505.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.C. 2001. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology** 67: 125-132.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. 2003. **Microbiology of ensiling**. p.31-94. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. Silage science and technology, 1.ed. Madison: American Society of Agronomy.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S.; PAZIANI, S.F.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; HORII, J.; RODRIGUES, A.A. 2007. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36: 558-564.

PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY - PENN STATE. 2004. **From harvest to feed: understanding silage management**. College Pennsylvania State University: 1-40.

PEREIRA, L.G.P.; GUIMARÃES, J.R.; TOMICH, T.R. 2009. Utilização da ureia na alimentação de ruminantes no semiárido. **Embrapa Pecuária Informática** 8: 1-13.

PHILLIP, L.E.; GARINO, H.J.; ALLP, I. 1985. Effects of anhydrous ammonia on amino acid preservation and feeding value of high-moisture ear corn for growing steers. **Canadian Journal Animal Science** 58: 411-417.

PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; SOUZA, A.L.; SILVA, F.F.; VELOSO, C.M.; CARDOSO, G.C.; OLIVEIRA, T.N.; SILVA, P.A. 2003. Avaliação do consumo de silagens de sorgo tratadas com amônia anidra, e, ou, sulfeto de sódio na alimentação de novilhas $\frac{3}{4}$ Indubrazil/Holandês. **Revista Brasileira de Zootecnia** 32: 1525-1531.

PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; SILVA, F.F.; SILVA, P.A.; ITAVO, L.C.V. 2004. Degradabilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia** 33: 1071-1077.

PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O. 2010. Chemical treatment of roughage. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39: 192-203.

RABELO, C.H.S.; REZENDE, A.V.; NOGUEIRA, D.A.; RABELO, F.H.S.; SENEDESE, S.S.; VIEIRA, P.F.; BARBOSA, J.A.; CARVALHO, A. 2012. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 13: 656-668.

RIBEIRO, B.D.; BARRETO, D.W.; COELHO, M.A.Z. 2015. Use of micellar extraction and cloud point preconcentration for valorization of saponins from sisal (*Agave sisalana*). **Food and Bioproducts Processing** 94: 601-609.

ROCHA, F.C.; GARCIA, R.; FREITAS, A.W.P.; BERNARDINO, F.S.; ROCHA, G.C. 2006. Amonização sobre a composição química e digestibilidade da silagem de capim-elefante. **Revista Ceres** 53: 228-233.

ROSA, B.; FADEL, R. 2001. Uso de amônia anidra e de ureia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. In: simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, Maringá: UEM/ CCA/DZO: 319.

ROSA, B.; REIS, R.A.; RESENDE, K.T. 1998. Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. cv. basilisk submetido a tratamento com amônia anidra e ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia** 27: 815-822.

SANTOS SOUSA, F.N.; CARNEIRO, M.S.S.; ARAÚJO, R.A.; COSTA, C.S.; SILVA, L.N.C.; SILVA, I.R.; SALES, R.O.; BARBOSA, J.S.R.; SOUSA, G.O.C. 2017. Ammoniation on the quality of tropical grasses a review. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal** 11: 131-143

SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M. 2006. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae** 2: 32-45.

SANTOS, R.D.; PEREIRA, L.G.R.; NEVES, A.L.A.; BRANDÃO, L.G.N.; ARAÚJO, G.G.L.; ARAGÃO, A.S.L.; BRANDÃO, W.N.; SOUZA, R.A.; OLIVEIRA, G.F. 2011. Consumo e desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas que continham coprodutos do desfibramento do sisal. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia** 63: 1502-1510.

SCHMIDT, P.; SOUZA, C.M.; BACH, B.C. 2014. Uso estratégico de aditivos em silagens: Quando e como usar? Simpósio: produção e utilização de forragens conservadas. Maringá. UEM: 243-264.

SILVA, A.M.; OLIVEIRA, R.L.; RIBEIRO, O.L.; BAGALDO, A.R.; BEZERRA, L.R.; TEIXEIRA CARVALHO, S.T.; ABREU, C.L.; LEÃO, A.G. 2014. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes. **Comunicata Scientiae** 5: 370-379.

SILVA, O.R.R.F.; COUTINHO, W.M.; CARTAXO, W.V.; SOFIATTI, V.; SILVA FILHO, J.L.; CARVALHO, O.S. 2008. Cultivo do sisal no Nordeste, Campina Grande: Embrapa Algodão, Circular Técnica, 123, 24p.

SILVEIRA, L.P.; SANTOS, T.M.C. 2017. Silagem de cana de açúcar acrescida com aditivos químicos e inoculante bacteriano. **Pubvet** 11: 519-526.

SOUZA, M.F.; SILVA, M.N.B.; ALVES, I.; SILVA, J.C.A.; COSTA, L.B. 2008. Aproveitamento da mucilagem de sisal na alimentação animal. Campina Grande: Embrapa Algodão/CNPA. 27p.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. 2003. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá, Embrapa Pantanal 30p.

VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 476.

WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **Microbiology Reviews** 19: 53-68.

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

ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; RIBEIRO, J. L.; SARTURI, J.O.; MOURÃO, G. 2009. Relações biométricas entre o estágio de maturação e a produtividade de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38: 256-264

