



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Implicações do uso de aditivos sobre as características fermentativas de silagens de mucilagem de sisal

Erick Alexandre Magalhães Silva

Recife-PE
Janeiro, 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Implicações do uso de aditivos sobre as características fermentativas de silagens de
mucilagem de sisal

Erick Alexandre Magalhães Silva

Profª Dra. Adriana Guim

Recife-PE
Janeiro, 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586i Silva, Erick Alexandre Magalhães.
Implicações do uso de aditivos sobre as características
fermentativas de silagens de mucilagem de sisal / Erick Alexandre
Magalhães Silva. – Recife, 2019.
41 f.: il.

Orientador(a): Adriana Guim.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife,
BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Ruminante - Alimentação e rações 2. Resíduos agrícolas como
ração 3. Armazenamento 4. Ensilagem 4. Fermentação I. Guim,
Adriana, orient. II. Título

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ERICK ALEXANDRE MAGALHÃES SILVA

Monografia submetida ao Curso de Zootecnia como requisito final para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 16/01/2019

EXAMINADORES

Profa. Dra. Adriana Guim / DZ-UFRPE

Dr. Michel do Vale Maciel/ PNP/DZ-UFRPE

Prof. Dr. Marcio Vieira da Cunha/ DZ-UFRPE

Dedico,

A minha mãe, Claudelle Magalhães Lins de Albuquerque Lima, que sempre me apoiou, sempre esteve ao meu lado. A minha irmã, Cynthia Carollyne Magalhães Silva, que sempre me apoiou. Elas são minha força motriz, que fazem o possível e o impossível para que eu realize meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por respirar, por me dá forças para continuar e enfrentar todas as dificuldades sem hesitar, com humildade e perseverança. Por sempre me proteger e ter colocado pessoas especiais que nesses anos de graduação tive a oportunidade de compartilhar experiências. Toda honra e glória a Ele é dada!

A minha avó (*in memoriam*) aonde estiver, espero ter honrado a família e dado orgulho com essa conquista.

A minha família, em especial minha mãe e irmã, Claudelle Magalhães Lins de Albuquerque. Lima, Cynthia Carollyne Magalhães Silva que são minha razão de viver, que sempre acreditaram em mim, sempre me incentivaram, e por todo o amor a mim dedicado. Ao meu sobrinho, João Lucas (Peruquinha) que mesmo sendo uma criança, amo incondicionalmente.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Ao departamento de Zootecnia e todos que o compõe, por sempre me acolher durante toda a graduação.

Ao CNPQ pelo consentimento da bolsa de iniciação científica durante os últimos períodos da graduação.

A minha orientadora, Adriana Guim, por toda dedicação, compreensão e paciência e por todos os ensinamentos.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia, pela contribuição com seus ensinamentos.

A Equipe Guim por proporcionar amizade, conhecimentos e crescimento, pessoas como, Professora Adriana Guim, João Vitor Clemente, Tomás Guilherme, Salmo Olegário, Carolina Louise (Carol), Guilherme Heliodoro, Francisco Neto (Chico), Ana Carolina, Rennan Tavares.

Aos meus amigos que tanto me ajudaram na graduação quanto na vida pessoal, Oziel Saturnino (Mel), Matheus Santana, João Gustavo, Eduardo Cordeiro (Dudu), Karolayne Santos (Manga negra), Karine Rito (Índia), Agni Martins, Thalita Polyana (Muso), Evonn Katharynny (Vevenn) Thayná Milano (Raimundinho), Claudia Maciel, Izadora Emanuelle, Leonardo Barros (Meu cheiro), Adryanne Alves (Dryca), Rodrigo Andrade, Gabriela Conceição (Gabi), Gabriela Melo (Gaby), Jasiel Moraes (Charutoso), Juliana Ferreira (Arrumada), Marina Almeida (Cremosa), Michelle Siqueira, Luiz Wilker, Bueno Abreu, Elder Bruno (Brunão), Edwilka Cavalcante (Professora), Letycia Silva (Tri), Isadora Torres (Tri), Sr. Pedro (Véio), Barbara Cabral (The monia), Margot Santos (Got), Leticia Mariana (Let),

André Luiz (Pai), Thiago Moura, Elaine Barreto (Nani), Dijaina Ferreira (Dija), Daciele Abreu (Daci), Maria Helena Sarinho (MH), Jussiede Santos, Lidianne Custodio (Lidy), Júlia Barros (Patroa) e me desculpem aqueles não citados por esquecimento, mas saibam que todos têm a devida importância em minha vida.

Aos meus irmãos, Vitor Oliveira (Oliveta), Pedro Victor (Peroibe), Rafael Pinheiro (Mel), Italo Vilar (Rei) e Rodrigo Albuquerque (Borguethi).

Missão dada não se discute, se cumpre!

Obrigado a todos, esse trabalho também é de vocês! Gratidão!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 <i>Agave sisalana perrine</i> - Sisal	15
2.2 Resíduos da cultura do Sisal	15
2.2.1 <i>Mucilagem do desfibramento do sisal (MUDS)</i>	16
2.2.2 <i>Descarte inadequado do MUDS</i>	17
2.2.3 <i>Limitações da utilização e armazenamento do MUDS</i>	17
2.3 Silagem de MUDS	19
2.3.1 <i>Utilização de aditivos na Silagem de MUDS</i>	19
2.4 Avaliação de Silagem	20
2.4.1 <i>Amostragem</i>	20
2.4.2 <i>Determinação da qualidade de fermentação</i>	21
2.4.3 <i>Determinação de Ácidos Orgânicos</i>	21
2.4.4 <i>Determinação de N-NH₃</i>	22
2.5 Tempo de armazenamento	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Local do Experimento, obtenção do material e tratamentos.....	23
3.1.1 <i>Obtenção do material, tratamentos e confecção dos silos experimentais</i> ...	23
3.1.2 <i>Análises bromatológicas das silagens</i>	25
3.1.3 <i>Análises microbiológicas</i>	27
3.1.4 <i>Análises estatísticas</i>	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5. CONCLUSÃO	36
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Departamento de Zootecnia- UFRPE-sede/ Laboratório de Nutrição Animal (LNA).

Figura 2. Silo experimental de PVC.

Figura 3. Mistura de MUDS com o aditivo.

Figura 4. Amostras de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, aditivas ou não, para análises bromatológicas.

Figura 5. Procedimento metodológico para determinação do N-NH₃ das amostras de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, aditivada ou não.

Figura 6. Procedimentos metodológicos para determinação do pH das amostras de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, aditivada ou não.

Figura 7. Procedimentos metodológicos para determinação de ácidos orgânicos das silagens de mucilagem do desfibramento do sisal aditivas ou não.

Figura 8. Matéria seca, proteína bruta, pH e concentração de N-NH₃ de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, sem ou com aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento.

Figura 9. Fibra em detergente neutro (FDN) de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, sem ou com aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento.

Figura 10. Valores médios de ácido láctico, acético, propiônico e butírico de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, sem ou com aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento.

Figura 11. Valores médios de bactérias produtoras de ácido láctico (BAL) e enterobactérias (Enter), em silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, sem ou com aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química da mucilagem do desfibramento do sisal (MUDS).

Tabela 2. Composição químico-bromatológica dos ingredientes e das misturas antes da ensilagem (75 mucilagem do desfibramento do sisal: 25 aditivo), com base na matéria natural.

Tabela 3. Valores médios da composição química de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, com e sem aditivos, em diferentes tempos de armazenamento.

RESUMO

A modernização dos processamentos dos alimentos proporcionou aumento na produção de resíduos agroindustriais, impulsionando a busca de alternativas para destinação adequada do resíduo; como a utilização na alimentação de ruminantes. Entre esses resíduos, encontra-se a mucilagem resultante do desfibramento do sisal. O destino inadequado deste material pode trazer grandes prejuízos ambientais, justificando-se o estudo para melhor uso deste resíduo. A ensilagem aparece como alternativa para conserva-lo, mas devido a elevada umidade que apresenta, é sugerido que sejam ensilados com aditivos objetivando aumentar teor de matéria seca para o sucesso do processo. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do tempo de armazenamento das silagens sobre a composição química e a microbiologia no processo de ensilagem após abertura dos silos. O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (URFPE), Recife (PE). Utilizaram-se 48 silos experimentais, distribuídos nos tratamentos experimentais que consistiram em: mucilagem do desfibramento de sisal (MUDS), MUDS ensilada com farelo de milho (MUDS-MI), MUDS ensilada com farelo de trigo (MUDS-FT) e MUDS ensilada com farelo de algodão (MUDS-FA). Para avaliar o padrão de fermentação, os silos foram abertos com 7, 14, 30 e 60 dias da ensilagem. Foram coletadas amostras tanto das misturas como dos ingredientes, separadamente, em torno de 500 g de silagens de mucilagem de sisal em todos os tempos de abertura dos silos (7, 14, 30 e 60 dias) e no material *in natura* (tempo 0), foram feitas as análises bromatológicas, N-NH₃ e a determinação de ácidos orgânicos. Houve efeito ($P < 0,05$) no teor de MS quando utilizado os aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) em relação ao tratamento controle (sem aditivo). Analisando as outras variáveis (MS, pH, Ácidos orgânicos) o tratamento aditivado com milho moído e com o farelo de trigo, foram os mais eficientes na conservação do resíduo sobre a forma de silagem, sendo a decisão de escolha do aditivo o seu preço no mercado.

Palavras-chaves: Armazenamento; Fermentação; Resíduo Agroindustrial.

ABSTRACT

The modernization of food processing provided an increase in production of agroindustrial residues, boosting the search for alternatives of proper disposal, such as their utilization as feedstuff for ruminants. Among these agroindustrial residues, there is mucilage resultant from sisal shredding. The inadequate disposal of this material can cause great environmental damage, justifying the present study, which intends to better use this residue. The ensilage appears as an alternative to conserve it, but due to the high humidity that the residue presents, it is suggested that they might be ensiled with additives aiming to increase dry matter content for success of the process. The objective of this work was to evaluate the effect of storage time of silages on the chemical composition and microbiology in the ensilage process after silos opening. The experiment was carried out at the Animal Science Department of the Federal Rural University of Pernambuco (URFPE), Recife (PE). Forty-eight experimental silos were used, distributed in experimental treatments that consisted of: mucilage of sisal shredding (MUSS), MUSS silage with corn meal (MUSS-CB), MUSS silage with wheat meal (MUSS-WB), and MUSS silage with cottonseed meal (MUSS-CM). To evaluate the fermentation pattern, the silos were opened at 7, 14, 30 and 60 days post-ensiling. Samples were collected from both mixtures and ingredients separately from about 500 g of sisal mucilage silages at all opening times of the silos (7, 14, 30 and 60 days) and from material in natura (time 0). Bromatological analyzes were performed, as well as ammoniacal nitrogen (N-NH₃) and determination of organic acids. There was an effect ($P < 0.05$) of storage time on DM content when the additives were used (ground corn, wheat bran and cottonseed) compared to the control treatment (without additive). When analyzing the other variables (DM, pH, Organic acids), it was observed that the treatment MUSS with corn meal or MUSS with wheat meal were the most effective in the conservation of the residue in the silage form, being the decision of choosing one of the additives based on their market price.

Key Words: Storage; Fermentation; Agroindustrial waste.

1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste, especificamente no Semiárido, possui um histórico de estiagens severas, admitindo ser um dos principais fatores limitantes para a produção de forragens e torna difícil manter os rebanhos durante esse período (GONZAGA NETO et al., 2004). A irregularidade de chuvas faz com que a produção de forragem em quantidade e em qualidade fique comprometida, resultando na oscilação de oferta de alimentos volumosos na dieta animal ao longo do ano.

Os resíduos agroindustriais vêm destacando-se cada vez mais como alimento alternativo viável na dieta de ruminantes, pois a oferta é abundante, de baixo custo e fácil acesso (BOTURA, 2011). Assim, o emprego de ingredientes desta natureza contribui para a redução dos custos de produção, uma vez que a alimentação do rebanho corresponde a maior parcela da despesa da propriedade.

Embora evidenciada a potencialidade da utilização do subproduto oriundo do processo do desfibramento do sisal na alimentação de ruminantes (SANTOS et al., 2011), os pecuaristas fazem a utilização desta fonte volumosa de forma empírica, desconhecendo do valor nutritivo bem como a maneira mais adequada de armazenar e ofertar ao animal. Mediante a isto BRANDÃO et al. (2013) salienta a importância de mais estudos que mitiguem estas problemáticas.

A conservação de forragens é uma estratégia importante para o semiárido Nordestino (PEREIRA, 2018). A importância dos métodos de conservação de forragem (fenação e ensilagem) tem como uma de suas finalidades armazenar a produção excedente do período das águas, para utiliza-lo no período de baixa disponibilidade de forragem para correção das deficiências nutricionais do rebanho, diminuindo os custos com concentrado, consequentemente, tornando viável a produção (VIEIRA et al., 2010).

Os fatores que afetam a obtenção de silagem de qualidade são: teor de matéria seca (MS), capacidade tampão (CT) do material a ser ensilado, concentração de carboidratos solúveis e eficiência no processo de compactação do material. De acordo com LALA et al. (2010) alta umidade possibilita fermentações indesejáveis (considera-se ideal teor de matéria seca entre 30 e 35% de MS). O ideal também é que a forragem possua menor resistência a diminuição do pH, ou seja, baixa capacidade tampão (MACIEL et al., 2008). Assim, a ensilagem de forrageiras que apresentem baixo teor de matéria seca, alta capacidade tampão e

baixo teor de carboidratos solúveis pode comprometer o processo de conservação devido às possíveis fermentações secundárias (EVANGELISTA et al., 2004). Desde modo, se não existir um ajuste nestes fatores para melhorar o padrão fermentativo do material a ser ensilado, o insucesso será garantido.

O empasse no processo ensilagem da mucilagem de sisal é devido ao baixo teor de MS, que possivelmente favorece perdas por efluentes (LALA et al., 2010), comprometendo a qualidade final da silagem. Fato que evidencia a necessidade de utilizar aditivos absorventes no intuito de minimizar as perdas, melhorar o padrão fermentativo do material ensilado e consequentemente seu valor nutritivo, além de elevar a estabilidade da silagem em aerobiose (JUNGES, 2014).

Diante deste contexto, objetivou-se investigar o potencial desse alimento alternativo, verificando o efeito de aditivos (farelo de milho, farelo de trigo e farelo algodão) sobre o padrão fermentativo da massa ensilada, tempo de armazenamento sobre as perdas e composição química.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Agave sisalana perrine* - Sisal

Pertencente à família Agavaceae, subfamília Agavoidea descrito por QUEIROZ et al. (2012), gênero *Agave* e subgênero *Euagave*, comumente conhecida com sisal, é originária da península de Yukatan, no México (MARTIN et al., 2009).

A *Agave* é encontrada em regiões tropicais, em ambientes áridos e semiáridos (GUTIÉRREZ et al., 2008) como no México, América Central, Antilhas e sudeste dos Estados Unidos. Estudos de *Agave* no México (*A. rzedowskiana*, *A. impressa*, *A. ornithobroma*, *A. schidigera* e *A. angustifolia*) foram encontrados compostos químicos de grande variedade, algumas apresentaram maiores atividades antibacterianas e antioxidantes (SANTOS et al., 2013).

Diversas espécies dessa família apresentam destaque pela importância econômica, no Brasil ocorre o predomínio da *Agave sisalana perrine* comumente conhecida como sisal, considerada uma importante fonte de fibra vegetal.

A *A. sisalana perrine* é uma planta monocotiledônea, que produz uma fibra dura e abastece 70% do mercado mundial de fibras desta natureza, muito utilizada fabricação de barbantes para artesanato. O sisal tem um sistema radicular fibroso, possui muitas ramificações que podem atingir 3 metros, não tem um caule aéreo, no entanto, no lugar tem um eixo principal onde estão inseridos as folhas e o broto terminal. As suas folhas são na forma linear lanceolada (EMBRAPA, 2008).

O sisal é cultivado em território brasileiro, mais expressivamente na região do Nordeste, que segundo BOTURA (2011) e QUEIROZ et al. (2012), é considerado uma planta tropical resistente em ambientes com baixa precipitação pluviométrica e altas temperaturas, características de clima semiárido (DUNDER et al., 2014).

2.2 Resíduos da cultura do Sisal

O Brasil possui grande variedade de fibras vegetais, tais como sisal, fibra de bananeira e outros materiais sustentáveis, preferencialmente de origem natural (GONÇALVES et al., 2018). No entanto, a produção maior de fibra gera maior volume de resíduo agroindustrial. No caso do processamento da fibra de sisal são gerados resíduos que são descartados no campo sem utilização ou, em casos raros, são destinados a ração animal (BRANDÃO et al., 2013).

Em 2017, a produção nacional de sisal foi de 100.788 mil ton e 100% desta produção vem da região Nordeste, sendo basicamente representando pelos estados da Bahia (95%) e Paraíba (4,6%) (IBGE, 2018). Da cultura, uma pequena parcela da folha do sisal é aproveitada em fibras longas, cerca de 3 a 5% do seu peso em fibras. Os 95 a 97% restantes constituem os chamados resíduos do beneficiamento, que são utilizados como adubo orgânico, ração animal e pela indústria farmacêutica (MARTIN et al., 2009; CARNEIRO, 2017). Para Xavier (2016), após a extração da fibra (4%), o resíduo é decomposto em 16% de resíduos sólidos e 80% de resíduos líquidos.

Estima-se que na Bahia, estado expressivo no cultivo e produção de sisal, sejam gerados 5 milhões de toneladas de resíduos, visto que apenas 4% de suas folhas são aproveitadas em fibras (SANTOS et al., 2013; SOUZA, 2016). Este fato sinaliza a necessidade de pesquisas para avaliar o potencial dos diversos resíduos da cultura do sisal na alimentação animal (SANTOS et al.; BRANDÃO et al., 2011), tornando o sistema de produção cada vez mais sustentável.

Conforme PEDREIRA (2011), o resíduo sólido do sisal é composto pela mucilagem (pedaços de folha esmagada) e pela bucha (fibras curtas). Este último é muito fibroso e que se ingerido constantemente poderá causar obstrução do cárdia e consequentemente levar ao timpanismo (PAIVA et al., 1986). Sendo assim, há a necessidade de separar a mucilagem da bucha antes do fornecimento aos animais. Com este propósito, a Embrapa Algodão desenvolveu um equipamento (peneira rotativa) que separa a bucha da mucilagem, permitindo o emprego da mucilagem na alimentação animal.

Segundo SILVA et al., (1998), para cada 100 kg de resíduo, logo após o desfibramento e passagem pela peneira rotativa, resultam em 72,41 kg de mucilagem, 23,75 kg de bucha e 3,83 kg de perda, sendo neste último, referido ao suco que escorre durante o processo de peneiração.

2.2.1 Mucilagem do desfibramento do sisal (MUDS)

A mucilagem resultante do desfibramento do sisal (MUDS) contém elevadas concentrações de cinza e cálcio, no entanto, as concentrações de fósforo e proteína bruta são baixas (SILVA et al., 1998). Composta por carboidratos (monossacarídeos, hemicelulose e celulose), pectina, clorofila, caroteno, lignina e saponina (hecogenina e tigogenina). Estas últimas substâncias são sapogeninas, encontradas em proporções que variam em relação à

idade e diferentes partes da planta (BOTURA, 2011). A composição da MUDS *in natura* encontrada na literatura está compilada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química da mucilagem do desfibramento do sisal (MUDS)

	PEDREIRA (2011)	SILVA et al. (2014)
Matéria seca (/kg MN) ¹	17,3	4,5
Matéria Orgânica (%) ²	85,6	89,35
Proteína Bruta (%) ²	7,90	4,06
Material Mineral (%) ²	14,4	10,65
Fibra em Detergente Neutro (%) ²	32	26,6

1. Percentual da matéria natural; 2. Percentual da matéria seca

Além de sua forma *in natura*, este resíduo pode ser encontrado fenado e ensilado. O MUDS tem potencial elevado para se tornar um alimento estratégico para a pecuária (SANTOS et al., 2013). Representando uma fonte de volumoso alternativo, eficiente por apresentar digestibilidade *in vitro* da matéria seca de 70% (BRANDÃO et al., 2011).

2.2.2 Descarte inadequado do MUDS

O destino de resíduos agroindustriais e os problemas ambientais gerados pelo seu descarte inadequado é uma preocupação mundial (BEZERRA, 2016). No Brasil gera-se aproximadamente 95% da cultura em resíduo de sisal, sendo esse percentual todo concentrado na região nordeste (IBGE, 2018).

No processo de desfibramento do sisal são gerados MUDS, onde são descartados no meio ambiente sem controle, o que pode ocasionar problemas ambientais. O reaproveitamento de resíduos gerados pela agroindústria é um dos maiores pólos de investimento, mesmo em países com elevado desenvolvimento tecnológico como França e Estados Unidos (FILHO e FRANCO, 2015).

Desta forma, o desenvolvimento de pesquisas sobre formas de utilização do resíduo do desfibramento do sisal na produção animal, diminui os custos de produção, agrega valor ao MUDS, além de reduzir o descarte inadequado no meio ambiente.

2.2.3 Limitações da utilização e armazenamento do MUDS

A utilização da mucilagem de sisal ocorre de forma empírica por produtores (BRANDÃO, 2009), fazendo com que grande parte do resíduo sólido e resíduo líquido, sejam

descartados no próprio campo. Desta maneira, a conduta de descartar no próprio campo é usual, tornando-se uma limitação, visto que há exposição do material ao oxigênio, antecipando a fermentação indesejável.

Além disso, os resíduos pós-desfibramento quando acessível aos animais (bovinos, ovinos e caprinos) podem ocasionar problemas de saúde, pela presença de grande quantidade de fibra (bucha) e suco (seiva). SILVA et al. (1998) e NASCIMENTO et al. (2016) afirmam que a ingestão desses resíduos ocasiona a compactação do rúmen do animal em função da sua não degradação pela flora bacteriana, causando timpanismo e obstrução intestinal.

É necessário destacar que a umidade deste resíduo (ao redor de 90%) acarreta transtornos na logística, transporte e seu armazenamento, principalmente quando a propriedade for distante do local de produção. Eventos que conduzem a necessidade de estudos sobre a forma mais adequada de sua conservação.

A forma de armazenamento deste resíduo em propriedades sisaleiras é considerando um fator limitante, devido ao descarte sem controle (BEZERRA, 2016) e em contato com oxigênio, gera um ambiente propício para proliferação de microrganismos indesejáveis, responsáveis pela rápida degradação do material. Além da perda de qualidade por oxidação e fermentação aeróbica, o fornecimento de forma empírica (SANTOS et al., 2013) ou livre acesso dos animais a este resíduo exposto, pode representar riscos à saúde dos animais.

A ensilagem consiste no armazenamento de forragem úmida e em um local isento de oxigênio (MACÊDO et al., 2017), possivelmente este método pode ser adequado também para a conservação do resíduo em estudo, mas forragens com alta umidade são sujeitas a fermentações indesejáveis e perda de nutrientes devido ao excesso de efluentes produzidos (LALA et al., 2010). Corroborando com esta afirmativa, ALKMIM FILHO et al. (1998) mencionaram que a umidade excessiva parece impedir a fermentação adequada no silo. Neste contexto, considerando que os baixos teores de MS são características das Agaváceas (BRANDÃO et al., 2013), a ensilagem da mucilagem do desfibramento do sisal requer atenção.

Uma forma de minimizar as limitações para ensilagem da mucilagem do desfibramento do sisal seria o uso de aditivos com alto teor de MS incorporado ao resíduo sólido no momento da ensilagem, favorecendo melhores condições para a fermentação, resultando em maior qualidade do material conservado (MACIEL et al., 2008).

2.3 Silagem de MUDS

A técnica de ensilagem é um importante método de conservação de forragens (GUIM et al., 2002), que se processa em ambiente com ausência de oxigênio durante a fase de fermentação e armazenamento. A anaerobiose é condição imprescindível para preservação das características nutricionais (GIMENES et al., 2006), mediante a acidificação do material ensilado (BEZERRA, 2018).

O teor de umidade bastante elevado (>85%) propicia o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que são indesejáveis, resultando em um material ensilado de qualidade inferior (CLEMENTE, 2017). Segundo Maciel et al. (2008) para obtenção de um processo fermentativo adequado os teores de umidade entre deve variar entre 66 a, no máximo, 72%, os carboidratos solúveis em torno de 12%, além do que é desejável nas características das forragens, que não ofereçam resistência à redução do pH em torno de 3,8 e 4,2 (MCDONALD et al., 1991), caracterizando baixo poder tampão.

A qualidade da silagem é determinada a partir da composição química, digestibilidade, consumo, desempenho do animal e valor nutritivo (JOBIM et al., 2007). Porém, segundo EVANGELISTA et al.(2009) também se faz necessário para obtenção de silagem de qualidade avaliar diversos parâmetros como composição químico-bromatológica, pH, a capacidade tampão. A quantificação dos valores de N-NH₃/NT das silagens pode ser utilizada para mostrar se o processo fermentativo foi eficiente (McDONALD et al., 1991)

2.3.1 Utilização de aditivos na Silagem de MUDS

De acordo com MCDONALD et al. (1991), grandes perdas de matéria seca (MS) em silagens são devido aos fatores inerentes a atuação de microrganismos, as altas temperaturas na estocagem, aos baixos teores de MS que leva a produção de efluentes. WEINBERG & ASHBELL (2002) acrescentaram que a alta capacidade tampão (CT) do material a ser ensilado também contribui para o insucesso do processo de ensilagem. No entanto, silagens elaboradas a partir de forragens com baixo teor de MS, exigem maior teor de carboidratos solúveis, compondo os substratos prontamente disponíveis para o desenvolvimento de bactérias lácticas (NEUMANN et al., 2010).

Conforme descreveu HENDERSON (1993) o aditivo que possua segurança no seu manuseio, reduza as perdas de matéria seca, proporcione a melhoria da qualidade higiênica da silagem, iniba a fermentação secundária (atuação de bactérias clostrídicas ou enterobactérias),

altera positivamente a composição final do alimento é desejado. Seguindo o mesmo pensamento CASTRO NETO (2003) e PACHECO et al. (2013) também demonstram que a utilização do aditivo para obter um maior retorno em desempenho na produção animal em relação ao custo do uso do aditivo, caracteriza-se um aditivo ideal.

Aditivos que propiciam o aumento do teor de MS do material ensilado, considerados sequestrantes de umidade, reduzem a produção de efluentes e melhoram o valor nutritivo de silagens (McDONALD et al., 1991; FERRARI JÚNIOR & LAVEZZO, 2001). Além do que, FERRARI JÚNIOR & LAVEZZO (2001) afirmaram que em materiais ensilados com elevado teor de umidade há predominância da fermentação butírica, ocasionando grande decomposição proteica, acarretando queda no valor nutritivo.

A capacidade de aditivos sequestrantes varia de acordo com sua composição química. Segundo JONES & JONES (1996) quanto maior grau de lignificação, maior a capacidade do aditivo de retenção de umidade. Todavia, provocam diminuição do valor nutritivo da silagem.

Segundo BRANDÃO et al. (2013), o MUDS ensilado com aditivos (farelo de soja, farelo de trigo, torta de dendê, pó da batedeira, torta de licuri, torta de algodão) proporcionaram aumento significativo no teor de MS em relação a silagem do MUDS *in natura* (12,3% de MS), com exceção para aquela aditivada com ureia, que teve menor relação à massa ensilada.

2.4 Avaliação de Silagem

O processo de avaliação da silagem também é um fator importante para certificação de que os demais processos anteriores garantiram a produção de um material ensilado de qualidade.

2.4.1 Amostragem

A amostragem torna-se fundamental para proporcionar a precisão no processo de avaliação da qualidade do material ensilado visto que a parcela amostrada deve representar fielmente a totalidade do material (CHERNEY & CHERNEY, 2003). Para verificar o efeito do procedimento de ensilagem sobre a qualidade da forragem deve-se realizar uma avaliação previa do material a ser ensilado, de modo a ter os índices bromatológicos destes, permitindo a comparação com os valores bromatológicos do material ensilado (JOBIM et al., 2007).

2.4.2 Determinação da qualidade de fermentação

A qualidade de fermentação é avaliada, atualmente, pelo pH. Entretanto, as silagens de materiais com baixo teor de umidade, apresentam valores de pH acima de 4,2, o que classificaria como uma silagem de qualidade pobre (JOBIM et al., 2007). Assim, para silagens com baixo teor de MS, o pH é considerado um bom indicador (CHERNEY & CHERNEY, 2003). Para se avaliar o pH, o método mais utilizado por pesquisadores brasileiros é o descrito por SILVA e QUEIROZ (2002), que recomenda diluir nove gramas de silagem fresca em 60 mL de água destilada e realizar leitura do pH após 30 minutos de repouso, mensurando potenciômetro digital.

Existem outros métodos, como por exemplo, citado por KUNG JR. et al. (1984), em que é necessário um extrato aquoso com 25 g de amostra fresca sendo processada em liquidificador com 225 mL de água deionizada, por cerca de 1 minuto, fazendo a leitura com o potenciômetro digital.

A capacidade tampão de uma forragem consiste em sua capacidade de resistir às variações de pH (JOBIM et al., 2007; CLEMENTE, 2017) ou que determina a velocidade de redução do pH (EVANGELISTA et al, 2009). De acordo com MCDONALD et al. (1991) a maioria das propriedades tamponantes das plantas forrageiras podem ser devido aos ânions (sais ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos), em que ação de proteínas responsável por somente 10 a 20%. Assim, a razão entre carboidratos solúveis e poder tampão é fundamental no processo da ensilagem.

2.4.3 Determinação de Ácidos Orgânicos

Os ácidos orgânicos são resultantes das reações fermentativas do material ensilado. A compactação do material no silo, como também, a origem e concentração do material a ser ensilado, está estreitamente ligada à qualidade da ensilagem, de acordo com a formação dos ácidos graxos voláteis (MORAES et al., 2011).

De acordo com SILVA e QUEIROZ (2002) para obter maior produção de ácido láctico, que são produtos das bactérias ácido-lático, é fundamental alto teor de carboidratos solúveis, para diminuição do pH, e consequentemente, caracterizar um material ensilado de melhor qualidade (OLIVEIRA, 2007). No entanto, segundo SILVA e QUEIROZ (2002) outros íons são encontrados nas silagens, podendo ser derivado de outros ácidos, além da

possível interferência de aditivos do material ensilado, interferindo na relação de pH e ácido láctico.

Concentrações elevadas de ácido acético, devido ao seu (pka- 4,8) (DANIEL, 2011), reduz o pH lentamente, ou seja, indicando perdas de matéria seca e de energia. Já o ácido butírico, quando pronunciado, revela intensa degradação de proteínas, por bactérias *clostridium* (MORAES et al., 2011).

2.4.4 Determinação de N-NH₃

A quantificação dos valores de nitrogênio amoniacal das silagens é utilizada como indicativo da eficiência do processo fermentativo, pois é indica degradação da fração protéica pela presença dos clostrídeos (McDONALD et al., 1991). É valido ressaltar que mesmo em silagens bem preservadas, com presença de bactérias ácido-láticas, podem ocorrer deaminação e descarboxilação, em pequena quantidade, de aminoácidos, pela ação dessas bactérias.

De acordo com AFRC (1987), para que uma silagem seja considerada de boa qualidade os níveis de N-NH₃ devem atingir no máximo de 8 a 11%. Umas das principais modificações na ensilagem é o aumento do N-NH₃, que é afetado pela ação de microrganismos (AMARAL et al., 2007)

No entanto a degradação das proteínas por bactérias do gênero *Clostridium* é exercida durante a fermentação do material ensilado quando não ocorrem condições ácidas suficientes para que sejam inibidas (McDONALD et al., 1991). A perda na qualidade da silagem, por causa da degradação de compostos protéicos por essas bactérias até amônia, é perdida por volatilização durante a abertura do silo (CÂNDIDO et al., 2007).

2.5 Tempo de armazenamento

No procedimento de ensilagem, o tempo de armazenamento é um fator importante que influencia direto e indiretamente diversos fatores relacionados a qualidade do material no processo de conservação de silagem e no fornecimento do material aos animais. Por volta da 2ª a 6ª semana do fechamento do silo, no processo de ensilagem (variando de acordo com as condições), as bactérias fermentam açúcares solúveis em ácido láctico, em meio anaeróbico, o que resulta na diminuição do pH do material ensilado, podendo assim resultar na fase estável (BARROS, 2016; CLEMENTE, 2017).

3. MATERIAL E METÓDOS

3.1 Local do Experimento, obtenção do material e tratamentos

As pesquisas foram conduzidas na Área de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DZ-UFRPE), em Recife-PE, e as análises laboratoriais foram executadas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da referida instituição (Figura 1). As análises de ácidos orgânicos foram realizadas no Laboratório do Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa.



Figura 1. Departamento de Zootecnia- UFRPE-sede/ Laboratório de Nutrição Animal (LNA). Arquivo pessoal.

3.1.1 Obtenção do material, tratamentos e confecção dos silos experimentais

A mucilagem do desfibramento do Sisal foi obtida em uma fazenda Sisaleira localizada no município de Barra de Santa Rosa (PB), localizado na Região Geográfica Imediata de Cuité-Nova Floresta. Os aditivos (Milho Moído, Farelo de Trigo e Farelo de Algodão) foram obtidos no comércio local. Após o desfibramento do sisal, processado por meio de peneira rotativa foi obtida a mucilagem fresca (MUDS).

Para confecção das silagens foram utilizados 48 silos experimentais (4 tratamentos, 4 tempos de armazenamento e 3 repetições) confeccionados com tubos de “PVC” de 150 mm de diâmetro, com 75 cm de comprimento (Figura 2), com o material compactado nos silos buscando atingir a densidade mínima de 225 Kg MS/m³, e permanecendo fechados por 07, 14, 30 e 60 dias.



Figura 2. Silo experimental de PVC. Arquivo pessoal.

Os aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) foram adicionados na proporção de 75 MUDS: 25 aditivo, com base na matéria natural, objetivando alcançar valores entre 30 a 35% de matéria seca do material a ser ensilado. Para definição da proporção a ser misturada, no dia anterior a adição do aditivo, amostra da mucilagem e do aditivo foram colocadas em estufa a 105°C por 24 horas para estimar o teor de matéria seca da mucilagem, dessa forma chegar a relação de mucilagem e do aditivo (Figura 3).



Figura 3. Mistura de MUDS com o aditivo. Arquivo pessoal.

Os tratamentos experimentais consistiram em: mucilagem do desfibramento do sisal ensilada sem aditivo (MUDS), MUDS ensilada com milho moído (MUDS-MI), MUDS ensilada com farelo de trigo (MUDS-FT) e MUDS ensilada com farelo de algodão (MUDS-FA). Para avaliar o padrão de fermentação, os silos foram abertos com 7, 14, 30 e 60 dias da ensilagem, quando foram coletadas amostras para posteriores análises químico-bromatológicas.

A composição dos materiais empregados e suas misturas, antes da ensilagem, estão apontadas na Tabela 2.

Tabela 2. Composição químico-bromatológica dos ingredientes e das misturas antes da ensilagem

Item	MS ¹	MO ²	MM ²	PB ²	FDN ²	EE ²	CapTamp ³
Milho Moído	89,374	98,442	1,558	9,759	19,792	2,917	11,59
Farelo de Trigo	86,695	93,162	6,838	16,480	53,586	2,430	21,78
Farelo de Algodão	90,231	93,839	6,161	38,028	69,955	0,381	25,78
MUDS	15,041	83,815	16,185	10,624	45,760	1,872	96,14
MUDS + MI	33,624	87,472	12,528	10,408	39,268	2,133	75,01
MUDS + FT	32,955	86,152	13,848	12,088	47,717	2,011	77,55
<u>MUDS + FA</u>	<u>33,838</u>	<u>86,321</u>	<u>13,679</u>	<u>17,475</u>	<u>51,809</u>	<u>1,499</u>	<u>78,55</u>

¹% da matéria natural; ² % da matéria seca; ³. Capacidade Tampão (N eq.mg/100g MS)

3.1.2 Análises bromatológicas das silagens

As amostras foram secas em estufa a 55 °C por 72 horas, depois moídas em moinho estacionário com peneira de crivo de 1,0 mm e armazenadas em sacos ziplock fechados hermeticamente para a determinação da composição bromatológica em Matéria Seca (MS; método INCT-CA no. G-003/1), Proteína Bruta (PB; método de Kjeldhal; método INCT- CA no. N 001/1), Matéria Mineral (MM; método INCT-CA no. M-001/1), Extrato Etéreo (EE; método INCT-CA no. G-004/1), Matéria Orgânica (MO; método INCT-CA no. M-001/1), Fibra em Detergente Neutro (FDN; método INCT-CA no. F-002/1) descrita por DETMAN et al., (2012) (Figura 4)



Figura 4. Amostras de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, aditivas ou não, para análises bromatológicas. Arquivo pessoal.

A cada tempo de abertura dos silos foi determinado o N-NH_3 como porcentagem do nitrogênio total, segundo a metodologia de BOLSEN et al. (1992), adaptada por VIEIRA (1980) (Figura 5).



Figura 5. Procedimento metodológico para determinação do N-NH_3 das amostras de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, aditivada ou não. Arquivo pessoal.

A metodologia empregada para determinação dos valores de pH foi a descrita por Silva e Queiroz (2002), com base na diluição de nove gramas de silagem fresca em 60 mL de água destilada e leitura do pH do sobrenadante após 30 minutos de repouso (Figura 6).

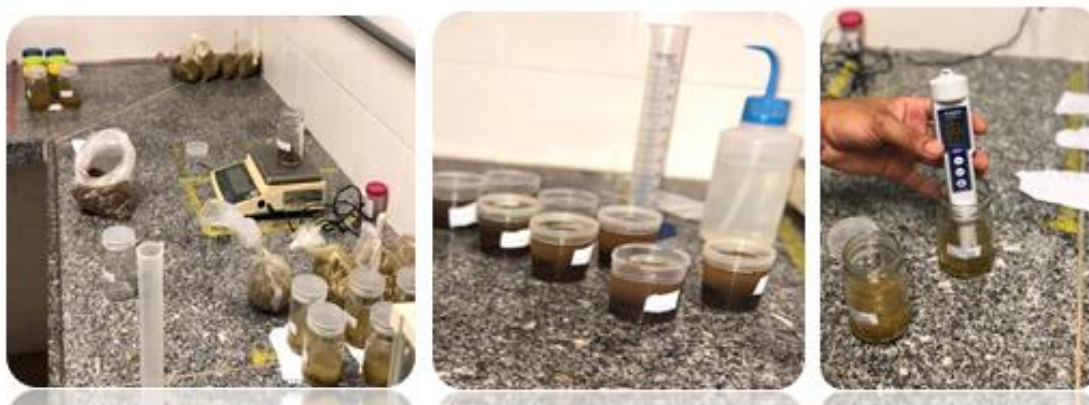


Figura 6. Procedimentos metodológicos para determinação do pH das amostras de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, aditivada ou não. Arquivo pessoal.

Para determinação de Ácidos Orgânicos seguiu-se a metodologia sugerida por KUNG JR. et al. (1996). A partir de um extrato aquoso obtido de amostras das silagens. Para tal, 25g

de silagem foram diluídos em 225 mL de água desionizada, processados em liquidificador industrial por 1 min e filtrado, em seguida, colocado no cromatografo gasoso (Figura 7).



Figura 7. Procedimentos metodológicos para determinação de ácidos orgânicos das silagens de mucilagem do desfibramento do sisal aditivas ou não. Arquivo pessoal.

3.1.3 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas, especificamente na contagem total de lactobacilos (BAL) e enterobactérias (ENTERO), foram realizadas segundo metodologia descrita por JONSSON (1991).

3.1.4 Análises estatísticas

O delineamento empregado foi inteiramente ao acaso em esquema de parcela subdividida, sendo o tempo de armazenamento alocado nas parcelas e o efeito do aditivo nas subparcelas. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando-se um nível de significância de 5 %, usando-se o programa estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre os fatores apenas para as variáveis matéria mineral e matéria orgânica (Tabela 3). Quanto a MM, apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) dos tratamentos, em que MUDS-MI apresentou menor valor de MM devido à composição inicial do aditivo em questão (Tabela 3). Já a MO apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) entre tratamentos, no qual as silagens de MUDS mostraram a menor média. Entretanto, para MM e MO não houve efeito ($P < 0,05$) do tempo de fermentação (Tabela 3).

Considerando a umidade do MUDS *in natura* empregado neste estudo, os aditivos foram efetivos na elevação do teor de matéria seca do material a ser ensilado, devido ao teor inicial dos ingredientes utilizados com aditivos (Tabela 2). Contudo, silagem de MUDS aditivada com milho moído (MUDS-MI) demonstrou maior teor de MS, seguida da silagem de MUDS aditivada com farelo de trigo (MUDS-FT) e MUDS aditivada com farelo de algodão (MUDS-FA) (Figura 8).

Tabela 3. Valores médios da composição química de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (MUDS), com e sem aditivos, em diferentes tempos de armazenamento.

Fonte de variação	Tratamentos (TRAT)					Tempo de Fermentação- dias (TF)					Valor de P		
	MUDS	MUDS-MI	MUDS-FT	MUDS-FA	EPM	7	14	30	60	EPM	TRAT	TF	TRAT x TF
Matéria seca	13,83	32,33	30,64	29,41	0,2278	26,78	26,59	26,9	25,87	0,3064	<0,0001	0,0004	<0,0001
Proteína Bruta	5,54	4,68	7,19	12,21	0,0263	7,88	7,86	7,32	6,55	0,0391	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Matéria Mineral	14,87A	5,34C	8,65B	9,33B	2,8842	10,05	9,10	9,40	9,62	2,5437	0,0001	0,5305	0,9518
Matéria Orgânica	85,13C	94,66A	91,35B	90,67B	2,8842	89,95	90,90	90,6	90,36	2,5437	0,0001	0,5305	0,9518
FDN	46,64	17,92	39,48	54,65	3,0694	39,58	39,28	38,64	41,17	4,7763	<0,0001	0,0553	0,0188
Extrato Etéreo	4,39	4,81	5,22	2,65	0,3147	4,24	4,87	4,42	3,55	0,4776	0,0001	0,0010	0,0334
pH	4,89	4,44	4,10	6,75	0,0151	4,66	4,72	5,36	5,44	0,0151	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Ác. Láctico	12,38	9,10	5,79	5,13	0,7323	9,90	7,56	7,38	7,56	0,8123	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Ác. Acético	6,33	2,89	4,33	2,60	0,6092	4,93	3,67	3,50	4,05	0,3747	0,0001	<0,0001	<0,0001
Ác. Propiônico	2,06	0,88	1,32	0,89	0,0278	1,57	1,29	1,06	1,22	0,0352	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Ác. Butírico	0,27	0,13	0,19	0,10	0,0013	0,19	0,16	0,15	0,18	0,0020	0,0001	0,1759	0,0001
N-NH ₃ /N Total	22,75	4,58	3,59	17,73	0,4814	0,16	2,64	12,80	33,05	1,2483	<0,0001	<0,0001	<0,0001
MIC-BAL*	8,08	8,39	8,44	7,37	0,1574	7,17	8,41	8,44	8,56	0,1031	0,0032	<0,0001	<0,0001
MIC- ENTERO*	3,69	3,48	2,55	2,56	0,0020	3,69	sd	2,55	3,02	0,0000	0,0024	sd	sd

*MUDS= silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo; MUDS-MI= silagem de MUDS aditivada com milho moído; MUDS-FT= silagem de MUDS aditivada com farelo de trigo; MUDS-FA= silagem de MUDS aditivada com farelo de algodão; * MIC-BAL= Microbiologia- Bactéria Ácido Láctico; MIC-ENTERO= Microbiologia- Enterobactéria. Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

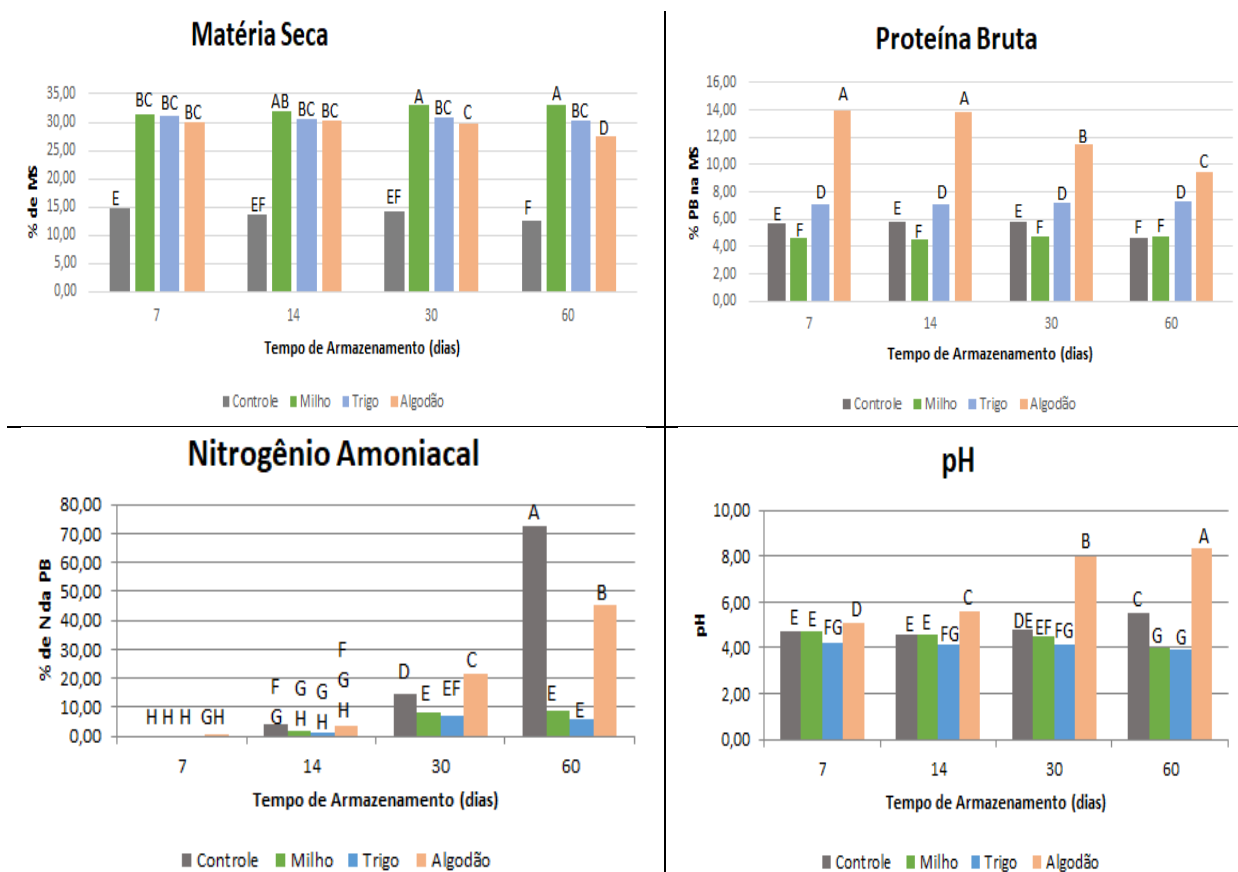


Figura 8. Matéria seca, proteína bruta, pH e concentração de N-NH₃ de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, sem ou com aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento. Barras seguidas letras distintas diferem pelo teste de Tukey (5%)

As silagens de MUDS sem aditivo e as aditivadas com farelo de trigo apresentaram maiores teores de PB na composição do material a ser ensilado (Tabela 2). Após fermentação o tratamento MUDS-FA apresentou diminuição no teor de PB (Figura 8), sendo tal comportamento explicado pela maior capacidade tampão (Tabela 2). Consequentemente, levou a resistência ao abaixamento do pH que favoreceu fermentação secundária e como resposta maior proteólise, levando a maior produção de nitrogênio amoniacal (Figura 8).

Uma silagem de boa qualidade apresenta valores de pH entre 3,8 e 4,2, o que auxilia na caracterização de fermentação adequada (McDONALD et al., 1991), pois bactérias proteolíticas são inibidas, reduzindo a proteólise e, consequentemente, a produção de nitrogênio amoniacal (SANTOS et al., 2008).

As silagens sem aditivos apresentaram aumento dos valores de pH com o aumento do período de armazenamento (30-60 dias) (Figura 8). Foram registrados valores de pH acima de 4,2 para todas as silagens avaliadas, exceto para aquelas aditivadas com farelo de trigo (4,10). Cabe destacar que as silagens de MUDS aditivadas com farelo de algodão desde o primeiro

tempo de abertura dos silos (7 dias) foram as que mostraram os valores de pH mais altos ($P < 0,05$) e estes foram aumentando com o tempo de armazenamento, de modo que aos 30 e 60 dias de armazenamento estavam ao redor de 8,0 (Figura 8). Segundo MCDONALD et al. (1991), valores elevados de pH indicam, possivelmente, atividade de microrganismos responsáveis pela fermentação secundária.

A inatividade do ácido láctico pode ocorrer devido a dissociação de H^+ , entretanto, quando há muito nitrogênio livre ocorre a “captura” destes íons, formando NH_4^+ que, dependendo da quantidade formada, promove aumento de pH do meio. Este processo é observado com frequência em silagens de leguminosas ou de materiais tratados com ureia (McDONALD et al., 1991), justificando o comportamento do aumento do tratamento MUDS-FA em que possui o maior teor de PB (Tabela 2).

O pH está diretamente relacionado com a concentração dos ácidos orgânicos. As maiores concentrações de ácidos orgânicos ($P < 0,05$) (ác. láctico, ác. acético, ác. butírico, ác. propiônico) foram encontradas nas silagens de MUDS sem aditivo. Tal comportamento deve-se ao baixo teor de MS (13,83), existindo uma diluição dos ácidos em água da silagem, diminuindo a eficiência dos ácidos orgânicos na redução do pH, principalmente, ácido láctico, como também o fato do tratamento em questão possuir a maior capacidade tampão em relação aos demais (Tabela 2), diminuindo ainda mais a ação dos ácidos orgânicos (Figura 8 e 10).

Avaliando os teores de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) o maior tempo de armazenamento conduziu a uma produção mais elevada ($P < 0,05$) de $N-NH_3$ nas silagens MUDS e MUDS-FA (Figura 8). Estes valores indicam que as tais silagens apresentaram maior proteólise. É importante ressaltar que a maior parte das proteases provenientes de células vegetais é inativada pelo abaixamento de pH e ao se verificar estes valores nas silagens destaca-se que as silagens MUDS e MUDS-FA tiveram os maiores teores de pH (Figura 8), assim compreende-se o benefício da obtenção de silagens com baixo pH.

Segundo BENACCHIO (1965), que classificou a silagem quanto ao teor de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) em relação ao nitrogênio total, essa é considerada como muito boa, quando os valores são inferiores a 10%, adequada quando entre 10 a 15%, aceitável entre 15 a 20%, e insatisfatória quando os valores se situam acima de 20%. Afirmou também, que silagens que apresentam valores máximos de 10% de $N-NH_3$ total podem ser consideradas como indicativo de silagens bem conservadas. Classificando as silagens do presente estudo, de acordo com o comportamento durante todo o período experimental as silagens MUDS-MI

e MUDS-FT estão dentro da classificação de muito boa. Tanto o tratamento MUDS quando o MUDS-FA até os primeiros 14 dias estavam classificadas como muito boa, a partir do dia 30º dia de armazenamento a classificação deslocou de adequada para insatisfatória.

Os resultados obtidos para as silagens MUDS podem ser justificados pelo baixo teor de MS antes e após o material ensilado, o pH elevado (acima de 5), tornando o meio propício ao desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* que, por sua vez, degradam a proteína, havendo maior formação de N-NH₃. Já o comportamento da silagem de MUDS-FA, é explicado devido ao alto teor do pH do material ensilado (6,75) (Figura 8), que proporcionou ambiente favorável para atuação de microrganismos indesejáveis degradando a PB do material e resultando no aumento de N-NH₃ da silagem em questão.

As silagens MUDS aditivadas com farelo de algodão, da mesma forma que aquelas sem aditivos, a partir dos 14º dia de fermentação já começaram a mostrar aumento nas concentrações de N-NH₃. No entanto, diferentemente das silagens não aditivas, cujo aumento da concentração de N-NH₃ pode ser atribuída ao baixo teor de matéria seca do material ensilado, as silagens MUDS-FA o aumento do N-NH₃ pode ser atribuído ao maior teor de PB destas silagens, que refletiu em maior capacidade tampão que as demais (Tabela 2) o que resultou em resistência a queda do pH e consequente proteólise. Por outro lado, após 60 dias de armazenamento, as silagens aditivadas com Algodão apresentaram menor concentração de N-NH₃ que aquelas sem aditivos, que pode ser afiançado pela maior perda de amônia nas silagens de MUDS-FA, uma vez que valores de pH elevados (acima de 8) favorecem a volatilização deste composto. Ainda as maiores perdas da amônia, por volatilização, se dá em pH superiores a 8. Além disso, como as silagens de MUDS-FA tinham mais PB que as MUDS sem aditivos e o N-NH₃ é expresso como percentual do N total, a expressão da concentração de amônia das silagens MUDS-FA pode ter sido diluída.

As demais silagens (MUDS-MI e MUDS-FT) apresentaram menores teores de N-NH₃ o que pode ser atribuídas ao poder absorvente de umidade dos aditivos, aumentando o teor de MS da silagem, como também as capacidade tampão de ambos os aditivos (milho moído e farelo de trigo) são menores (Tabela 2), facilitando a diminuição do pH, consequentemente, inibindo o aparecimento e atuação de microrganismos indesejáveis.

A fibra em detergente neutro (FDN) apresentou interação entre os fatores ($P < 0,05$), seguindo o mesmo padrão do material antes de ser ensilado (MUDS-FA > MUDS-TRI > MUDS > MUDS-MI).

As silagens de MUDS sem aditivo e aditivadas com farelo de algodão apresentaram aumento no teor da FDN ao longo do tempo de armazenamento como consequência da fermentação indesejável destas silagens. Episódios que são confirmados pelo maior pH e maior teor de N-NH₃ ($P < 0,05$) destas silagens, indicando consumo de carboidratos solúveis e intensa proteólise por bactérias indesejáveis. Com implicação imediata aumento do conteúdo de parede celular, expresso nos teores de FDN mais elevados (Figura 9).

Podendo ser confirmado pelos maiores valores de pH, como também pelo maior teor de N-NH₃ ($P < 0,05$), indicando intensa proteólise. Fatos que levaram a consumo de carboidratos solúveis por bactérias indesejáveis e consequentemente elevação do teor da FDN como observado na Figura 9.

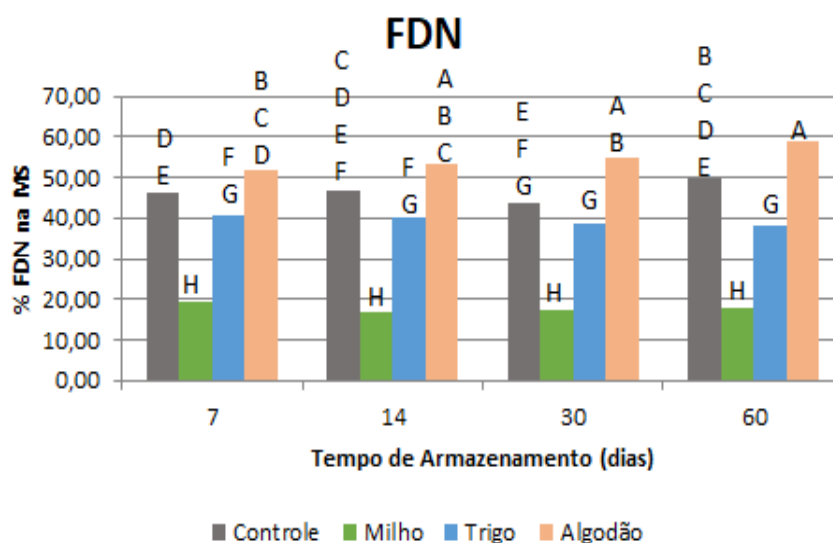


Figura 9. Fibra em detergente neutro (FDN) de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, sem ou com aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento. Barras seguidas letras distintas diferem pelo teste de Tukey (5%).

As maiores ($P < 0,05$) produções de todos os ácidos orgânicos mensurados foram observadas nas silagens aditivadas com farelo de trigo, sobretudo aos 7 dias de fermentação (Figura 10). Porém, a partir de 14 dias os demais tratamentos (MUDS- MI, MUDS-FT e MUDS-FA) apresentaram estabilidade na produção dos ácidos orgânicos.

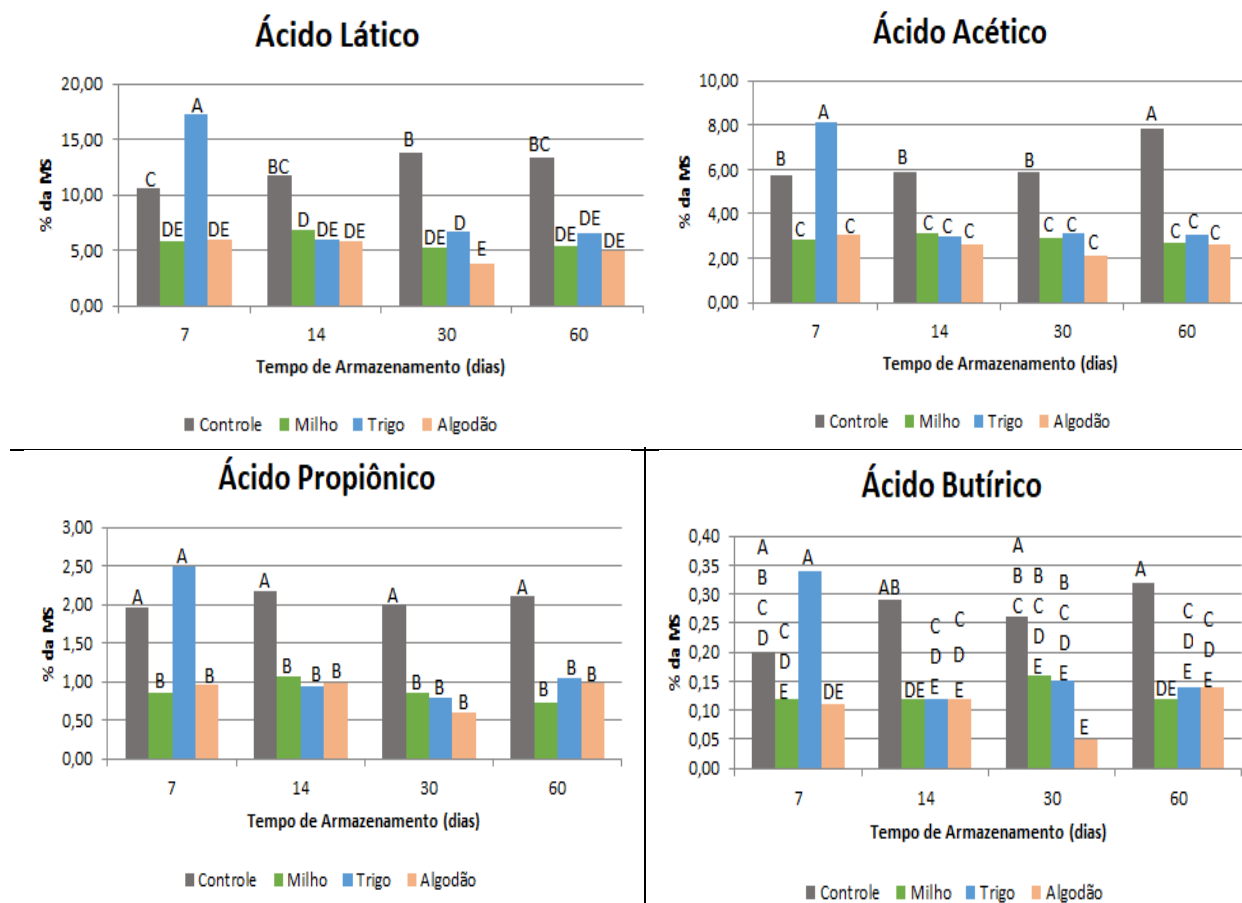


Figura 10. Valores médios de ácido lático, acético, propiônico e butírico de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, sem ou com aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento. Barras seguidas letras distintas diferem pelo teste de Tukey (5%).

As silagens de MUDS sem aditivos também apresentou elevadas concentrações de ácidos orgânicos, porém a concentração de ácido butírico foi superior quando comparado com os demais tratamentos (Figura 10). Confirmando que durante todo o período experimental as silagens sem aditivos continuaram fermentando, mas a concentração do ácido butírico mais elevada nestas silagens corroboram com a afirmativa da ocorrência de fermentação inadequada, possivelmente por bactérias do gênero *Clostridium*.

As bactérias ácido-lático (BAL) e enterobactérias são competidoras entre si, no entanto, almeja-se que exista maior unidade formadora de colônias para as BAL, visto que elas iriam consumir os carboidratos solúveis eficientemente e produzir ácido lático. O ácido lático é o principal ácido na contribuição para a redução adequada do pH.

As silagens de MUDS sem aditivos, aos 7 dias de armazenamento, apresentou menor expressão de BAL, conseqüentemente, maior expressão para as enterobactérias (Figura 11). A

partir do momento em que houve aumento das unidades formadoras de colônia das BAL para esse mesmo tratamento não registrou-se presença de enterobactérias.

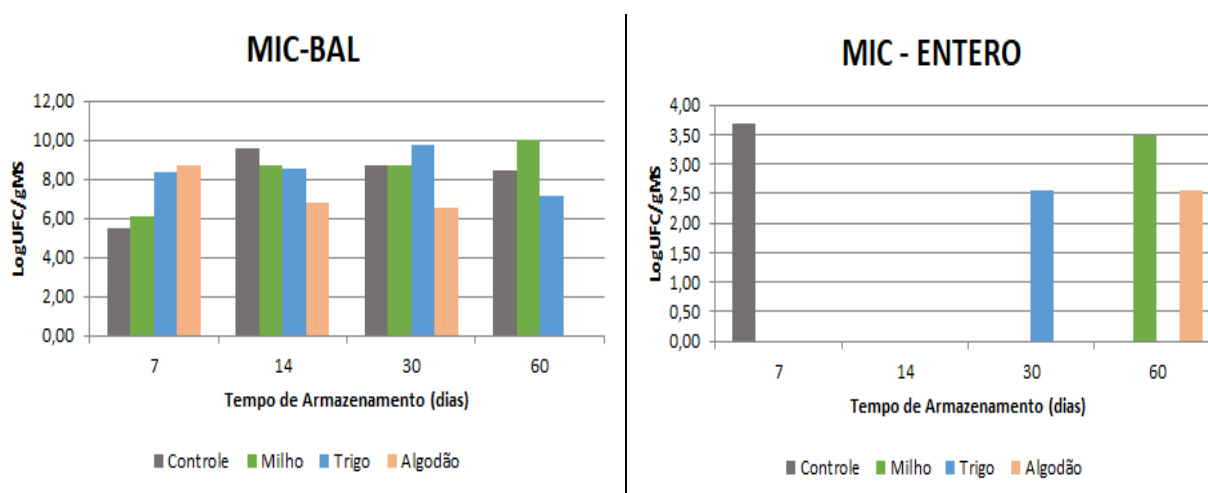


Figura 11. Valores médios de bactérias produtoras de ácido láctico (BAL) e enterobactérias (Entero), em silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, sem ou com aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento.

O avançar do tempo de armazenamento conduziu a diminuição das BAL e aparecimento de enterobactérias para as silagens aditivadas com farelo de algodão (Figura 11). Esse comportamento se deu pelo aumento do pH (Figura 8), consequentemente, aos 60 dias de armazenamento, para este mesmo tratamento, houve aparecimento das enterobactérias e desaparecimento das BAL, conduzindo assim a degradação da proteína e aumento da produção de $N-NH_3$ (Figura 8) e aminas biogênicas (cadaverinas, putrecinas) pelas enterobactérias. A possível presença dessas aminas biogênicas pode justificar o odor desagradável das silagens MUDS-FA no momento da abertura dos silos.

5. CONCLUSÃO

Silagens de mucilagem do desfibramento de sisal sem aditivo ou aditivada com farelo de algodão não apresentam características fermentativas adequadas para conservação deste resíduo.

A adição de milho moído ou farelo de trigo na ensilagem de mucilagem do desfibramento de sisal conduz a eficiente padrão de fermentação ao longo do processo de conservação.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

AFRC. Technical committee on responses to nutrients. Report n. 2. Characterization of feedstuffs. **Nutrition Abstracts & Reviews, Serie B**, v.57, p. 713-736, 1987.

ALKMIM FILHO, J.F. et al. Valor nutritivo de silagens de híbridos de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanenses* submetidas a pré-secagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. 1998, Botucatu. **Anais...** p. 743-745, 1998.

AMARAL, R.C.; BERNADES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-Marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.532-539, 2007.

BARROS, T.M. **Qualidade da silagem de milho em diferentes períodos de armazenamento**. Escola de Medicina veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia. Monografia (Bacharel em Zootecnia), p. 31, 2016.

BATISTA, T. DA S. et al. Características fermentativas e perdas na silagem de mucilagem de sisal sob diferentes densidades de compactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 55. 2018, Goiânia, GO. **Anais...** p. 1–5, 2018.

BENACCHIO, S. Niveles de melaza en silo experimental de milho criollo (*Sorghum vulgare*). **Agronomia Tropical**, v.14, 4, p. 651- 658, 1965.

BEZERRA, G. S. **Avaliação da produção simultânea de xilitol e etanol a partir do bagaço de sisal**. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Dissertação (Mestrado em Química), p.80, 2016.

BEZERRA, K. R. **Uso da silagem de palma em dietas para ovinos**. Universidade Federal da Paraíba, Areia. Monografia (Bacharelado em Zootecnia), p.23, 2018.

BOLSEN, K.K. et al. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy** v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.

BOTURA, M. B. **Avaliação anti-helmíntica e toxicológica de extratos e frações do resíduo de Agave sisalana Perr. (SISAL) sobre nematoides gastrintestinais de caprinos**. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana. Tese (Doutorado em Biotecnologia), p.110, 2011.

BRANDÃO, L.G.N. **Coprodutos do sisal como opção para alimentação de ruminantes no semi-árido**. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), p.59, 2009.

BRANDÃO, L. G. N. et al. Valor nutricional de componentes da planta e dos coprodutos da *Agave sisalana* para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 1493–1501, 2011.

BRANDÃO, L. G. N. et al. Efeito de aditivos na composição bromatológica e qualidade de silagens de coproduto do desfibramento do sisal. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2991–3000, 2013.

CÂNDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1489-1494, 2007.

CARNEIRO, J. L. DOS S. **Caracterização acessos de sisal usando descritores da planta e da fibra**. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais), p.118, 2017.

CASTRO NETO, A.G. **Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), p.53, 2003.

CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing silage quality. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Eds.). **Silage Science and Technology**. p. 141-198, 2003.

CLEMENTE, J. V. F. **Aditivos para ensilagem de resíduo úmido de cervejaria**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), p.53, 2017.

DANIEL, J. L. P. **Contribuição da fração colátil no valor nutricional de silagens**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Tese (Ciências Animal e Pastagens), p.160, 2011.

DETMANN, E. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, p.214, 2012.

DUNDER, R. J. et al. Valor nutricional de resíduos da agroindústria alimentação de ruminantes para. **Science with quality**, v. 5, n. 4, p. 370–379, 2014.

EMBRAPA. Cultivo do Sisal no Nordeste Brasileiro. **Circular Técnica**, v. 123, p. 1–24, 2008.

EVANGELISTA, A. R. et al. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv . Marandu) com e sem emurchecimento PRODUÇÃO DE SILAGEM DE CAPIMMARANDU. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 1–8, 2004.

EVANGELISTA, A. R. et al. Alterações bromatológicas e fermentativas durante o armazenamento de silagens de cana-de-açúcar com e sem milho desintegrado com palha e sabugo Chemical and fermentative changes during the storage period of the sugar cane s. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 20–26, 2009.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Quality of Elephantgrass Silage (*Pennisetum purpureum* Schum) Wilted or Adding Cassava Meal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1424–1431, 2001.

FILHO, W. B. N.; FRANCO, C. R. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.

GIMENES, A. L. DE G. et al. Composição química e estabilidade aeróbia em silagens de milho preparadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 2, p. 153–158, 2006.

GONÇALVES, F. A. C. et al. Fibras Vegetais : Aspectos Gerais , Aproveitamento , Inovação Tecnológica e uso em Compósitos. **Revista Espacios**, v. 39, n. 0798 1015, p. 1–16, 2018.

GONZAGA NETO, S. et al. Efeito da Adição de Feno de Catingueira (*Caesalpineia bracteosa*) na Ração sobre o Balanço de Energia e de Nitrogênio em Ovinos Morada Nova **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1325–1331, 2004.

GUIM, A. et al. Estabilidade Aeróbica de Silagens de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) Emurchecido e Tratado com Inoculante Microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2176–2185, 2002.

GUTIÉRREZ, A.; RODRIGUEZ, I.M.; DEL RIO, C. Chemical composition of lipophilic extractives from sisal (*Agave sisalana*) fibers. **Industrial Crops and Products**, v. 28, p. 81–87, 2008.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, p. 35-56, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, p. 82, 2018.

JOBIM, C. C. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada Methodological advances in evaluation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 101–119, 2007.

JONES, R.; JONES, D. I. H. The Effect of In-Silo Effluent Absorbents on Effluent Production and Silage Quality. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 64, p. 173–186, 1996.

JUNGES, D. **Tempo de armazenamento e manejo do painel no valor nutritivo de silagens de milho**. Piracicaba. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. Tese (Doutorado em Ciências Animal e Pastagens), p. 149, 2014.

JONSSON, A. Growth of *Clostridium tyrobutyricum* during fermentation and aerobic deterioration of grass silage. **Journal Science Food and Agriculture**, v.54, p.557-568, 1991.

LALA, B. et al. Aditivos no processo de ensilagem. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 4, n. 3, p. 175–183, 2010.

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

KUNG JR., L. Preparation of silage water extracts for chemical analyses. **Standard operating procedure** – 001 2.03.96. ed. Delaware: University of Delaware – Ruminant Nutrition Lab., p.32, 1996.

MACÊDO, A. J. DA S. et al. Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v.18, n. 9, p. 1-11, 2017.

MACIEL, R. P. et al. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-elefante. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, p. 142–147, 2008.

MARTIN, A. R. et al. Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade Agave sisalana. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 1, p. 40–46, 2009.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Maelow: Chalcombe Publication, p.340, 1991.

MORAES, J.E.; DUARTE, K.M.R.; PAULINO, V.T. Cromatografia gasosa na determinação de ácidos graxos voláteis de materiais ensilados. **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 29, ed. 176, art. 1186, 2011.

NASCIMENTO, E. M. et al. Compactação ruminal e obstrução intestinal em bovinos, associadas ao consumo de Agave sisalana Perrine (Agavaceae). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 8, p. 719–723, 2016.

NEUMANN, M. et al. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 2, p. 187–196, 2010.

OLIVEIRA, A.C. et al. Composição nitrogenada de silagens de gramíneas tropicais tratadas com uréia. **Archivos de Zootecnia**, v. 56: p.15-21, 2007.

PACHECO, W. F. et al. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* , Shum) com feno de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq .) Walp) Chemical composition of silages of elephant grass (*Pennisetum purpureum* , Shum) with gliricidia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, p. 240–246, 2013

PAIVA, J.A. de. et al. Utilização do resíduo do desfibramento do sisal (Agave sisalana, Perrine) na alimentação de novilhos – **Boletim de Pesquisa 5, EPABA**, p.27, 1986.

PEDREIRA, E. M. **Avaliação de silagens de mucilagem de sisal, aditivadas com fubá de milho e níveis crescentes de uréia**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), p.43, 2011.

PEREIRA, C. **Características de carcaça de cordeiros da raça Soinga alimentados com silagens da mucilagem do sisal em substituição à palma forrageira**. Universidade Federal da Paraíba, Areia, Monografia (bacharelado em Zootecnia), p.48, 2018.

QUEIROZ, S. R. DE O. D. et al. Análise cromossômica em bulbilhos de sisal (Agave spp.) cultivados em diferentes municípios baianos, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 842–848, 2012.

SANTOS, M.C. et al. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1555-1563, 2008 a.

SANTOS, R. D. dos. et al. Consumo e desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas que continham coprodutos do desfibramento do sisal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 6, p. 1502–1510, 2011.

SANTOS, R. D. dos. et al. Coprodutos do Desfibramento do Sisal como Alternativa na Alimentação de Ruminantes. **Circular Técnica 102, EMBRAPA**, p. 1–6, 2013.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - **SAS user's guide: statistics**. Versão 9.1 Cary: SAS, 2006.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV.p.235, 2002.

SILVA, O. R. R. F. DA. et al. Peneira rotativa CNPA, uma alternativa para o aproveitamento da mucilagem na alimentação animal. **Boletim de Pesquisa 36, EMBRAPA**, p. 1–15, 1998.

SILVA, O. R. R. F. DA. et al. **Cultivo do Sisal no Nordeste Brasileiro- Circular Técnica**-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Campina Grande, PB, 2008.

SILVA, A. M. et al. Valor nutricional de resíduos da agroindústria alimentação de ruminantes para. **Science with quality**, v. 5, n. 4, p. 370–379, 2014.

SOUZA, M. B. D. **Coprodutos do desfibramento do sisal na produção de silagem**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia, p.35, 2016.

VIEIRA, P.F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes**. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, p.98,1980.

VIEIRA, P. A. S. et al. Consumo de nutrientes e frações fibrosas por ovinos alimentados com dietas contendo coprodutos do sisal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECHNIA, 47. 2010, Salvador, BA. **Anais...** p. 1–3, 2010.

XAVIER, F. D. **Produção biotecnológica de xilitol a partir da fração hemicelulósica da fibra de sisal**. Universidade Federal da Paraíba, Paraíba. Dissertação (Mestrado em Química), p. 86, 2016.

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G. **Silage Production and Utilisation**. 2002. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/silage/silage_israel/silage_israel.htm>. Acesso em 10 de outubro de 2018