



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA TROPICAL**

ALEX RODRIGUES DE SOUSA

**QUALIDADE DE SILAGENS DE RAÇÃO EM MISTURA TOTAL CONTENDO
PORNUNÇA (*Manihot sp.*) COMO FONTE DE FORRAGEM**

Teresina – PI
Fevereiro de 2022

ALEX RODRIGUES DE SOUSA

**QUALIDADE DE SILAGENS DE RAÇÃO EM MISTURA TOTAL CONTENDO
PORNUNÇA (*Manihot sp.*) COMO FONTE DE FORRAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos necessários, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo

Área de concentração: Produção Animal

Teresina– PI

Fevereiro de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Serviço de Processos Técnicos

S725q Sousa, Alex Rodrigues de.
Qualidade de silagens de ração em mistura total contendo
Pornunça (*Manihot SP.*) como fonte de forragem. / Alex
Rodrigues de Sousa. – 2022.
46 f.: il.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí,
Pós-Graduação em Zootecnia Tropical, Teresina, 2022.
“Orientador: Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo.”

1. Degradabilidade ruminal. 2. Estabilidade aeróbia.
3. Forrageira nativa. 4. Perdas fermentativas. 5. Semiárido.
I. Sousa, Alex Rodrigues de. II. Título.

CDD 636. 085 5

Bibliotecário: Gésio dos Santos Barros – CRB-3/1469

ALEX RODRIGUES DE SOUSA

**QUALIDADE DE SILAGENS DE RAÇÃO EM MISTURA TOTAL CONTENDO
PORRUNÇA (*Manihot sp.*) COMO FONTE DE FORRAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical da Universidade Federal do Piauí, como requisito à obtenção do título de Mestre em Zootecnia Tropical.

Área de concentração: Produção Animal

Linha de pesquisa: Produção de Alimentos e Nutrição Animal nos Trópicos

Orientador (a): Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo

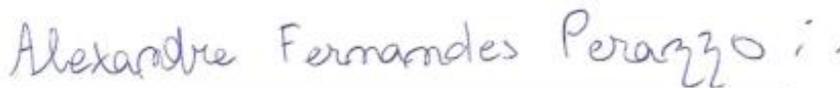
Aprovado em 25 fevereiro de 2022

BANCA EXAMINADORA



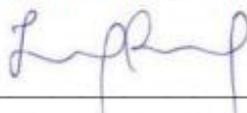
Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo (UFPI)

Orientador



Prof. Dr. Alexandre Fernandes Perazzo (UFMA)

Examinador Externo



Prof. Dr. Henrique Nunes Parente (UFMA)

Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço, a Deus por me permitir a realização desse trabalho, aos meus pais (Joseano Rodrigues da Silva e Lêda Maria Elias de Sousa Silva) e aos meus irmãos (Aline Rodrigues e Ailton Rodrigues) por me fornecerem toda a base necessária para o alcance dos meus objetivos. A Márcia Piauilino Lins pelo companheirismo, carinho, e motivação. Ao meu orientador (Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo) por todo conhecimento repassado, colaboração na execução do trabalho, disponibilidade para me ajudar, e conselhos.

Aos grupos de pesquisa, Nutrição de Ruminantes, e Núcleo de Estudo em Forragicultura, do Campus Professora Cinobelina Elvas da Universidade Federal do Piauí, por toda colaboração na realização desse trabalho.

A Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia Tropical por me proporcionar a oportunidade de realizar minha pós-graduação a nível de mestre.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de estudo, a qual viabilizou minha total dedicação ao trabalho de estudo.

A todos aqueles que contribuem para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo com este trabalho foi avaliar a qualidade de silagens de ração em mistura total (RMT) contendo Pornunça (*Manihot. sp*) como fonte de forragem, através, da composição química, características fermentativas e microbiológicas, estabilidade aeróbia e degradabilidade ruminal “*in situ*” (DEG) da matéria seca (MS) e da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN). O delineamento experimental foi o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. Os tratamentos consistiram em quatro silagens de RMT em diferentes relações volumoso: concentrado (V:C) 50:50; 60:40; 70:30; 80:20, e uma silagem constituída de 100% de Pornunça (100:0). Para a avaliação da DEG da MS e FDN, foram utilizados dois ovinos adultos canulados no rúmen para incubação em diferentes tempos (6, 12, 24, 48, 72 e 96 h). Os valores de pH variaram de 4,39 a 4,44 ($P < 0,001$). As concentrações dos ácidos láctico e propiônico foram maiores nas silagens com 50:50 e 60:40. A silagem com relação com 70:30 apresentou maior perda por gases (PG = 132,6 g/kg MS), enquanto a silagem com 50:50 apresentou menor PG (76,8 g/kg MS). As perdas por efluentes (PE) foram maiores nas silagens com 80:20 e 100:0 (23,60 e 25,60 kg/t matéria verde; MV) e menor (5,95 kg/t MV) na silagem com 50:50, fazendo com que esta silagem apresentasse maior recuperação da MS (916,5 g/kg). Aos 90 dias de ensilagem não foi detectada presença de leveduras na silagem com 60:40. As silagens não apresentaram quebra de estabilidade aeróbica após 96 horas de exposição ao ar. A concentração de MS das silagens diminuiu à medida que aumentou a participação da Pornunça, com valores variando de 352,5 a 217,1 g/kg MN para as silagens com 50:50 e 100:0, respectivamente. A concentração de proteína bruta (PB) da silagem com 80:20 (204,3 g/kg MS) foi superior às silagens com 50:50 (183,1 g/kg MS) e 100:0 (185,5 g/kg MS), não diferindo das com 60:40 e 70:30. A silagem 50:50 apresentou maior concentração de carboidratos não fibrosos (477,1 g/kg MS). Dessa forma, a silagem com 50:50 apresentou maior valor de NDT (742,3 g/kg MS), maior fração solúvel (535,8 g/kg MS) e maiores DEG efetivas da MS; resultado inverso foi verificado para a silagem com 100:0. A ensilagem na forma de ração em mistura total contendo Pornunça (*Manihot sp.*) como fonte de forragem proporciona melhorias na qualidade fermentativa e no valor nutritivo comparado a silagem de Pornunça.

Palavras-chaves: degradabilidade ruminal; estabilidade aeróbia; forrageira nativa; perdas fermentativas; semiárido.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the quality of silage feed in total mixture (RMT) containing Pornunça (*Manihot. sp*) as a forage source, through chemical composition, fermentative and microbiological characteristics, aerobic stability and rumen degradability "in situ". (DEG) of dry matter (DM) and neutral detergent insoluble fiber (NDF). The experimental design was a completely randomized design with five replications. Treatments consisted of four silages of RMT in different roughage ratios: concentrate (V:C) 50:50; 60:40; 70:30; 80:20, and a silage consisting of 100% Pornunça (100:0). For the evaluation of the DEG of DM and NDF, two adult sheep cannulated in the rumen for incubation at different times (6, 12, 24, 48, 72 and 96 h) were used. pH values ranged from 4.39 to 4.44 ($P < 0.001$). The concentrations of lactic and propionic acids were higher in silages with 50:50 and 60:40. The silage with a 70:30 ratio showed the highest gas loss (PG = 132.6 g/kg DM), while the silage with a 50:50 ratio showed the lowest PG (76.8 g/kg DM). Effluent losses (EP) were higher in silage with 80:20 and 100:0 (23.60 and 25.60 kg/t green matter; MV) and lower (5.95 kg/t MV) in silage with 50 :50, making this silage present a higher DM recovery (916.5 g/kg). At 90 days of ensiling, the presence of yeasts was not detected in the silage with 60:40. The silages did not show a break in aerobic stability after 96 hours of exposure to air. The DM concentration of silages decreased as the participation of Pornunça increased, with values ranging from 352.5 to 217.1 g/kg MN for silages with 50:50 and 100:0, respectively. Crude protein (CP) concentration of silage with 80:20 (204.3 g/kg DM) was higher than silage with 50:50 (183.1 g/kg DM) and 100:0 (185.5 g/kg DM), not differing from those with 60:40 and 70:30. The 50:50 silage showed the highest concentration of non-fiber carbohydrates (477.1 g/kg DM). Thus, the 50:50 silage showed the highest TDN value (742.3 g/kg DM), the highest soluble fraction (535.8 g/kg DM) and the highest effective DEG of DM; The opposite result was verified for silage with 100:0. Ensiling in the form of a total mixture containing Pornunça (*Manihot sp.*) as a forage source provides improvements in fermentative quality and nutritional value compared to Pornunça silage.

Keywords: ruminal degradability; aerobic stability; native forage; fermentation losses; semiarid.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	10
RESUMO	6
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEORICO.....	13
2.1 Ensilagem de RMT.....	13
2.2 Silagem de RMT.....	14
2.3 Pornunça (<i>Manihot sp.</i>)	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
<i>Localização do experimento</i>	17
<i>Preparo e ensilagem das rações</i>	17
<i>Características fermentativas e perdas na ensilagem</i>	19
<i>Análises microbiológicas</i>	20
<i>Estabilidade aeróbia</i>	21
<i>Degradabilidade ruminal in situ</i>	22
<i>Análises químicas</i>	24
<i>Análises estatísticas</i>	24
4. RESULTADOS	26
<i>Composição química</i>	26
<i>Características fermentativas e perdas na ensilagem</i>	27
<i>Perfil fermentativo</i>	29
<i>População microbiana</i>	31
<i>Estabilidade aeróbia</i>	31
<i>Degradabilidade in situ</i>	34
5. DISCUSSÃO.....	36
<i>Composição química</i>	36
<i>Características fermentativas e perdas na ensilagem</i>	38
<i>Perfil fermentativo</i>	39
<i>População microbiana</i>	40
<i>Estabilidade aeróbia</i>	40
<i>Degradabilidade in situ</i>	41
6. CONCLUSÃO.....	42
7. REFERÊNCIAS	42

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Ingredientes e composição química das rações antes de ensilar (% matéria seca)	16
Tabela 2	Composição química das silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem	25
Tabela 3	Características fermentativas, perdas por gases e efluentes e recuperação da matéria seca de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem	26
Tabela 4	Perfil fermentativo de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem em diferentes períodos de fermentação.	27
Tabela 5	Temperatura (°C) e pH de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem durante 96 horas de exposição ao ar	30
Tabela 6	Parâmetros de degradação de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem	33

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Valores de pH de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem em diferentes períodos de fermentação	28
Figura 2	População microbiana de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem (UFC = unidade formadora de colônia; MN = matéria natural; BAL = bactérias acidoláticas; ENT = enterobactérias; LEV = leveduras; MF = mofo).	29
Figura 3	Efeito do período de exposição ao ar (horas) sob a temperatura (A) e o pH (B) de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem.	31
Figura 4	Temperatura (°C), temperatura ambiente (°C) e temperatura ambiente mais dois graus (°C) de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem, em função da exposição ao ar.	32

1. INTRODUÇÃO

A ensilagem é um método de armazenamento e conservação, que utiliza a fermentação promovida pelos microrganismos anaeróbicos para a manutenção da qualidade nutricional do alimento, produzindo após esse processo a silagem.

A ração em mistura total (RMT) é uma dieta balanceada, composta de uma mistura de ingredientes incluindo forragem e concentrado a qual se destina ao atendimento às exigências de determinada categoria animal (XIE et al., 2020).

A ensilagem na forma de RMT é uma alternativa para armazenamento e conservação de rações, podendo possuir ingredientes que contém como características, alta capacidade tampão, baixos teores de matéria seca (MS) e carboidratos solúveis (CS); pois a complementaridade dos ingredientes através do balanceamento da dieta, possibilita adequar essas características para que ocorra de forma adequada a fermentação (HU et al., 2015). Durante a ensilagem pode ocorrer perdas, e levando em consideração o custo dos ingredientes que compõem a RMT, e o atendimento às exigências nutricionais, torna-se necessário o máximo de conhecimento sobre os ingredientes, o balanceamento e a microbiota ensilada (BUENO et al., 2020).

A Pornunça (*Manihot* sp.) é uma planta forrageira da família das Euforbiáceas, gerada a partir do cruzamento da Mandioca (*Manihot esculenta*) com a Maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*). Por ser uma planta do gênero *Manihot*, a Pornunça possui glicosídeos cianogênicos, que promovem toxidez aos animais, mas mediante o processo de ensilagem, esses compostos são eliminados (AMORIM et al., 2006). Características da Pornunça como estruturas anatômicas que auxiliam no estresse hídrico e elevado teor de carboidratos não fibrosos (CNF), possuem semelhanças com as forrageiras que lhe originaram, mas a Pornunça ainda se destaca pelo teor proteico superior a outras forrageiras adaptadas ao clima semiárido (ALENCAR et al., 2015). Carvalho et al. (2017) encontraram silagem de Pornunça com teor de MS de 32%, CNF de 27,3%, e proteína bruta (PB) de 16,0%.

A utilização da ensilagem de RMT balanceada com ingredientes de disponibilidade local, permite uma evolução no fornecimento de ração para nutrição de animais ruminantes nas diferentes épocas do ano; considerando principalmente, regiões onde ocorre sazonalidade na produção e na qualidade das forragens (DU et al., 2020). É necessário que a aplicação dessa tecnologia seja baseada em conhecimento sobre como ocorre o processo fermentativo da RMT,

considerando as alterações na composição dos ingredientes, nas modificações da microbiota e seus produtos, e conseqüentemente, o efeito desta silagem no desempenho animal.

São escassas as informações sobre a utilização da Pornunça na alimentação e desempenho de animais ruminantes, visto a importância desta forrageira para os sistemas de produção, principalmente em regiões semiáridas, tornando-se necessário, pesquisas quanto ao processo fermentativo, ao desenvolvimento da microbiota, às transformações e perdas de nutrientes durante e após a ensilagem da Pornunça na forma de RMT. Portanto, ensilar Pornunça junto com ingredientes concentrados pode ter potencial efeito sobre a qualidade das silagens.

A hipótese deste trabalho é de que a incorporação de concentrado junto à Pornunça no processo de ensilagem promoverá alterações benéficas sobre o perfil fermentativo, reduzindo as perdas por fermentações indesejáveis, permitindo a preservação do valor nutricional das silagens. Neste contexto, objetivou-se realizar a avaliação da qualidade de diferentes silagens na forma de RMT contendo Pornunça como fonte de forragem através da composição química, características fermentativas e microbiológicas, estabilidade aeróbia e degradabilidade ruminal “*in situ*” (DEG) da matéria seca (MS), e da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN).

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1 Ensilagem de Ração em Mistura Total

A possibilidade de conservação de Ração em Mistura Total (RMT) através da fermentação em ambiente anaeróbico, permitir benéficos como, a utilização de ingredientes que apresentam dificuldade de conservação através da ensilagem, melhora na aceitabilidade de alimentos possibilitando um maior consumo, prolongamento da estabilidade aeróbica o que facilita a comercialização, e melhora na digestibilidade (BUENO et al., 2020). Entretanto, a ensilagem de RMT pode promover modificações na concentração dos nutrientes (HAO et al., 2015; KONDO et al., 2015; WANG et al., 2015), o que prejudica diretamente o atendimento às exigências nutricionais dos animais, sendo necessário para reajuste da dieta em casos de desbalanceamento dos nutrientes, um aumento no custo de produção.

A escolha dos ingredientes para o balanceamento da RMT a ser ensilada, requer observações com relação ao efeito que a junção dos ingredientes vai promover no desenvolvimento da microbiota, e conseqüentemente na produção dos ácidos necessários a redução do pH e manutenção da estabilidade (CHEN et al., 2014; GUSMÃO et al., 2017).

A adição de concentrado, minerais, vitaminas e aditivos pode ser realizada no balanceamento da RMT, com isso é esperado em silagens de RMT, um teor de MS maior que de uma silagem contendo um único alimento volumoso, sendo comum silagens de RMT com teores de MS variando de 35% a 65% de MS, que desenvolveram adequada fermentação (WEINBERG et al., 2011; CHEN et al., 2014; HAO et al., 2015). Maior concentração de CS também é possível de se atingir com adição de concentrado na ração, podendo assim acelerar a redução do pH para uma faixa ótima. Conforme Gusmão et al. (2018) ingredientes proteicos são necessário para o balanceamento da dieta, mas esses ingredientes podem aumentar a capacidade de tamponamento da silagem devido a concentração de compostos nitrogenados.

Os microrganismos presentes em uma silagem de RMT também é algo que pode ser modificado com o balanceamento, tanto pela quantidade de substrato fornecido, como também pelas diferentes populações de microrganismos benéficos presentes em cada ingrediente. A ensilagem de RMT permiti se adicionar como ingrediente silagens, as quais já possuem uma quantidade de bactérias do ácido lático (BAL) significativas, além de ácidos que podem auxiliar na velocidade de redução do pH (GUSMÃO et al., 2017; BUENO et al., 2020). O processo de

secagem dos grãos, pode promover redução na quantidade e na atividade dos microrganismos contido nesses ingredientes, podendo assim contribuir para menor desenvolvimento da microbiota em silagem de RMT contendo concentrados como ingredientes (HAO et al., 2020).

Além desses fatores, a temperatura e o tempo de armazenamento influenciam na qualidade do processo fermentativo, principalmente com relação a temperatura ótima para o desenvolvimento microbiano, e tempo necessário para promover efeitos significativos na estabilidade e na digestibilidade (WANG et al., 2013; KONDO et al., 2015; WANG et al., 2016).

2.2 Silagem de Ração em Mistura Total

A dominância de BAL, e ácido lático com principal produto da fermentação, são características de silagens bem conservadas, tendo como custo redução dos CS (WANG et al., 2016). Silagens de RMT apresentam com frequência concentração de ácido lático próximo de 8% (BUENO et al., 2020), que pode ser reflexo da composição química da RMT e, também, em alguns casos, de maior resistência na redução do pH devido a substâncias tamponantes presente na ensilagem (GUSMÃO et al., 2017).

De acordo com o processo de ensilagem, os microrganismos podem necessitar de outras fontes de nutrientes, além dos CS, o que conseqüentemente, promove redução na concentração desses nutrientes na silagem. Com relação a variações no teor de MS (35 a 65%), algumas RMT com menores teores (< 51%) têm apresentado redução no teor de FDN (4 a 3%) durante a ensilagem (WEINBERG et al., 2011; WANG et al., 2016), resultado que não tem sido encontrado em RMT com maiores teores de MS (WEINBERG et al., 2011; KONDO et al., 2015), o que demonstra que ensilar RMT com alto teor de MS, favorece a eficiência no controle da redução da fibra durante a ensilagem.

A concentração da proteína presente na ensilagem, pode passar por transformações devido a proteólise realizada pelas proteases vegetais e microbianas, e dependendo da intensidade dessa degradação, pode ocorrer perda de nitrogênio (HYMES et al., 2013; LI et al., 2021). É compreendido que a quantidade, e a fonte do nitrogênio presente nos ingredientes, utilizados na ensilagem, além de fatores como pH, umidade, temperatura, e tempo de armazenamento, influenciam diretamente na intensidade da proteólise (BUENO et al., 2020). Referente a ensilagem de grãos (milho, sorgo) a proteólise favorece a digestibilidade do amido, através da quebra das prolaminas, o que pode resultar em maior fornecimento de energia para o

desenvolvimento dos microrganismos ruminais (HOFFMAN et al., 2011). Silagens de RMT composta por concentrado a base de grãos de milho ou sorgo, se espera melhora na digestibilidade em relação a RMT antes da ensilagem, principalmente com relação ao amido (HOFFMAN et al., 2011; BUENO et al., 2020).

A modificação no fracionamento da proteína durante a ensilagem de RMT, pode promover alterações no atendimento das exigências nutricionais dos animais, com relação a proteína degradada no rúmen (HAO et al., 2015; KONDO et al., 2015; BUENO et al., 2020). Em silagens de RMT variando o teor de umidade (40, 45 e 50%), Hao et al. (2015) verificaram maior concentração de nitrogênio não-proteico, aminoácidos livres e nitrogênio amoniacal nas silagens com maior teor de umidade, sem resultar em diferenças na concentração de nitrogênio total. Aumento na solubilidade da proteína também foi encontrada em silagens de RMT, com prolongamento no tempo de armazenagem (30 a 90 dias), e com aumento na temperatura de ensilagem (15° para 30°) (KONDO et al., 2015).

De modo geral, variações nas concentrações dos nutrientes durante a ensilagem de RMT são esperadas, só que em proporções menores em relação a outras silagens contendo apenas volumosos; podendo em alguns casos apresentar leve aumento na concentração de alguns nutrientes (matéria mineral, PB, FDA; com base na MS), devido ao consumo de CS (BUENO et al., 2020).

Após o preparo da silagem de RMT, o produtor reduz a necessidade de maquinários e mão de obra especializada, podendo otimizar o tempo necessário para o fornecimento da ração, facilitando dessa forma a viabilidade para pequenos produtores fornecerem uma ração balanceadas para os animais (GUSMÃO et al., 2018; RESTELATTO et al., 2019).

2.3 Pornunça

A Pornunça (*Manihot* sp.) é uma planta forrageira nativa da região semiárida, possuindo assim características que auxiliam sua adaptação a essa região. Segundo Alencar et al. (2015) suas raízes tuberosas, que são características das plantas do gênero *Manihot*, possuem capacidade de armazenar quantidade expressiva de amido e água, o que favorece seu desenvolvimento no período seco, além de suas folhas possuírem adaptações ao estresse hídrico. Carvalho et al. (2017) afirmaram que a vegetação nativa em regiões de clima seco e com

escassez hídrica é de fundamental importância para nutrição dos ruminantes, mas essa vegetação não apresenta nutrientes em quantidade e qualidade para atender as exigências nutricionais dos rebanhos.

A Pornunça se destaca dentre outras forrageiras adaptadas às condições semiáridas, pela sua produtividade, teor de CNF e PB (SILVA et al., 2009; ALENCAR et al., 2015; CARVALHO et al., 2017; CAMPOS et al., 2019). Com densidade de 5000 plantas/ha, realizando dois cortes anuais no terceiro ano do plantio da Pornunça, Silva et al.(2009) obtiveram produtividade de 27,17 ton/ha de matéria natural. Assim como outras forrageiras, a composição química da Pornunça pode apresentar variações a partir de mudanças nos tratos culturais e condições climáticas.

Alencar et al. (2015) avaliando a influência da adubação orgânica e de cortes sobre a composição química e digestibilidade “*in vitro*” da MS da Pornunça, verificaram que o tipo de adubação (esterco bovino ou ovino) não alterou a composição química, que pode estar associada à semelhança que foi verificada entre os tipos de adubos e a pouca quantidade utilizada; já com relação aos cortes, obtiveram influência na composição química, apresentando variações nos teores de MS (25,0 a 31,2%), PB (11,6 a 20,3%), e CNF (27,4 a 32,0%), tendo essas variações associação ao período seco e chuvoso em que cada corte foi realizado.

Considerando o teor de CNF, a Pornunça apresenta característica para ser conservada pelo processo fermentativo, mas como é possível verificar na literatura (ALENCAR et al., 2015; VOLTOLINI et al., 2019), os teores de MS podem ser um problema, levando em consideração a variação de 28 a 40% recomendado para silagem composta por único ingrediente (JOBIM et al., 2007).

Alguns trabalhos foram realizados utilizando a Pornunça e outras forrageiras em dietas para cordeiros em confinamento. Carvalho et al. (2017) comparando silagens de Erva-sal (*Atriplex nummularia* Lindl), Capim-Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq)) e Pornunça (*Manihot* sp.) em dietas para cordeiros terminados em confinamento, obtiveram maior consumo de CNF e PB para a dieta contendo silagem de Pornunça, em relação as dietas contendo silagem de Gliricídia e Capim-Buffel, mas ao se comparar a digestibilidade da PB, a dieta contendo silagem de Pornunça não diferiu das dietas contendo silagem de

Gliricídia e Capim-Buffel, apresentando ainda menor digestibilidade que a dieta contendo silagem de Erva-sal, resultado que os autores relacionaram ao teor proteico ligado a fibra.

Campos et al. (2017) comparando essas mesmas silagens, sobre a qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento, obtiveram maiores valores de maciez, e menor teor de proteína na carne de cordeiros alimentados com dietas contendo silagem de Pornunça, associando esse último resultado, ao menor coeficiente de digestibilidade do nutriente. Campos et al. (2019) ressaltam a importância de se investigar o potencial de silagens de plantas forrageiras adaptadas ao semiárido, destacando que o potencial produtivo e nutritivo dessas forrageiras pode contribuir para o aumento da produção de carne ovina.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Localização do experimento

O experimento foi conduzido no Campus Professora Cinobelina Elvas da Universidade Federal do Piauí (CPCE-UFPI), Bom Jesus-PI, a 9°4'28" de latitude Sul e 44°21'31" de longitude Oeste, com altitude de 277 metros. A região apresenta chuvas de verão e inverno seco sendo classificada como Aw, segundo a classificação de Köppen de 1936, descrita por Alvares et al. (2013), com temperatura mínima de 18 °C e máxima de 36 °C, e precipitação média anual de 900 mm. Todos os procedimentos usando animais foram realizados após a aprovação do Comitê de Ética da Universidade Federal do Piauí (CEUA/UFPI) sob o protocolo nº. 394/17.

Preparo e ensilagem das rações

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com cinco repetições e cinco tratamentos, sendo estes: quatro silagens de RMT em diferentes relações volumoso: concentrado (50:50; 60:40; 70:30; 80:20) e uma silagem constituída de 100% de Pornunça (100:0). O concentrado utilizado foi a base de milho moído e farelo de soja; e as rações foram formuladas para atender as exigências nutricionais de cordeiros com 30 kg de peso corporal com ganho de peso diário de 200 g (NRC, 2007), e serem isoproteicas. Os ingredientes usados e a composição química das rações previamente planejados encontram-se na Tabela 1.

A Pornunça foi cultivada em área pertencente ao CPCE-UFPI e, após 12 meses do plantio, foi realizado o corte (aproximadamente 30 cm de altura) da parte aérea das plantas (folhas e os caules mais tenros) para confecção das silagens. A forragem foi picada em picadeira estacionária (Modelo Gtm -2001sb Garthen), em tamanho médio de partículas de 2,0 cm, em seguida uma parte foi misturada aos ingredientes do concentrado de forma manual para preparo das RMT (50:50; 60:40; 70:30; 80:20), e a outra parte foi utilizada para confeccionar a silagem constituída de 100% de Pornunça (100:0).

Após esse processo, as RMT e a Pornunça foram ensiladas em silos experimentais com dimensões de 10 cm de diâmetro × 40 cm de altura, feitos de policloreto de vinila (PVC) e selados hermeticamente, equipados com válvula tipo “bunsen” para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação. No fundo de cada silo experimental foi depositado areia (500 g), separados da forragem por uma camada de tecido-não-tecido (TNT), para medir a quantidade de efluentes produzidos. O material ensilado foi compactados por camadas, manualmente, com auxílio de um bastão de madeira, visando densidade de 600 kg/m³ (613 ± 51 kg/m³). Após a compactação, os silos foram pesados, vedados com tampa plástica e envoltos por fita adesiva, em seguida, armazenados em local seco, ao abrigo do sol e mantidos em temperatura ambiente até o momento da abertura.

Tabela 1 – Ingredientes e composição química das rações antes de ensilar (% matéria seca)

Item	Pornunça	Milho moído	Farelo de soja
<i>Composição química (g/kg MS)</i>			
Matéria seca (g/kg MN)	243,8	845,0	849,6
Matéria mineral	71,0	13,5	67,3
Proteína bruta	168,3	95,0	529,5
PIDN (g/kg PB)	264,5	139,0	115,4
PIDA (g/kg PB)	95,6	35,8	35,6
Extrato etéreo	25,4	37,6	26,4
Fibra em detergente neutro	485,7	130,7	159,2
Fibra em detergente ácido	368,7	49,2	91,3
Carboidratos totais	735,3	853,9	376,8
Carboidratos não fibrosos	249,6	723,2	217,6
Lignina em detergente ácido	106,9	14,0	15,6
Celulose	261,8	35,2	75,7
Hemicelulose	117,0	81,5	67,9
Relação volumoso: concentrado (%MS)			

	50:50	60:40	70:30	80:20	100:0
<i>Proporção dos ingredientes (g/kg MS)</i>					
Pornunça	500,0	600,0	700,0	800,0	1000
Milho moído	416,0	333,0	250,0	167,0	-
Farelo de soja	84,0	67,0	50,0	33,0	-
<i>Composição química (g/kg MS)</i>					
Matéria seca (g/kg MN)	378,5	340,8	310,0	284,3	243,8
Matéria mineral	46,7	51,6	56,4	61,3	71,0
Proteína bruta	168,2	168,1	168,1	168,0	168,3
PIDN (%PB)	199,8	212,7	225,6	238,6	264,5
PIDA (%PB)	65,7	71,7	77,6	83,6	95,6
Extrato etéreo	30,6	29,5	28,5	27,4	25,4
Fibra em detergente neutro	310,6	345,6	380,6	415,6	485,7
Fibra em detergente ácido	212,5	243,7	275,0	306,2	368,7
Carboidratos totais	754,5	750,7	747,0	743,2	735,3
Carboidratos não fibrosos	443,9	405,1	366,4	327,6	249,6
Lignina em detergente ácido	60,6	69,8	79,1	88,4	106,9
Celulose	151,9	173,9	195,8	217,8	261,8
Hemicelulose	98,1	101,8	105,7	109,4	117,0

MS = matéria seca; MN = matéria natural; PB = proteína bruta; PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido.

Características fermentativas e perdas na ensilagem

Para as análises do perfil fermentativo foram utilizados 75 silos experimentais. Destes, 15 silos foram abertos após 1, 15, 30, 60 e 90 dias do fechamento do silo. A determinação do pH foi realizada em uma amostra de 25 g de silagem em duplicata, a qual foi diluída em 100 mL de água destilada, onde permaneceu em repouso durante 2 horas, conforme metodologia preconizada por Bolsen et al. (1992). Para determinar o teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) das amostras, foi adotado a metodologia descrita também por Bolsen et al. (1992). Já a avaliação da capacidade tampão foi realizada de acordo com Mizubuti (2009).

Para a determinação das concentrações de ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico e butírico), foi pesado 10g de cada silagem em triplicata, adicionou-se 90 ml de água destilada, homogeneizando em um liquidificador durante 1 min e depois se filtrou em filtro de seringa PVDF, poro 0,22 µm. Posteriormente, foi retirada uma amostra de 10 ml do filtrado, que foram colocados em tubos a serem centrifugados e adicionado 1,0 mL de ácido metafosfórico e duas gotas do ácido sulfúrico 50% e a solução formada foi centrifugada durante 15 minutos a 13,000 × g. Após este processo, o sobrenadante foi coletado em tubos eppendorf, congelados para determinação de concentrações de ácidos orgânicos usando técnica da cromatografia líquida de

alto de alta performance (HPLC; SHIMADZU, SPD-10A VP) (SIEGFRIED et al., 1984). O aparelho de HPLC foi equipado com um Detector UltraVioleta usando uma coluna Aminex HPX-87H (BIO-RAD, CA, EUA) com a fase móvel contendo ácido sulfúrico 0,005 M, uma taxa de fluxo de 0,6 ml / min e comprimento de ondas: 210 nm. As análises foram realizadas nos Laboratório de Nutrição Animal e Solos do CPCE-UFPI.

As perdas por gases (PG), perdas por efluentes (PE) e recuperação de matéria seca (RMS) foram determinadas nos silos abertos aos 90 dias de fermentação. Para tanto, as perdas ocorridas no processo de fermentação foram quantificadas por diferença entre peso do material colocado em casa silo na ensilagem e o peso das silagens ao final no momento da abertura, adotando a equação proposta por Jobim et al. (2007):

$$PG (\% \text{ da MS}) = [(PsChf - PsCha) / (MVFE \times MSFE)] \times 100$$

Em que: PG = perdas por gases; PsChf = peso do silo cheio no fechamento da ensilagem (kg); PsCha = peso do silo cheio na abertura (kg); MVFE = matéria verde da forragem ensilada (kg); MSFE = matéria seca da forragem ensilada (%).

A produção de efluente foi calculada, com base na diferença de peso da areia colocada no fundo do silo por ocasião do fechamento e abertura dos silos, segundo a equação:

$$PE (\text{kg/t de MV}) = [(PVf - Ts) - (PVi - Ts)] / MFi \times 100$$

Em que: PE = perdas por efluente; PVf = peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg); Ts = tara do silo; PVi = peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg); MFi = massa de forragem no fechamento (kg).

Para estimar a recuperação de MS, foi adotado a equação:

$$RMS (\%) = (MFf \times MSf) / (MFi \times MSi) \times 100$$

Em que: RMS = taxa de recuperação de matéria seca (%); MFf = massa de forragem na abertura (kg); MSf = teor de matéria seca da forragem na abertura (% MS); MFi = massa de forragem no fechamento (kg); MSi = teor de matéria seca da forragem no fechamento (% MS).

Análises microbiológicas

Foram realizadas amostragens das silagens oriundas de cada tratamento para a contagem populacional de leveduras (LEV), mofos (MF), enterobactérias (ENT) e bactérias ácido lácticas (BAL). A avaliação microbiológica foi realizada de acordo com as recomendações de Gonzáles

e Rodrigues (2003), coletando 25 g de amostra fresca de silagens extraídas de acordo com o período predefinido. Alíquotas de 225 mL de água destilada foram adicionadas e processadas em um liquidificador durante aproximadamente um minuto. Um mililitro (1 mL) da mistura foi removido e depois pipetado na diluição apropriada (10^{-1} a 10^{-9}). As diluições foram realizadas em duplicata para cada meio de crescimento. As populações microbianas foram quantificadas usando o meio de crescimento seletivo para cada grupo microbiano listado, como segue: Agar Rogosa (Difco™), para enumeração das BAL; Brilliant Green Agar (Difco™) para enumeração de ENT e Batata Dextrose Agar para contagem de MF e LEV após incubação por 3-7 dias à temperatura ambiente.

Estabilidade aeróbia

A estabilidade aeróbia foi avaliada nas silagens após 90 dias de fermentação. Os parâmetros para avaliação da estabilidade aeróbia constituíram-se no aumento em 2 °C da temperatura da silagem em relação ao ambiente após a abertura dos silos expostas ao ar durante 96 horas (MORAN et al., 1996).

Os silos foram abertos desprezando-se a camada superficial e misturando-se o conteúdo ensilado de cada tratamento em recipiente plástico que permitiu uma boa homogeneização e descompactação do material, o que favoreceu a penetração de ar. Após esse procedimento, amostras de silagem foram transferidas para uma sala climatizada a $24,94 \pm 0,01$ °C, com umidade relativa média de $65,70 \pm 8,80\%$. A temperatura do ambiente foi controlada pelo termostato do aparelho de ar-condicionado e aferida por termômetros distribuídos na sala. As amostras foram revolvidas para maior penetração de ar na massa de silagem. As temperaturas das silagens foram obtidas a cada hora, com o uso de termômetro digital (INCOTERM®) inserido a 10 cm no centro da massa de silagem conforme proposto por Kung Júnior et al. (2003) e Bernardes et al. (2007). Da mesma amostra foram retiradas, com intervalos de 8 horas (três amostras por dia), durante quatro dias de exposição ao ar, aproximadamente 50 g da massa para determinação dos valores de pH, segundo as metodologias descritas por Jobim et al. (2007).

Degradabilidade ruminal in situ

Para a avaliação da degradabilidade ruminal “*in situ*”, as amostras compostas foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 h e, posteriormente, moídas em moinho tipo Willey (peneira 2 mm). Foram confeccionados sacos de TNT (100 g/cm²) de dimensões 4 × 5 cm, conforme recomendação de Valente et al. (2011). Após a pesagem das amostras de silagem foram colocadas nos sacos, respeitando a relação de 20 mg de MS/cm² de saco (NOCEK, 1988). Os sacos foram selados e devidamente identificados e colocados em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 24 h, pesados e colocados em sacolas de filó, com um pequeno peso e amarrado uma linha de náilon fixada na cânula.

Foram utilizados dois ovinos adultos, da raça Santa Inês, com peso corporal médio de 45 kg, com fístula permanente no rúmen, os quais foram alojados em baias individuais (1,10 × 2,10 m). Os animais foram submetidos a um período de adaptação por 14 dias, período em que foi fornecido volumosos e ração concentrada a base de milho e soja na proporção de 60:40, duas vezes ao dia e água à vontade. Os tempos de incubação foram de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 h. Os sacos foram colocados em ordem inversa, com cinco repetições por tempo em cada animal, e removidos todos de uma vez.

Depois de retirados do rúmen, os sacos foram imediatamente imersos em baldes contendo água e gelo visando à paralisação da atividade microbiana. Posteriormente, foram lavados em água corrente até que a água ficasse límpida. Após a lavagem, os sacos foram secos em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e, posteriormente, pesados para determinação do desaparecimento da MS e da FDN. Foi realizada a moagem dos resíduos de incubação em moinho com peneira de 1 mm para posterior determinação da MS e FDN.

Para estimativa da fração solúvel “A” (Tempo 0) da MS, os sacos foram lavados em água corrente, sem prévia incubação no rúmen juntamente com os demais sacos. Os desaparecimentos da MS e FDN foram calculados pela diferença de pesagens dos sacos antes e após a incubação, com base na MS. Os dados do desaparecimento da MS foram ajustados para regressão não linear pelo método de Gauss-Newton, conforme a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979):

$$DP (\%) = A + B \times (1 - e^{-ct}),$$

Em que DP = degradação potencial (%); A = fração solúvel; B = fração potencialmente solúvel; c = taxa de degradação da fração B (%/h); t = tempo de incubação (h). A fração considerada não degradável (ID) foi calculada como: $ID = 100 - (A+B)$. A fração degradável foi considerada como sendo A + B.

Depois de calculados, os coeficientes A, B e c foram aplicados à equação proposta por Ørskov e McDonald (1979) para calcular a degradabilidade efetiva (DE). As degradabilidades efetivas (DE) foram calculadas considerando-se a taxa de passagem no rúmen (*kp*), utilizando-se os valores sugeridos pelo AFRC (1993) de 2, 5 e 8%/hora para os níveis de consumo baixo, médio e alto, respectivamente.

$$DE (\%) = A + [(B \times c) / (c + kp)],$$

A degradabilidade da FDN foi estimada utilizando-se o modelo de Mertens e Lofton (1980):

$$Rt (\%) = B \times (1 - e^{-ct}) + I,$$

Em que Rt = fração degradada no tempo t; B = fração insolúvel potencialmente degradável e I = fração indigestível. Após os ajustes da equação de degradação da FDN, procedeu-se à padronização de frações, conforme proposto por Waldo et al. (1972), utilizando-se as equações:

$$BP (\%) = B/(B+I) \times 100;$$

$$IP (\%) = I / (B+I) \times 100,$$

Em que: BP = fração potencialmente degradável padronizada (%); IP = fração indigestível padronizada (%); B = fração insolúvel potencialmente degradável e I = fração indigestível.

No cálculo da DE da FDN, utilizou-se o modelo:

$$DE (\%) = (BP \times c) / (c + kp),$$

Em que BP é a fração potencialmente degradável (%) padronizada.

Após os dados serem ajustados e utilizando-se o valor de desaparecimento obtido no tempo zero de degradação (A), foi estimado o tempo de colonização (*lag time*) para a MS e FDN, segundo Goes et al. (2010):

$$Lag\ time = [-\ln(A' - A - B) / c],$$

Em que os parâmetros A, B, e c foram estimados pelo algoritmo de Gaus Newton.

Análises químicas

As amostras coletadas no momento da ensilagem e após a abertura dos silos (aproximadamente 300 g) foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas a -20 °C. Ao final do experimento, as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. As amostras pré-secas foram trituradas em moinho de faca tipo *Willey*, com peneira de malha de 1,0 mm, acondicionadas em recipientes plásticos fechados, para posterior realização das análises químicas realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do CPCE/UFPI.

Foram determinados os teores de matéria seca (MS) (Método: 930.15), proteína bruta (PB) (Método: 981.10), matéria mineral (MM) (Método: 942.05), extrato etéreo (EE) (Método: 920.29), de acordo com AOAC, (1990). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram analisadas segundo Van Soest et al. (1991), utilizando-se sacos de tecido-não-tecido (TNT – 100 g/m²). Para as análises de FDN foram utilizadas amilase e não foi utilizado o sulfito de sódio. Tanto a FDN como a FDA não foram corrigidas para cinzas e proteína. O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados nos resíduos da FDN e FDA, respectivamente, conforme metodologia descrita por Sniffen et al. (1992).

Os carboidratos totais (CT) foram obtidos pela equação: $100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ e os carboidratos não fibrosos (CNF), pela diferença entre CHOT e FDN, propostas por Sniffen et al. (1992). A porcentagem dos nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado de acordo com a equação descrita por Undersander et al. (1993): $NDT (\%MS) = 88,9 - [\%FDA (\%MS) \times 0,779]$.

Análises estatísticas

Todos os dados foram analisados usando modelos mistos através do procedimento MIXED do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os resíduos foram plotados contra os valores preditos e foram usados para verificar os pressupostos do modelo de homocedasticidade, independência e normalidade dos erros. Um dado foi considerado um *outlier* e removido do banco de dados quando o resíduo estudentizado estiveram fora do intervalo de $\pm 2,5$.

As médias foram obtidas pelo comando LSMEANS e comparadas pelo teste ajustado de Tukey e diferenças significativas foram declaradas quando $P < 0,05$, utilizando o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + e_{ij},$$

Em que: Y_{ij} = variável dependente; μ = média geral; S_i = efeito fixo do tipo de silagem ($S = 1...5$); e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Para o perfil fermentativo, adotou-se o arranjo fatorial 5×5 , sendo cinco silagens e cinco períodos (dias) de avaliação. Quando a interação foi significativa foi realizado o desdobramento dos graus de liberdade (opção SLICE). Os efeitos do período fermentativo sobre o pH foram avaliados usando contrastes ortogonais para determinar os efeitos linear ou quadrático. Os contrastes foram significativos quando $P \leq 0,05$. Já o efeito das diferentes rações (V:C) sobre o pH foi comparado pelo teste ajustado de Tukey e diferenças significativas foram declaradas quando $P < 0,05$.

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + P_j + (S_i P_j) + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} = parâmetro analisado da silagem i ; j Período e k repetição; μ = média geral; S_i = efeito fixo de silagem ($S = 1...5$); P_j = efeito fixo do período fermentativo ($P = 1...90$ dias); $S_i P_j$ = efeito fixo da interação Silagem \times Período fermentativo; e_{ijk} = efeito aleatório do erro residual.

Para os dados da estabilidade aeróbia, foi adotado o arranjo fatorial 5×4 , sendo cinco tratamentos (silagens) e quatro dias de exposição ao ar. Quando as interações foram significativas foi realizado o desdobramento dos graus de liberdade (opção SLICE). A temperatura e o pH foram avaliados também em função das horas de exposição ao ar, sendo as horas consideradas como medida repetida no tempo (opção REPEATED), considerando o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + H_j + (S_i H_j) + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} = parâmetro analisado da silagem i , j hora e k repetição; μ = média geral; S_i = efeito do fixo do tipo de silagem ($S_i = 1...5$); H_j = efeito fixo das horas de exposição aeróbia ($H = 24...96$); $S_i H_j$ = efeito fixo da interação $S \times$ horas de exposição aeróbia; e_{ijk} = efeito aleatório do erro residual.

As médias foram obtidas pelo comando LSMEANS e comparadas pelo teste ajustado de Tukey ($P < 0,05$). Os dados das populações microbianos (BAL, LEV, ENT e MF) foram

analisados de forma descritiva, apresentados em unidades logarítmicas e expostos como gráficos.

Os dados utilizados (observados) para estimativa dos parâmetros de degradação ruminal foram analisados pelo método iterativo, utilizando-se o procedimento NLIN do SAS para modelos não lineares. O tempo de incubação foi usado como medidas repetidas no tempo (opção REPEATED). Os dados de desaparecimento da MS e da FDN das diferentes silagens foram submetidos à análise de variância, com comparação de médias pelo teste ajustado de Tukey ($P < 0,05$).

4. RESULTADOS

Composição química

A concentração de MS diminuiu à medida que aumentou a participação da Pornunça nas silagens, com valores variando de 35,25 a 21,71% para as silagens com 50:50 e 100:0 de V:C, respectivamente. (Tabela 2). As silagens com relação de 100:0, 80:20 apresentaram as maiores concentrações de matéria mineral (MM; $P < 0,0001$), já as silagens 50:50 e 60:40 demonstraram menores concentrações ($P < 0,001$; Tabela 2).

Quanto ao teor de PB, a silagem com 80:20 foi superior às silagens com 50:50 e 100:0 ($P < 0,001$), no entanto, não deferindo das demais. A fração PIDN diferiu ($P < 0,001$) entre as silagens, sendo superior na silagem com 100:0 e menor para a silagem com 50:50. Já para a fração PIDA, a silagem com 100:0 foi superior em relação às silagens com 50:50, 60:40 e 70:30 (Tabela 2).

A silagem com 100:0 foi a que apresentou menor concentração de EE ($P < 0,001$), enquanto as demais não diferiam entre si ($P > 0,05$). As silagens com maiores quantidades de Pornunça apresentaram as maiores concentrações de FDN e FDA, apresentando valores variando de 27,18 a 48,34% de FDN e 18,83 e 37,46% de FDA, respectivamente, para as silagens com 50:50 e 100:0. Para o conteúdo de celulose e lignina a silagem com 100:0 foi superior a todas as outras silagens ($P < 0,001$), enquanto para a hemicelulose ela foi superior ($P < 0,01$) apenas nas silagens com 50:50 e 60:40. As silagens com 50:50 e 60:40 apresentaram as menores ($P < 0,001$) concentrações de celulose e lignina (Tabela 2).

Para os CHOT o maior valor foi verificado na silagem com 50:50 e o menor na silagem 80:20 ($P < 0,001$; Tabela 2). Foi também encontrado maior concentração de CNF na silagem com 50:50, já a menor concentração foi verificada na silagem com 100:0 ($P < 0,0001$). Os teores de NDT apresentaram redução com o acréscimo de Pornunça nas silagens ($P < 0,0001$), variando de 73,50 a 59,21%, para as silagens com 50:50 e 100:0, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição química das silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem

Item (g/kg MS)	Relação volumoso: concentrado (%MS)					EPM	P-valor
	50:50	60:40	70:30	80:20	100:0		
Matéria seca (g/kg MN)	352,5a	306,2b	270,8c	262,1c	217,1d	0,45	<0,0001
Matéria mineral	32,1c	35,2c	61,2b	68,4ab	76,2a	0,23	<0,0001
Proteína Bruta	183,1b	195,3ab	196,9ab	204,3a	185,5b	0,34	<0,0001
PIDN (g/kg PB)	195,0e	251,4d	296,5c	328,8b	377,5a	0,78	<0,0001
PIDA (g/kg PB)	57,5d	74,0cd	88,7bc	107,6ab	132,4a	0,70	<0,0001
Extrato etéreo	35,9a	36,0a	38,9a	35,9a	22,3b	0,20	<0,0001
FDN	271,8d	298,0c	365,2b	380,5b	483,4a	0,75	<0,0001
FDA	188,3e	209,7d	264,9c	288,6b	374,6a	0,50	<0,0001
CHOT	748,9a	733,5ab	703,0cd	691,4d	715,9bc	0,53	<0,0001
CNF	477,1a	435,6b	337,8c	310,8c	232,5d	0,84	<0,0001
Celulose	145,2c	158,9c	205,1b	221,1b	289,8a	0,51	<0,0001
Hemicelulose	83,5b	88,3b	100,1ab	91,9ab	108,8a	0,48	0,01
LDA	43,0c	50,7c	59,8b	67,6b	84,8a	0,19	<0,0001
NDT	742,3a	725,6b	682,6c	664,1d	597,1e	0,38	<0,0001

EPM = erro padrão da média; MS = matéria seca; MN = matéria natural; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; CHOT = LDA = lignina em detergente ácido; médias com letras distintas na linha diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Características fermentativas e perdas na ensilagem

Os valores de pH foram superiores ($P=0,001$) nas silagens com 50:50, 60:40 e 70:30 quando comparadas às silagens com 80:20 100:0, as quais não diferiram (Tabela 3). Para as

concentrações de N-NH₃, não foram verificadas diferenças significativas (P=0,25) entre as silagens, com média de 4,57% do nitrogênio total (Tabela 3).

Tabela 3 - Características fermentativas, perdas por gases e efluentes e recuperação da matéria seca de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem

Item (g/kg MS)	Relação volumoso: concentrado (%MS)					EPM	P-valor
	50:50	60:40	70:30	80:20	100:0		
pH	4,43a	4,44a	4,42a	4,41b	4,39b	0,008	0,001
N-NH ₃ (g/kg NT)	49,2	49,5	49,4	30,9	49,5	0,68	0,25
Ácido láctico (g/kg MS)	16,8a	17,2a	14,6b	14,0b	13,6b	0,03	<0,0001
Ácido propiônico (g/kg MS)	2,2a	2,2a	1,8b	1,9b	0,8c	0,01	<0,0001
Ácido butírico (g/kg MS)	2,0ab	1,9ab	2,1a	2,2a	1,7b	0,01	0,02
Ácido acético (g/kg MS)	4,7a	4,7a	4,3ab	3,9b	2,6c	0,02	<0,0001
CT (E.mg NaOH/100g MS)	46,43b	57,69a	63,27a	59,07a	56,04a	2,00	0,0005
Perdas por gases (g/kg MS)	76,8e	105,4c	132,6a	83,3d	113,7b	0,04	<0,0001
Perdas por efluentes (kg/t MV)	5,95c	10,00b	10,55b	23,60a	25,60a	1,64	<0,0001
Recuperação da MS (g/kg)	916,5a	884,5c	858,0e	904,6b	872,6d	0,27	<0,0001

EPM = erro padrão da média; MS = matéria seca; N-NH₃ = nitrogênio amoniacal; NT = nitrogênio total; CT = capacidade tampão; t = toneladas; MV = matéria verde. Médias com letras distintas na linha diferem entre si pelo teste Tukey (P < 0,05).

As concentrações dos ácidos láctico e propiônico foram superiores (P<0,001) nas silagens com 50:50 e 60:40, sendo verificado menores valores para ácido láctico nas silagens com 70:30, 80:20 e 100:0, já para o ácido propiônico a menor concentração foi verificada na silagem com 100:0 (Tabela 3). Para a concentração do ácido butírico houve diferença apenas entre a silagem com 100:0 em comparação com as silagens 70:30, e 80:20, apresentando essas últimas as maiores concentração (Tabela 3). Já para o ácido acético as maiores concentrações foram obtidas nas silagens com 50:50 e 60:40, e a menor concentração na silagem constituída exclusivamente por Pornunça (100:0).

Para a capacidade tampão (CT) das silagens foi verificada diferença (P=0,0005) apenas na silagem com 50:50, que apresentou o menor valor (P=0,0005) comparada às demais silagens (Tabela 3).

Em relação às perdas fermentativas, a silagem com 50:50 apresentou a menor PG (7,68%), enquanto a silagem com 70:30 apresentou a maior PG (13,26%). As PE foram menores nas silagens com 50:50 (5,95 kg/t MV) e maiores ($P<0,0001$) nas silagens com 80:20 (23,60 kg/t MV) e 100:0 (25,60 kg/t MV). Com as menores perdas, a maior RMS ($P<0,0001$) foi verificado na silagem com 50:50 (91,65%), já a menor recuperação foi encontrada na silagem com 70:30 (85,80%; Tabela 3).

Perfil fermentativo

Verificou-se interação entre a relação V:C e o período de fermentação para o pH ($P<0,0001$; Tabela 4). Para todas as silagens, os maiores valores de pH foram observados após um dia de fermentação, sendo a silagem com 50:50 a que apresentou maior valor (4,82), já os menores valores foram observados nas silagens com 70:30 (4,66) e 80:20 (4,63). Após 15, 30 e 60 dias de fermentação, a silagem com 100:0 foi a que apresentou os menores valores de pH com 4,36, 4,32 e 4,35, respectivamente. Aos 90 dias de fermentação o pH das silagens com 100:0 foi menor que as silagens com 50:50 e 60:40.

Tabela 4- Perfil fermentativo de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem em diferentes períodos de fermentação.

Dia (D)	Relação volumoso: concentrado (%MS)					Média	EPM	P-valor		
	50:50	60:40	70:30	80:20	100:0			V:C	D	V:C×D
	pH									
1	4,82 Aa	4,72 Ac	4,66 Ad	4,63 Ad	4,76 Ab	4,72				
15	4,45 Ba	4,45 Ba	4,44 Ba	4,44 Ba	4,36 BCb	4,43				
30	4,43 Ba	4,41 Bab	4,40 Cab	4,40 Cb	4,32 Dc	4,40	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001
60	4,41 Bab	4,44 Ba	4,41 BCab	4,40 Cb	4,35 CDc	4,40				
90	4,43 Ba	4,44 Ba	4,42 BCab	4,41 BCab	4,40 Bb	4,42				
Média	4,51	4,50	4,47	4,45	4,44					
	N-NH ₃ (g/kg NT)									

Média	40,5b	40,9b	48,2b	47,2b	57,8a	-	0,23	<0,0001	0,17	0,14
-------	-------	-------	-------	-------	-------	---	------	---------	------	------

EPM = erro padrão da média; MS = matéria seca; NT = nitrogênio total; Médias com letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); Médias com letras minúsculas distintas, na linha, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

O pH foi influenciado de forma quadrática pelo período de fermentação ($P < 0,0001$; Figura 1). As equações revelaram valores mínimos de 4,44 (3° dia), 4,36 (4° dia); 4,41 (3° dia); 4,34 (4° dia) e 4,22 (4° dia) para as silagens com 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 e 100:0, respectivamente.

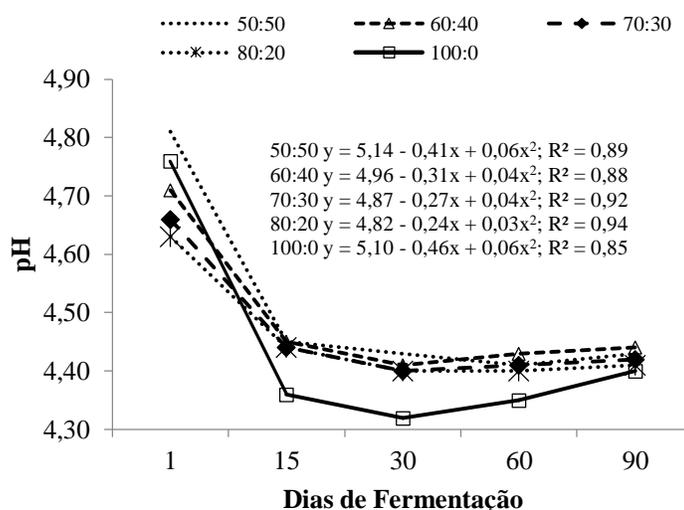


Figura 1- Valores de pH de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem em diferentes períodos de fermentação

Não houve interação entre a relação V:C e o período de fermentação para concentração de $N-NH_3$ ($P=0,14$; Tabela 4). A concentração de $N-NH_3$ foi influenciada pelos tratamentos ($P < 0,0001$), sendo a silagem com 100:0 a que apresentou maior valor (5,78% NT), não havendo diferença entre as demais. O período de fermentação não influenciou a concentração de $N-NH_3$ ($P=0,17$).

População microbiana

Após 90 dias fermentação, as BAL foram detectadas em todas as silagens, apresentando maiores contagens nas silagens com 80:20 e 100:0 (Figura 1). A segunda classe de microrganismos mais abundante foi a das ENT, sendo as silagens com 70:30 e 80:20 as com maiores contagens.

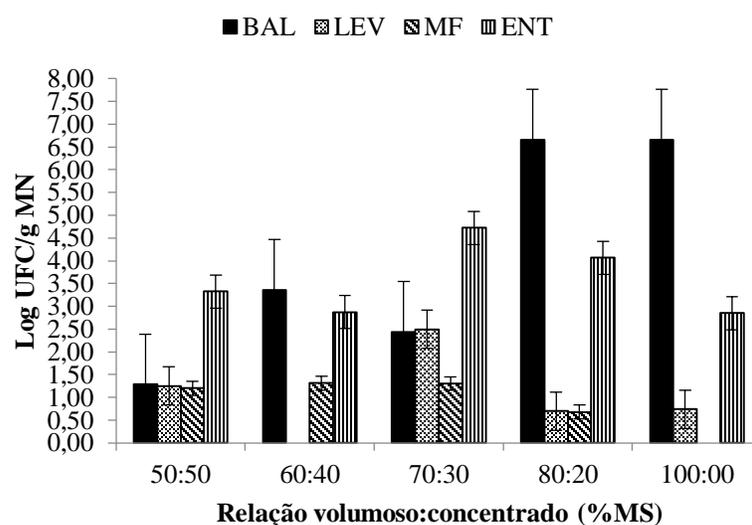


Figura 2 – População microbiana de silagens de ração em mistura total contendo Porrhoca como fonte de forragem (UFC = unidade formadora de colônia; MN = matéria natural; BAL = bactérias ácidoláticas; ENT = enterobactérias; LEV = leveduras; MF = mofo).

Não foi constatada presença de MF nas silagens com 100:0, da mesma forma que não foi verificada a presença de LEV na silagem 60:40 (Figura 2).

Estabilidade aeróbica

Verificou-se interação entre a relação V:C e o período de exposição ao ar para temperatura das diferentes silagens ($P < 0,0001$; Tabela 5). Até às 48 h de exposição ao ar, as silagens não apresentaram diferença na temperatura, porém a partir das 72 h, a silagem com

100:0 apresentou maior temperatura (24,98 °C), quando comparada a silagem com 60:40 (24,86 °C).

De maneira geral, as temperaturas das silagens aumentaram com o aumento do tempo de exposição ao ar, principalmente, a partir das 72 h de exposição ($P < 0,0001$; Figura 3A). A silagem com 100:0, às 96 horas de exposição ao ar, foi a que apresentou maior temperatura (25,50 °C) e a silagem com 60:40 foi a que permaneceu mais estável (24,86 °C).

Tabela 5 - Temperatura (°C) e pH de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem durante 96 horas de exposição ao ar

Hora (H)	Relação volumoso: concentrado (%MS)					Média	EPM	P-valor		
	50:50	60:40	70:30	80:20	100:0			V:C	H	V:C × H
Temperatura (°C)										
24	24,71	24,50	24,43	24,58	24,67	24,57	0,03	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Ba	Aa	Ba	Ba	BCa					
48	24,70	24,55	24,56	24,51	24,57	24,58	0,03	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Ba	Aa	Ba	Ba	Ca					
72	24,92	24,62	24,68	24,70	24,98	24,78	0,03	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	ABab	Ab	Bab	ABab	Ba					
96	25,12	24,86	25,22	24,94	25,50	25,13	0,03	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Abc	Ac	Ab	Abc	Aa					
Média	24,86	24,64	24,72	24,68	24,93					
pH										
Média	4,45a	4,43c	4,43c	4,44b	4,37d	4,42	0,002	<0,0001	<0,0001	0,60

Médias com letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); Médias com letras minúsculas distintas, na linha, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Não houve interação entre a relação V:C e o período de exposição ao ar sob o valor de pH ($P = 0,60$; Tabela 5). O pH foi influenciado pela relação V:C ($P < 0,0001$), sendo a silagem com 50:50 a que apresentou maior valor (4,45), enquanto a silagem com 100:0 apresentou menor valor (4,37). O pH foi influenciado de forma quadrática com as horas de exposição ao ar, de modo que o menor valor (4,43) foi observado às 63 h de exposição. Dada a semelhança entre as equações, decidiu-se por apresentar uma equação geral para todos os tratamentos (Figura 3B).

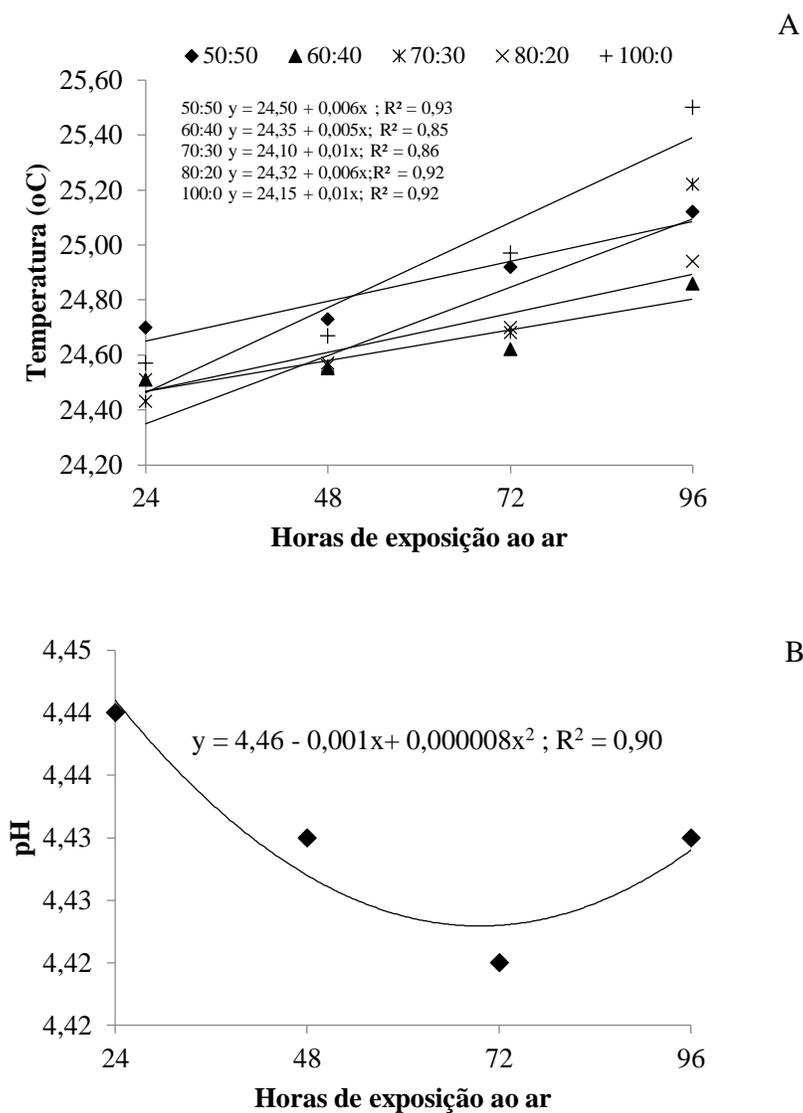


Figura 3 – Efeito do período de exposição ao ar (horas) sob a temperatura (A) e o pH (B) de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem.

As silagens com diferentes relações V:C não desenvolveram quebra da estabilidade aeróbica até às 96 h de exposição ao ar (Figura 4). Foi verificado aumento da temperatura, às 64 h de exposição ao ar acima da temperatura ambiente nas silagens com 80:20, 50:50 e 100:0, mas não foi atingida a quebra da estabilidade. A silagem que apresentou maior temperatura foi a silagem com 100:0 às 96 h (Figura 4).

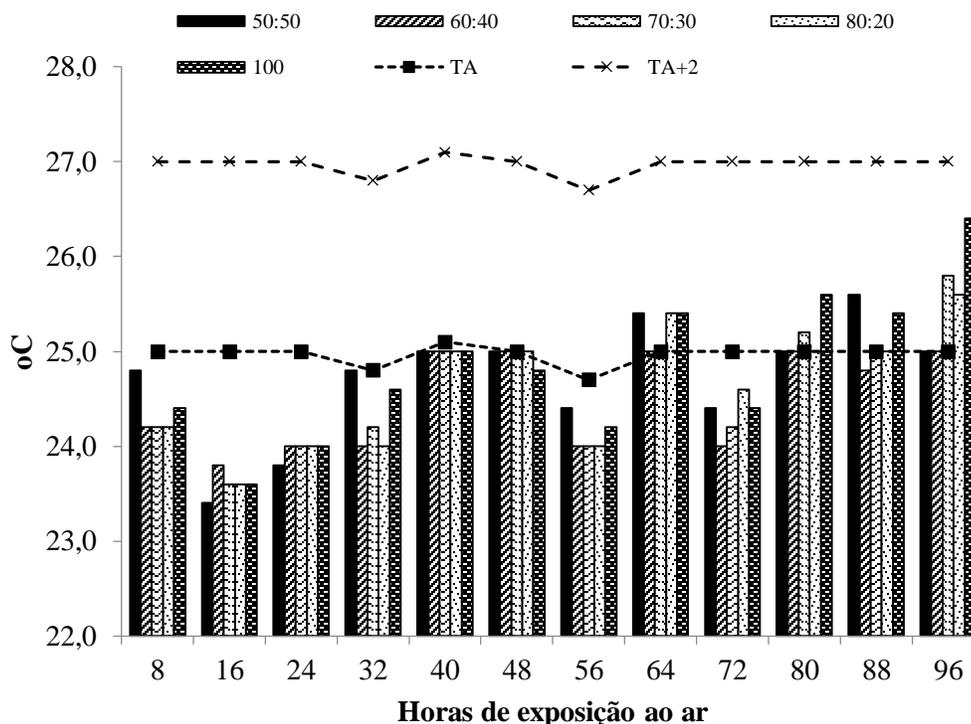


Figura 4 - Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), temperatura ambiente (TA; $^{\circ}\text{C}$) e temperatura ambiente mais dois graus (TA+2; $^{\circ}\text{C}$) de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem, em função da exposição ao ar.

Degradabilidade ruminal in situ

À medida que se aumentou a participação da Pornunça nas silagens houve redução da fração “A” e da DE da MS ($P < 0,0001$; Tabela 6). Para a fração “B” da MS, o maior valor (55,07%) foi verificado na silagem com 70:30 e o menor valor (41,31%) na silagem com 50:50. Já para fração “c” da MS, apenas a silagem com 100:0 diferiu das demais apresentando o maior valor (1,70%/h). A fração “A+B” da MS foi maior nas silagens com 60:40 (97,48%) e 70:30 (97,34%), as quais também apresentaram maior *lag time*. A menor fração “A+B” e menor *lag time* foi verificado na silagem 100:0.

Tabela 6 - Parâmetros de degradação de silagens de ração em mistura total contendo Pornunça como fonte de forragem

Item	Relação volumoso: concentrado (%MS)					EPM	P-valor
	50:50	60:40	70:30	80:20	100:0		
Matéria seca							
Fração A (g/kg)	535,8a	488,0b	422,8c	375,7d	292,7e	1,02	<0,0001
Fração B (g/kg)	413,1e	486,8c	550,7a	513,2b	466,7d	0,60	<0,0001
Fração c (g/kg/h)	11,8b	9,7b	9,9b	11,8b	17,0a	0,00	<0,0001
A+B (g/kg)	948,9b	974,8a	973,4a	888,9c	759,4d	1,01	<0,0001
R ²	0,96	0,97	0,95	0,98	0,98	-	-
Lag time (h)	8,16c	8,52ab	8,62a	8,38b	7,95d	0,04	<0,0001
DE (20 g/kg/h)	689,1a	647,4b	605,5c	565,7d	500,5e	0,78	<0,0001
DE (50 g/kg/h)	614,7a	560,8b	514,0c	473,5d	407,5e	0,87	<0,0001
DE (80 g/kg/h)	588,9a	540,8b	483,6c	441,6d	372,1e	0,91	<0,0001
Fibra insolúvel em detergente neutro							
Fração Bp (g/kg)	416,8c	410,9c	530,6b	604,1a	428,6c	0,84	<0,0001
Fração c (g/kg/h)	46,4a	28,4b	24,0c	15,0d	27,1b	0,00	<0,0001
Ip (g/kg)	583,2a	589,1a	469,4b	395,9c	571,3a	0,84	<0,0001
R ²	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99	-	-
Lag time (h)	6,80d	7,28c	7,70b	8,30a	7,37c	0,04	<0,0001
DE (20 g/kg/h)	291,1a	239,8c	289,5a	259,5b	246,7c	0,25	<0,0001
DE (50 g/kg/h)	200,5a	147,8c	172,2b	139,8d	150,7c	0,13	<0,0001
DE (80 g/kg/h)	152,9a	106,8c	122,5b	95,7d	108,5c	0,09	<0,0001

MS = matéria seca; A = fração solúvel; B = fração insolúvel potencialmente degradável; c = taxa de degradação da fração B; DE = degradabilidade efetiva; Bp = fração insolúvel potencialmente degradável (%); Ip = fração indegradável (%); EPM = erro padrão da média. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem (P > 0,05) pelo teste Tukey.

Com relação a degradabilidade da FDN (Tabela 6), a silagem 80:20 apresentou maior fração “Bp”, já as silagens 50:50, 60:40 e 100:0 apresentaram menores frações. A fração “c” foi menor para a silagem 80:20 e maior para a silagem 50:50; sendo também verificados nessas silagens maior (silagem 80:20) e menor (silagem 50:50) *lag time* para a FDN. Maiores frações “Ip” foram encontradas nas silagens 50:50, 60:40 e 100:0, já a menor fração foi verificada na silagem 80:20. Considerando *kp* de 2%/h, a DE da FDN foi maior para as silagens 50:50 e 70:30, e menores para as silagens 40:60 e 100:0, já considerando *kp* de 5%/h, a DE da FDN foi maior para a silagem 50:50 e menor para a silagem 80:20.

5. DISCUSSÃO

Composição química

A composição química da silagem de RMT pode ser influenciada por diversos fatores, entre os principais está o balanceamento da dieta, a qualidade da mistura e o desenvolvimento do processo fermentativo (BUENO et al., 2020; LI et al., 2021). As diferentes relações V:C promovida através do balanceamento demonstraram variações nas concentrações de alguns nutrientes das silagens.

A concentração de MS da Pornunça é inferior as dos demais ingredientes (Tabela 1), o que justifica a diminuição da MS das silagens de RMT com o aumento da proporção de Pornunça. Além desse fator, as perdas por efluentes durante a ensilagem influenciaram no teor de MS da silagem, o que pode ter favorecido para semelhança entre os teores de MS das silagens com 70:30 e 80:20 (Tabela 2).

O teor de EE do milho e da soja é maior em relação a Pornunça (Tabela 1), com isso, a diminuição do EE da silagem com 100:0 em relação às demais é compreendido. De acordo com o NRC (2007), o teor de EE na dieta não deve exceder 7% na MS, pois, pode levar a reduções na fermentação ruminal, digestibilidade da fibra e, conseqüentemente, na taxa de passagem da digesta. Neste contexto, todas as silagens pesquisadas neste estudo apresentaram teor de gordura adequado.

As rações foram formuladas para serem isoproteicas e apresentarem uma média em torno de 16,8% de PB. Após o período fermentativo, todas as silagens apresentaram teores de PB

acima de 18%. O aumento da PB e de outros nutrientes pode ser explicado pelo consumo dos CS pelos microrganismos durante a ensilagem, pois eles podem promover aumento na concentração de constituintes nutricionais mais complexos, com base na MS (MIYAJI et al., 2017). As silagens, de modo geral, apresentaram teores de PB semelhantes, com exceção das silagens com 80:20 a qual foi superior às silagens com 50:50 e 100:0. Li et al. (2021) trabalhando com silagem de RMT, encontraram aumento no teor de PB pós a ensilagem, o que foi associado a fermentação eficiente e conservação do conteúdo nutricional. Da mesma forma, Chen et al. (2015) observaram aumento no teor de PB em silagem de RMT, o que foi atribuído a um efeito de concentração e de PB microbiana.

O aumento das frações proteicas ligadas a fibra (PIDN e PIDA) nas silagens com maior proporção de Pornunça pode ser explicado pelas maiores concentrações destas frações na Pornunça. PIDN e PIDA são variáveis que caracterizam a disponibilidade da proteína para ser hidrolisada, apresentando pouca (PIDN) ou nenhuma degradação (PIDA) durante sua passagem pelo trato digestório do animal (CARVALHO et al., 2021). Dessa forma, as silagens com maior proporção dessas frações tendem a apresentar menor digestibilidade da proteína (CAMPOS et al., 2017).

Os maiores teores de MM, FDN, FDA, hemicelulose, celulose e LDA da Pornunça refletiram nas silagens com maior quantidade desse volumoso (Tabela 2), demonstrando uma permanência das características das RMT antes da ensilagem, o que é favorecido pelo processo fermentativo de qualidade (WEINBERG et al., 2011; WANG et al., 2016). No presente estudo, foi verificado redução da fração fibrosa para a maioria das silagens, quando comparado com a RMT antes da ensilagem, exceto para a silagem com 100:0 que manteve quase o mesmo valor da fração FDA. Podemos destacar a silagem com 60:40 que apresentou maior redução de FDN (14%) e FDA (3,4%), acompanhado pelas maiores reduções de celulose e hemicelulose.

Durante a ensilagem pode ocorrer degradação da FDN das rações, em consequência da baixa quantidade de substratos hidrossolúveis (açúcar simples e amido) e do desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (NING et al., 2017). Em estudos realizados por Wang et al. (2016) e Ning et al. (2017) foram encontradas reduções nas concentrações de amido e hemicelulose após a ensilagem, os quais sugeriram que esses nutrientes poderiam servir como

substratos para microbiota produzir ácidos. Fato que pode justificar o comportamento verificado nesta pesquisa.

A silagem com 80:20 apresentou a maior redução dos CHOT, quando comprado com os valores antes da ensilagem. Este fato estar associado ao aumento da PB e do EE verificados nessa silagem. As maiores reduções da celulose e hemicelulose nas silagens com 50:50 e 60:40 justificam os maiores aumentos dos CNF destas silagens, quando comprados com os valores antes da ensilagem.

A maior concentração de FDA na silagem com 100:0 está diretamente ligado ao maior teor de lignina, sendo esse composto fenólico um dos principais responsável pela redução da digestibilidade da ração (VAN SOEST et al., 1991). A diminuição dos CNF das silagens com o aumento da participação da Pornunça pode ser explicada pelo aumento da fração FDN nestas silagens.

Com o aumento de concentrado nas RMT, frações com menor digestibilidade (FDA, PIDN) são reduzida, promovendo aumento da concentração de NDT, o que explica a maior concentração desta fração encontrado na silagem com 50:50 (UNDERSANDER et al., 1993). Além desse fato, as perdas por efluentes durante a ensilagem promovem diminuição de açúcares, e proteínas (MCDONALD et al., 1991), o que contribuir para menores concentrações de NDT. Considerando a exigência de NDT dos animais ao quais as dietas foram formuladas (cordeiros em terminação; NRC 2007), apenas as silagens com 50:50 e 60:40 atenderam a exigência, o que provavelmente está associado a suas menores perdas, e maiores inclusão de concentrado.

Características fermentativas e perdas na ensilagem

As características fermentativas demonstraram que as silagens foram bem fermentadas, com valores de pH baixos, concentração de N-NH₃ inferior a 10% NT e com ácido láctico predominante (BUENO et al., 2020). A variação dos valores de pH das silagens (4,39 - 4,44) está dentro da faixa intermediária (4,3 - 4,5) para silagem bem conservada (MCDONALD e WHITTENBURY, 1973).

Os maiores valores de ácido láctico das silagens com maior quantidade de concentrado (50:50 e 60:40) pode ser reflexo de um possível aumento da quantidade de CS, principal

substrato utilizado pelas BAL para produção de ácido láctico (ZHAO et al., 2021). À possível conversão do ácido láctico em ácido propiônico e 1-propanol, pela microbiota durante a ensilagem (KUNG JÚNIOR et al., 2018), pode explicar as maiores concentração de ácido propiônico nas silagens com 50:50 e 60:40. Todas as silagens apresentaram valores de ácido propiônico (< 0,5% MS), acético (< 2% MS) e butírico (< 0,3% MS) abaixo do limite máximo recomendado para obtenção de silagem de qualidade (KUNG JÚNIOR et al., 2018). As maiores concentrações de ácido láctico não promoveram os menores valores de pH, esse fato pode ter ocorrido devido uma maior resistência de diminuição promovida pelo teor MS e densidade das silagens, já que a capacidade tampão não demonstrou influência.

A conservação eficiente da silagem de RMT com o mínimo de perdas durante o período de armazenamento é importante no fornecimento de nutrientes essenciais aos ruminantes (NING et al., 2017). O alto teor de umidade e o desenvolvimento de LEV e ENT durante a ensilagem, são fatores que podem promover maiores perdas, e conseqüentemente, diminuição na recuperação de MS da silagem (GUSMÃO et al., 2018). Esses fatores, possivelmente, influenciaram nas perdas encontradas neste trabalho, pois foi verificado as maiores PE nas silagens com maiores umidades (80:20 e 100:0) e maiores PG na silagem com 70:30, a qual apresentou maior quantidade de LEV e ENT (Figura 2).

Em silagens de RMT é comum recuperação de MS superior a 95% (MIYAJI et al., 2013; HU et al., 2015; RESTELATTO et al., 2019) estando associado a esses resultados teores de MS elevados (40 a 50% MN), e alta densidade. A maior RMS encontrado na silagem com 50:50 (91,65%), pode estar associada ao teor de MS (32,25%) e densidade da silagem, mas não possibilitou a essa silagem atingir valores ótimos de recuperação (>95%) encontrado em outros trabalhos com silagem de RMT (RESTELATTO et al., 2019).

Perfil fermentativo

A velocidade de redução do pH é fator importante no processo de ensilagem, pois quanto mais rápido ocorre a diminuição do pH para uma faixa ótima (ou próximo), menores perdas nutricionais podem acontecer (XIA e FANG, 2021). Os principais fatores que estão relacionado a rapidez de diminuição do pH são a baixa capacidade tampão, quantidade adequada de CS, e microrganismos benéficos ativos (TIAN et al., 2020).

A silagem com 100:0 possivelmente no momento da ensilagem possuía microbiota mais ativa devido a Pornunça não ter passado por nenhum processo térmico ou de secagem, diferente do que ocorreu com os concentrados presentes nas silagens de RMT (RESTELATTO et al., 2019; HAO et al., 2020). Esse fato também pode explicar o maior valor de N-NH₃ na silagem 100:0, pois as proteases presentes nos grãos podem se tornar inativas durante o processamento dos concentrados (HAO et al., 2020; XIA e FANG, 2021). Bactérias do gênero *Clostridium* quando encontram ambiente ótimo (pH próximo a neutralidade, e alta umidade) durante a ensilagem, se tornam as principais responsáveis pela degradação da proteína em compostos não proteicos (MCDONALD et al., 1991). Nesse trabalho, não foi avaliado a população de *Clostridium*, mas esses podem ter contribuído para o maior valor de N-NH₃ na silagem 100:0.

População microbiana

O maior desenvolvimento de BAL nas silagens com relações 80:20 e 100:0 pode ser reflexo de ambiente ótimo para crescimento desses microrganismos, o que era esperado nas silagens com maior quantidade de com centrado, levando em consideração um possível aumento na quantidade de substrato para o desenvolvimento da microbiota (GUSMÃO et al., 2018). Mas outros fatores como temperatura, umidade também apresentam importância no desenvolvimento dos microrganismos (KONDO et al., 2020). O alto teor de MS durante a ensilagem pode retardar a multiplicação microbiana (MCDONALD et al., 1991; QIU et al., 2014; YIN et al., 2017). Esse fator pode ter contribuído para os menores desenvolvimento de BAL nas silagens com maior quantidade de concentrado (50:50, 60:40 e 70:30), mas não demonstrando efeito com relação as Enterobactérias. O pH das silagens, próximo de 4,5 pode ter contribuído para o desenvolvimento das Enterobactérias (WANG et al., 2016).

Estabilidade aeróbia

A avaliação da estabilidade aeróbia da silagem, permitir fornece uma base para determinação da qualidade da silagem, com relação a preservação dos nutrientes e quantidade de esporos de fungos e toxinas durante determinado período de exposição ao ar (YUAN et al., 2015). A deterioração aeróbia pode ser verificada pelo aumento de temperatura, mudanças de

pH e um aumento na contagem de leveduras, sendo o aumento da temperatura em 2°C acima da temperatura ambiente o mais adotado para avaliar a deterioração (WANG et al., 2016).

Silagens com maior umidade tendem a apresentar maior instabilidade quando expostas ao oxigênio (HAO et al., 2015), o que pode ter favorecido para a silagem com 100:0 apresentar a maior temperatura às 96 horas de exposição ao ar. Além desse fator, uma alta quantidade BAL e leveduras, associado a grande quantidade de substratos (CS, ácido lático) favorece a deterioração aeróbia (HAO et al., 2015; YUAN et al., 2015; WANG et al., 2016). O aumento significativo da temperatura da silagem com 70:30 às 96 h de exposição aeróbia, pode ter sido devido ao desenvolvimento de LEV durante a ensilagem, assim como o inverso pode explicar a menor temperatura na silagem 60:40.

A deterioração da silagem após exposição ao ar, pode ser realizada por bactérias aeróbicas, leveduras e mofos (YUAN et al., 2015). Com a atividade desses microrganismos logo após a exposição das silagens ao ar, ocorre redução do ácido lático (substrato), e consequentemente aumento do pH; no entanto se a diminuição do ácido lático for lenta, em relação a produção de ácidos pelos microrganismos aeróbicos, pode ocorrer uma diminuição do pH no início da exposição ar (WANG et al., 2016). Essa explicação está de acordo com comportamento do pH das silagens de RMT durante o período de estabilidade aeróbia analisado.

Degradabilidade ruminal in situ

A sincronização na disponibilidade dos nutrientes no ambiente ruminal para a microbiota é essencial para multiplicação microbiana, e dessa forma para degradabilidade ruminal (COSTA et al., 2020). Os concentrados melhoram o valor nutritivo das silagens de RMT, e com o processo fermentativo desenvolvido de forma adequada, essa ração pode ter incremento na solubilidade, aumentando a disponibilidades dos nutrientes para microbiota ruminal (BUENO et al., 2020; DU et al., 2020).

A maior fração solúvel, e maiores DE (2, 5, e 8%/h) da MS da silagem com 50:50, provavelmente estar associado a maior fração “A” dos ingredientes concentrados em relação a Pornunça, além disso, durante a ensilagem o processo fermentativo pode ter favorecido o aumento dessa fração a partir da ação das enzimas microbianas (MIYAJI et al., 2017). Com o aumento da fração solúvel da MS, pode se esperar redução da quantidade potencialmente

degradável, devido parte da fração degradável total (A+B) já ter sido solubilizada, o que justifica a menor fração B da silagem com 50:50. A silagem com 100:0 apresentou alta concentração de PIDA e LDA, o que provavelmente contribuiu para essa silagem ter menor fração A+B e, conseqüentemente, menor DE da MS considerando todos os *kp* (2, 5, e 8%/h). Fato que corrobora com a redução do NDT nas dietas com maior proporção de Pornunça (volumoso).

A lignina reduz a digestibilidade da parede celular ao atuar como uma barreira ao acesso de enzimas celulolíticas produzidas por microrganismos, reduzindo a degradação ruminal (CAO et al., 2013). Esse pode ser considerado o principal fator que contribuiu para as silagens com maior quantidade de Pornunça, ter apresentado menor DE da FDN. O processo de ensilagem pode contribuir para o aumento da degradabilidade da fibra, através da ação de enzimas dos microrganismos (BUENO et al., 2020), o que talvez tenha favorecido a DE da FDN da silagem com 70:30. O valor nutritivo da silagem com 50:50 pode ter contribuído para desenvolvimento da microbiota, e conseqüentemente degradação da fibra, assim como o baixo teor de lignina.

6. CONCLUSÃO

A ensilagem na forma de ração em mistura total contendo Pornunça (*manihot* sp.) como fonte de forragem proporciona melhorias na qualidade fermentativa e no valor nutritivo comparado a silagem de Pornunça.

A silagem com relação volumoso: concentrado 50:50 contendo Pornunça como fonte de forragem apresentou melhor valor nutritivo, com destaque para o nível de nutrientes digestíveis totais.

Considerando a exigência em NDT para cordeiros em terminação, as silagens de Ração em Mistura Total com relações volumoso: concentrado de 50:50, e 60:40, são as mais indicada deste trabalho para posterior ensaio de desempenho.

7. REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **Energy and protein requirements of ruminants**: Commonwealth Agricultural Bureaux International. p. 159, 1993.

ALENCAR, F.H.H.; SILVA, D.S.; ANDRADE, A.P.; CARNEIRO, M.S.S.; FEITOSA, J.V. Composição química e digestibilidade da pornunça sob duas fontes de adubação orgânica e cortes. *Revista Caatinga*, p. 215 – 222, 2015.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, p. 711–728, 2013.

AMORIM, S. L.; MEDEIROS, R.M.T.; RIETCORREA, F. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. *Revista Ciência Animal*, p. 17-26, 2006.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). **Official methods of analysis**. 15th ed. Virginia: AOAC, 1990.

BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R. et al. Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-Marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, p. 754-762, 2007.

BOLSEN, K.K.; LIN C.; BRENT, B.E. et al. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy Science*, p. 3066-3083, 1992.

BUENO, A.V.I.; LAZZARI, G.; JOBIM, C.C.; DANIEL, J.L.P. Ensiling total mixed ration for ruminants: a review. *Agronomy*, p. 879, 2020.

CAMPOS, F.S.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.C.L.; GOIS, G.C.; REBOUÇAS, R.A. LEÃO, A.G.; SANTOS, S.A.; OLIVEIRA, J.S.; LEITE, L.C.; ARAÚJO, M.L.G.M.L.; CIRNE, L.G.A.; SILVA, R.R.; CARVALHO, B.M.A. Influence of diets with silage from forage plants adapted to the semi-arid conditions on lamb quality and sensory attributes. *Meat Science*, p. 61–68, 2017.

CAMPOS, F.S.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.L.; GOIS, G.C.; REBOUÇAS, R.A.; MAGALHÃES, A.R.L.; OLIVEIRA, J.S.; VOLTOLINI, T.V.; CARVALHO, B.M.A.; PERAZZO, A.F. Characteristics of carcass and non-carcass components of lambs fed diets containing silages of forages adapted to the semi-arid environment. *South African Journal of Animal Science*, p. 120-130, 2019.

CAO, Y.C.; GAO, Y.; XU, M.; LIU, N.N.; ZHAO, X.H.; LIU, C.J.; LIU, Y.; YAO, J.H. Effect of ADL to aNDF ratio and ryegrass particle length on chewing, ruminal fermentation, and in situ degradability in goats. *Animal Feed Science and Technology*, p. 112–119, 2013.

CARVALHO, D.T.Q.; LUCENA, A.R.F.; NASCIMENTO, T.V.C.; MOURA, L.M.L.; MARCELINO, P.D.R.; QUEIROZ, M.A.À.; MORAES, S.A.; GOIS, G.C.; MENEZES, D.R. Condensed tannins extracted from quebracho affect the fermentation profile, nutritional quality and in vitro gas production of pornunça (*Manihot* spp.) Silages. *The Journal of Agricultural Science*, p. 339–348, 2021.

CARVALHO, G.G.P.; REBOUÇAS, R.A.; CAMPOS, F.S.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.L.; GOIS, G.C.; OLIVEIRA, J.S.; OLIVEIRA, R.L.; RUFINO, L.M.A.; AZEVEDO,

J.A.G.; CIRNE, L.G.A. Intake, digestibility, performance, and feeding behavior of lambs fed diets containing silages of different tropical forage species. *Animal Feed Science and Technology*, p. 140–148, 2017.

CHEN, L.; GUO, G.; YU, C.; ZHANG, J.; SHIMOJO, M.; SHAO, T. The effects of replacement of whole-plant corn with oat and common vetch on the fermentation quality, chemical composition and aerobic stability of total mixed ration silage in Tibet. *Animal Science Journal*, p. 69–76, 2015.

CHEN, L.; GUO, G.; YUAN, X.; SHIMOJO, M.; YU, C.; SHAO, T. Effect of Applying Melasses and Propionic Acid on Fermentation Quality and Aerobic Stability of Total Mixed Ration Silage Prepared with Whole-plant Corn in Tibet. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, p. 349-356, 2014.

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

COGAN, T.; HAWKEY, R.; HIGGIE, E.; LEE, M.R.F.; MEE, E.; PARFITT, D.; RAJ, J.; RODERICK, S.; WALKER, N.; WARD, P.; WILKINSON, J.M. Silage and total mixed ration hygienic quality on commercial farms: implications for animal production. *Grass and Forage Science*, p. 1-13, 2016

COSTA, L.A.; ARAÚJO, M.J.; EDVAN, R.L.; BEZERRA, L.R.; SOUSA, A.R.; VIANA, F.J.C.; SILVA, T.P.D. Chemical composition, fermentative characteristics, and in situ ruminal degradability of elephant grass silage containing *Parkia platycephala* pod meal and urea. *Tropical Animal Health and Production*, p. 3481–3492, 2020.

CUSTÓDIO, L.; MORAIS, G.; DANIEL, J.L.P.; PAULY, T.; NUSSIO, L.G. Effects of chemical and microbial additives on clostridium development in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) ensiled with lime. *Grassland Science*, p. 135–143, 2016.

DU, Z.; YAMASAKI, S.; OYA, T.; NGULUVE, D.; TINGA, B.; MACOME, F.; CAI, Y. Ensiling characteristics of total mixed ration prepared with local feed resources in Mozambique and their effects on nutrition value and milk production in Jersey dairy cattle. *Animal Science Journal*, 2020.

GOES, R.H.T.B., SOUZA, K.A., PATUSSI, R.A., CORNELIO, T.C., OLIVEIRA, E.R., BRABES, K.C.S. In situ degradability of crambe, sunflower and soybean grains and their co-products in sheep. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. p. 271–277, 2010.

GONZÁLEZ, G.; RODRÍGUEZ, A.A. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. *Journal of Dairy Science*, p. 926–933, 2003.

GUSMÃO, J.; DANES, M.; CASAGRANDE, D.; BERNARDES, T. Total mixed ration silage containing elephant grass for small-scale dairy farms. *Grass and forage science*, p. 717–726, 2018.

HAO, W.; TIAN, P.; ZHENG, M.; WANG, H.; XU, C. Characteristics of proteolytic microorganisms and their effects on proteolysis in total mixed ration silages of soybean curd residue. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, p. 100-110, 2020.

HAO, W.; WANG, H.L.; NING, T.T.; YANG, F.Y.; XU, C.C. Aerobic stability and effects of yeasts during deterioration of non-fermented and fermented total mixed ration with different moisture levels. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, p. 816–826, 2015.

HOFFMAN, P.C.; ESSER, N.M.; SHAVER, R.D.; COBLENTZ, W.K.; SCOTT, M.P.; BODNAR, A.L.; SCHMIDT, R.J.; CHARLEY, R.C. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*, p. 2465–2474, 2011.

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

HYMES-FECHT, U.C.; BRODERICK, G.A.; MUCK, R.E.; GRABBER, J.H. Replacing alfalfa or red clover silage with birdsfoot trefoil silage in total mixed rations increases production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, p. 460–469, 2013.

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

JOHNSON, L.M. et al. Corn silage management: effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. *Journal Dairy Science*, p. 434-444, 2002.

KONDO, M.; SHIMIZU, K.; JAYANEGARA, A.; MISHIMA, T.; MATSUI, H.; KARITA, S.; GOTO, M.; FUJIHARA, T. Changes in nutrient composition and in vitro ruminal fermentation of total mixed ration silage stored at different temperatures and periods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, p. 1175–1180, 2015.

KUNG JÚNIOR, L.; RANJIT, N. K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. *Journal of Dairy Science*, p. 1149-1155, 2001.

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

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

LI, R.; ZHENG, M.; JIANG, D.; TIAN, P.; ZHENG, M.; CHUNCHENG XU, C. Replacing alfalfa with paper mulberry in total mixed ration silages: effects on ensiling characteristics, protein degradation, and in vitro digestibility. *Animals*, p. 1273-1286, 2021.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOES, T.P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. *Animal Feed Science and Technology*, p. 347–358, 1996.

LUCENA, A.R.F.; MENEZES, D.R.; CARVALHO, D.T.Q.; MATOS, J.C.; ANTONELLI, A.C.; MORAES, S.A.; DIAS, F.S.; QUEIROZ, M.A.A.; RODRIGUES, R.T.S. Effect of commercial tannin and a *Pornunca* (*Manihot* spp.) silage-based diet on the fatty acid profile of Saanen goats' milk. *International Journal of Dairy Technology*, p. 613-620, 2018.

MCDONALD P.; WHITTENBURY R. **The ensilage process**. In: Butler GW, Bailey RW (eds), *Chemistry and Biochemistry of Herbage*. Academic Press, 1973.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 1.ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications, 1991.

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

MIYAJI, M.; MATSUYAMA, H.; HOSODA, K.; NONAKA, K. Milk production, nutrient digestibility and nitrogen balance in lactating cows fed total mixed ration silages containing steam-flaked brown rice as substitute for steam-flaked corn, and wet food by-products. *Animal Science Journal*, p. 483–488, 2013.

MIYAJI, M.; MATSUYAMA, H.; NONAKA, K. Effect of ensiling process of total mixed ration on fermentation profile, nutrient loss and in situ ruminal degradation characteristics of diet. *Animal Science Journal*, p. 134–139, 2017.

MIZUBUTI, I.Y., PINTO, A.P.; RAMOS, B.M.O.; PEREIRA, E.S. **Métodos Laboratoriais de Avaliação de Alimentos**. Londrina: EDUEL, 2009.

MORAN, J.P.; WEINBERG, G.; ASHBELL, Y.H. et al. A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 11. Aberystwyth. **Proceedings**. Aberystwyth: University of Wales Aberystwyth, p. 162-163, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academic, p. 292, 2007.

NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*. p.2051–2069, 1988.

NING, T.; WANG, H.; ZHENG, M.; NIU, D.; ZUO, S.; XU, C. Effects of microbial enzymes on starch and hemicellulose degradation in total mixed ration silages. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, p. 171-180, 2017.

ØRSKOV, E.R., MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*. p. 449–453. 1979.

QIU, X.; GUO, G.; YUAN, X.; SHAO, T. Effects of adding acetic acid and molasses on fermentation quality and aerobic stability of total mixed ration silage prepared with hullless barley straw in Tibet. *Grassland Science*, p. 206–213, 2014.

RESTELATTO, R.; NOVINSKI, C.O.; SILVA, E.P.A.; PEREIRA, L.M.; VOLPI, D.; ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J.L.P.; SCHMIDT, P. Effects of holes in plastic film on the storage losses in total mixed ration silage in round bales. *Translational Animal Science*, p. 1543–1549, 2019.

SIEGFRIED, V. R.; RUCKEMANN, H.; STUMPF, G. Method for the determination of organic acids in silage by high performance liquid chromatography. *Landwirtschaftliche Forsch*, p. 298-304, 1984.

SILVA, J.D.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3^a. Edição. Ed. Viçosa: UFV, p. 235, 2002.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, p. 3562-3577, 1992.

SUSANTI, E.; AGUS, A.; SURANINDYAH, Y.Y.; SUHARTATI, A.F. Quality Evaluation of Complete Feed with Ramie Waste Added With Different Protein Source in Nutrient Composition and Ensilage Parameter. *Animal Production*, p. 35-41, 2015.

TIAN, P.; VYAS, D.; NIU, D.; ZUO, S.; JIANG, D.I.; XU, C.H. Effects of calcium carbonate on the fermentation quality and aerobic stability of total mixed ration silage. *Journal of Animal and Feed Sciences*, p. 167–174, 2020.

UNDERSANDER, D.; MERTENS, D. R.; THIEX, N. **Forage analyses procedures**. Omaha: National Forage Testing Association, p. 130-131, 1993.

VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; SAMPAIO, C.B.; GOMES, D.I. Avaliação dos teores de fibra em detergente neutro em

forragens, concentrados e fezes bovinas moídas em diferentes tamanhos e em sacos de diferentes tecidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, p. 1148-1154, 2011.

VAN SOEST, P.J.; MASON, V.C. The influence of Mallard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Animal Feed Science and Technology*, p. 45-53, 1991.

VOLTOLINI, T.V.; BELEM, K.V.J.; ARAÚJO, G.G.L.; MORAES, S.A.; GOIS, G.C.; CAMPOS, F.S. Quality of leucaena, gliricidia, and pornunça silages with different old man saltbush levels. *Semina: Ciências Agrárias*, p. 2363-2374, 2019.

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

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

WANG, H.; NING, T.; HAO, W.; ZHENG, M.; XU, C. Dynamics associated with prolonged ensiling and aerobic deterioration of total mixed ration silage containing whole crop corn. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, p. 62–72, 2016.

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

XIA, G.J.; FANG, J.C. Intake, digestibility and rumen fermentation pattern in wethers fed total mixed ration silage containing dry or fresh apple pomace. *Journal of Animal and Feed Sciences*, p. 26–32, 2021.

XIE, Y.; XU, S.; LI, W.; WANG, M.; WU, Z.; BAO, J.; JIA, T.; YU, Z. Effects of the Application of *Lactobacillus plantarum* Inoculant and Potassium Sorbate on the Fermentation Quality, In Vitro Digestibility and Aerobic Stability of Total Mixed Ration Silage Based on Alfalfa Silage. *Animals*, p. 2229, 2020.

XU, C. C.; CAI, Y.; ZHANG, J. G.; OGAWA, M. Fermentation quality and nutritive value of a total mixed ration silage containing coffee grounds at ten or twenty percent of dry matter. *Journal Animal Science*, p. 1024–1029, 2007.

YIN, G.; BAI, C.; SUN, J.; SUN, L.; XUE, Y.; ZHANG, Y.; ZHAO, H.; YU, Z.; LIU, S.; ZHANG, K. Fermentation quality and nutritive value of total mixed ration silages based on desert wormwood (*Artemisia desertorum* Spreng.) combining with early stage corn. *Animal Science Journal*, p. 1963–1969, 2017.

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

ZHAO, J.; WANG, S.; DONG, Z.; CHEN, L.; SHAO, T. Partial substitution of whole-crop corn with bamboo shoot shell improves aerobic stability of total mixed ration silage without affecting in vitro digestibility. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, p. 431–441, 2021.

ZHOU, J.W.; LIU, H.; ZHONG, C.L.; DEGEN, A.A.; YANG, G.; ZHANG, Y.; QIAN, J.L.; WANG, W.W.; HAO, L.Z.; QIU, Q.; SHANG, Z.H.; GUO, X.S.; DING, L.M.; LONG, R.J. Apparent digestibility, rumen fermentation, digestive enzymes and urinary purine derivatives in yaks and Qaidam cattle offered forage-concentrate diets differing in nitrogen concentration. *Livestock Science*, p. 14–21, 2018.