



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**SILAGEM DE GRÃOS RECONSTITUÍDOS DE MILHO E SORGO SEM E
COM ADIÇÃO DE ENZIMA AMIOLÍTICA EXÓGENA**

JANAINA TAYNA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Área de Concentração: Produção Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Dr. Euclides Reutter de Oliveira

Coorientador: Dr. Jefferson Rodrigues Gandra

DOURADOS-MS

FEVEREIRO- 2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**SILAGEM DE GRÃOS RECONSTITUÍDOS DE MILHO E SORGO SEM E
COM ADIÇÃO DE ENZIMA AMIOLÍTICA EXÓGENA**

JANAINA TAYNA SILVA

Zootecnista

Orientador: Dr. Euclides Reutter de Oliveira

Coorientador: Dr. Jefferson Rodrigues Gandra

DOURADOS-MS

MARÇO - 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586s Silva, Janaina Tayna
SILAGEM DE GRÃOS RECONSTITUÍDOS DE MILHO E SORGO SEM E COM ADIÇÃO DE ENZIMA AMILOLÍTICA EXÓGENA : SILAGEM DE GRÃOS RECONSTITUÍDOS COM ADIÇÃO DE ENZIMA AMILOLÍTICA EXÓGENA [recurso eletrônico] / Janaina Tayna Silva. -- 2021.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Euclides Reutter de Oliveira.
Coorientador: Jefferson Rodrigues Gandra.
Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Digestibilidade. 2. . 3. Ensilagem. 4. . 5. Metabolismo. 6. . 7. Ovinos. I. Oliveira, Euclides Reutter De. II. Gandra, Jefferson Rodrigues. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**SILAGEM DE GRÃOS RECONSTITUÍDOS DE MILHO E SORGO SEM
E COMADIÇÃO DE ENZIMA AMIOLÍTICA EXÓGENA**

por

JANAÍNA TAYNA SILVA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do
título de MESTRE EM ZOOTECNIA

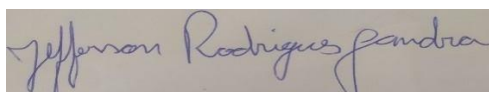
Aprovado em: 04/03/2021



Dr. Euclides Reuter de Oliveira
Orientador – UFGD



Dra. Eliane Sayuri Miyagi Okada
UFG



Dr. Jefferson Rodrigues Gandra
UNIFESSPA

BIOGRAFIA DO AUTOR

Janaina Tayna Silva, filha de Luiz de Macedo e Silva e Júlia do Espírito Santo Silva, nascida em 25 de dezembro de 1994 na cidade de Janaúba, localizada no norte de Minas Gerais. Concluiu o ensino médio em 2011 e em 2014 ingressou no curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Montes Claros- Unimontes, Campus Janaúba, onde concluiu o curso em 2019. Em fevereiro de 2019 iniciou-se as atividades como aluna no curso de Mestrado no programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela Universidade Federal da Grande Dourados, onde que durante o mestrado foi bolsista CAPES.

Dedico este trabalho a Deus, que sempre foi o autor da minha vida e do meu destino.

Dedico esta conquista a minha amada família.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me fortalecido ao ponto de superar as dificuldades, por toda saúde que me foi dada, que permitiu alcançar esta etapa tão importante da minha vida.

A toda minha família, de modo especial aos meus pais Luiz e Julia por sempre me apoiarem, pelo amor incondicional recebido. Aos meus queridos irmãos Samara e André pelos sábios conselhos e aos meus amados sobrinhos KetleyRamoeny e Luiz Samuel.

Ao meu orientador Dr. Euclides Reutter de Oliveira, pela confiança, atenção, paciência, pelos questionamentos, contribuições e ensinamentos, que muito colaboraram para o meu aprendizado.

Ao meu Coorientador Professor Dr. Jefferson Rodrigues Gandra, pelos ensinamentos repassados.

Ao professor Dr. Flávio Pinto Monção por sempre me incentivar e acreditar no meu potencial.

A todos os meus colegas do grupo de pesquisa, pela ajuda na realização da minha pesquisa, em especial ao Brasilino, Jéssica Castilho, Giovana.

Aos meus colegas da Pós -Graduação, em especial: Beatriz, Janaina Palerma, Cristiane, Henrique Momo, Jean Kaique, Nathalie e ao Giovani, pela maravilhosa convivência durante esses dois anos e por terem me acolhido muito bem.

A Hellén Felicidade por está ao meu lado nesse último ano.

As minhas amigas Gabriela Duarte e Geice Coutinho, por sempre me incentivar, me escutar e pelos seus bons conselhos.

Ao Wagner Souza, por sempre me ajudar e incentivar.

A Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade de realização de meu curso de Mestrado.

A CAPES, por financiar parte deste trabalho.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Sumário

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	16
2. HIPÓ	
TESES.....	17
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 Geral.....	17
3.2 Específicos.....	17
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
4.1 Produtividade Mundial dos grãos de milho e sorgo.....	18
4.2 Grão de Milho.....	19
4.3 Grão de sorgo.....	20
4.4 Silagem de Grão Reidratado.....	22
4.5 Enzimas na alimentação animal.....	25
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
5.1 Experimento I.....	28
5.1.1 Preparo das silagens.....	28
5.1.2 Perdas fermentativas.....	29
5.1.3 Estabilidade aeróbica.....	30
5.1.4 Valor nutricional.....	30
5.1.5 Análise microbiológica.....	31
5.1.6 Cinética ruminal.....	31
5.1.7 Análises estatísticas.....	33
5.2 Experimento II.....	33
5.2.1 Animais, instalações e dietas.....	33
5.2.2 Consumo e digestibilidade de matéria seca e nutrientes.....	34
5.2.3 Fermentação ruminal.....	36
5.2.4 Balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana.....	36
5.2.5 Análises estatísticas.....	37
6. RESULTADOS.....	37
6.1 Experimento I.....	37
6.2 Experimento II.....	43
7. DISCUSSÃO.....	46
8. CONCLUSÃO.....	50
9. REFERÊNCIAS.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS

- AGVs- Ácidos Graxos Voláteis
- BLA - Bactérias Ácido Láticas
- CHO - Carboidratos
- CNF – Carboidratos Não Fibrosos
- CO₂ - Dióxido de Carbono
- DE - Degradabilidade Efetiva
- DP - Degradabilidade Potencial
- EE -Extrato Etéreo
- EL - Energia Líquida
- FDA-Fibra insolúvel em Detergente Ácido
- FDN - Fibra insolúvel em Detergente Neutro
- FI - Fração Indegradável
- MO - Matéria orgânica
- MS -matéria seca
- MSE –Teor de matéria seca ensilada
- MSi – Teor de MS inicial
- MSf -Teor de MS final;
- NDT -Nutrientes Digestíveis Totais
- NIDA - Nitrogênio insolúvel em Detergente Ácido
- NIDN - Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro
- N-NH₃. Nitrogênio amoniacal

PB - Proteína Bruta

PE -Perdas por efluentes

PG -Perdas por Gases

PMST -Perdas de Matéria Seca Total

PSAf - Peso do Conjunto Silo final

PSAi- Peso do Conjunto Silo inicial

PSf - Peso do Silo no Momento da Abertura

PSi - Peso do Silo Cheio e Fechado

RMS - Recuperação da MS

SGUM - Silagem de Grão Reidratado de Milho;

SGUM+E - Silagem de Grão Reidratado de Milho com Enzima Amilolítica.

SGUS - Silagem de Sorgo Reidratado;

SGUS+E - Silagem de Grão Reidratado de Sorgo com Enzima Amilolítica;

TMR – (Total mixedration) - Ração de Dieta Total

TNT - Tecido Não Tecido

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Composição bromatológica dos antes da ensilagem (percentagem na base da matéria seca	28
Tabela 2 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais.....	35
Tabela 3 – Perdas fermentativas de acordo com as dietas experimentais.....	38
Tabela 4 – Perfil microbiológico de acordo com os tratamentos experimentais.	39
Tabela 5 – Valor nutricional das silagens de grãos reconstituídos sem e com enzima amilolítica	40
Tabela 6 – Degradabilidade da matéria seca das silagens de grãos reconstituídos sem e com enzima amilolítica	43
Tabela 7– Consumo e digestibilidade de matéria seca e nutrientes de acordo com as dietas experimentais	44
Tabela 8 – Balanço de nitrogênio, síntese de proteína microbiana e parâmetros da fermentação ruminal de acordo com as dietas experimentais.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação do milho quanto ao tipo de grão – estrutura do endosperma e tamanho do gérmen.....	19
Figura 2 – Estrutura esquemática do grão de sorgo, evidenciando as principais estruturas.....	21
Figura 3 – Mensuração do pH dos silos experimentais no período de exposição ao oxigênio	41
Figura 4 – Diferença de temperatura ambiental e dos silos experimentais no período de exposição ao oxigênio de acordo com os tratamentos experimentais.....	42

RESUMO

Objetivou-se avaliar a silagem de grãos reconstituídos de milho e sorgo, sem e com a adição de enzima amilolítica sobre o perfil fermentativo e nutricional e a digestão e o metabolismo de ovinos. Foram conduzidos dois experimentos, sendo que no primeiro foram utilizados 28 silos experimentais de PVC, armazenados durante 45 dias, divididos em 4 tratamentos: 1- SGUS (silagem de grão de sorgo reidratado); 2- SGUS+E (silagem de grão de sorgo reidratado + amilase, Kerazyme 3035, atividade enzimática 300 U mL^{-1}); 3- SGUM (silagem de grão de milho reidratado); 4 SGUM+E (silagem de grão de milho reidratado + amilase, Kerazyme 3035, atividade enzimática 300 U mL^{-1}). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 , sendo 2 tipos de grãos (sorgo e milho) e 2 tipos de enzimas (sem e com). No experimento II utilizou-se 12 cordeiros SRD (sem raça definida) com idade de $5 \pm 0,5$ meses, peso médio de 27 ± 7 kg, em um delineamento de blocos casualizados, foram alojados em gaiolas metabólicas individuais e mantidos em regime de confinamento por 70 dias, recebendo dieta de alto concentrado e distribuídos em quatro tratamentos: SGUS; SGUS+E; SGUM; SGUM+E. A dieta fornecida continha a relação volumoso: concentrado de 12:88, onde o volumoso foi feno de gramíneas de *Cynodon* spp. (12%), e o concentrado composto por silagem de grão reidratado (68%), uma mistura proteica mineral (20%) constituída de grão de soja moído e mistura mineral. No experimento I, os tipos de grãos e enzimas e suas interações não modificaram as perdas por efluentes ($P = 0,452$). Houve efeito da interação Grão x Enzima apenas para a variável de PG MN ($P = 0,026$). A SGUM apresentou maior PG MS ($P = 0,037$) e PMST ($P = 0,049$), resultando em uma menor REC MS ($P = 0,004$). Não houve interação dos tipos de grãos e ausência e presença de enzimas sobre as variáveis relacionadas a composição químico- bromatológica ($P = 0,05$), exceto para CNF ($P = 0,032$), onde a adição de enzima reduziu o conteúdo de CNF. Os silos tratados com enzima apresentaram maior ($P = 0,017$) teor de FDN e menores de ($P = 0,047$). No experimento II constatou-se, que não teve efeito ($P = 0,05$) do tipo de grão, enzima ou a interação desses fatores sobre o consumo de nutrientes (kg/dia), exceto para o consumo de amido ($P = 0,047$). Não houve efeito ($P = 0,05$) do tipo grão, enzima e da interação desses fatores sobre os coeficientes de digestibilidade. Houve interação do tipo de grão com a enzima sobre ureia no sangue e N-NH_3 . Os cordeiros que consumiram a dieta contendo a SGUM + E, apresentaram maior

concentração de amônia ruminal. Não houve diferença significativa ($P = 0.0687$) para o pH do líquido ruminal. Conclui-se que a utilização de enzimas amilolítica melhorou o perfil fermentativo das silagens reduzindo os valores de pH e a concentração de N-NH_3 (%NT). As silagens contendo enzima apresentaram aumento significativo na degradabilidade efetiva (DF). A silagem de grão reidratado de sorgo pode substituir a silagem de grão reidratado de milho na alimentação de ovinos visto que não foi encontrada diferença significativa no consumo e digestibilidade dos nutrientes.

Palavras-chave: Digestibilidade; Ensilagem; Metabolismo; Ovinos.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the silage of reconstituted grains of corn and sorghum, without and with the addition of amylolytic enzyme on the fermentative and nutritional profile and the digestion and metabolism of sheep. Two experiments were conducted, the first of which was used 28 experimental PVC silos, stored for 45 days, divided into 4 treatments: 1- SGUS (rehydrated sorghum grain silage); 2- SGUS + E (rehydrated sorghum grain silage + amylase, Kerazyme 3035, enzymatic activity 300 U mL⁻¹); 3- SGUM (rehydrated corn grain silage); 4 SGUM + E (rehydrated corn grain silage + amylase, Kerazyme 3035, enzymatic activity 300 U mL⁻¹). A completely randomized design in a 2X2 factorial scheme was used, with 2 types of grains (sorghum and corn) and 2 types of enzymes (without and with). In experiment II, 12 SRD lambs (mixed breed) were used, aged 5 ± 0.5 months, average weight of 27 ± 7 kg, in a randomized block design, housed in individual metabolic cages and kept under confinement for 70 days, receiving a high concentrate diet and distributed in four treatments: SGUS; SGUS + E; SGUM; SGUM + E. The diet provided contained the 12:88 roughage: concentrate ratio, where the roughage was grass hay from *Cynodon* spp. (12%), and the concentrate composed of rehydrated grain silage (68%), a mineral protein mixture (20%) consisting of ground soybean and mineral mixture. In experiment I, the types of grains and enzymes and their interactions did not change the effluent losses (P = 0.452). There was an effect of the Grain x Enzyme interaction only for the PG MN variable (P = 0.026). SGUM showed the highest PG MS (P = 0.037) and PMST (P = 0.049), resulting in a lower REC MS (P = 0.004). There was no interaction between the types of grains and the absence and presence of enzymes on variables related to chemical-bromatological composition (P = 0.05), except for CNF (P = 0.032), where the addition of enzyme reduced the content of CNF. The enzyme-treated silos showed higher (P = 0.017) NDF content and lower (P = 0.047). In experiment II, it was found that there was no effect (P = 0.05) of the type of grain, enzyme or the interaction of these factors on the consumption of nutrients (kg / day), except for the consumption of starch (P = 0.047). There was no effect (P = 0.05) of the type grain, enzyme and the interaction of these factors on the digestibility coefficients. There was an interaction of the type of grain with the enzyme on blood urea and N-NH₃. Lambs that consumed the diet containing SGUM + E, ruminal ammonia concentration. There was no significant difference (P = 0.0687) for the pH of the rumen liquid. It was concluded that the use of amylolytic enzymes improved the fermentation profile of the silages, reducing the pH values and the concentration of N-NH₃ (% NT). Enzyme containing silages showed a significant increase in effective degradability (DF). Sorghum rehydrated grain silage can replace corn rehydrated grain silage in sheep feed since no significant difference in nutrient intake and digestibility was found.

Keywords: Digestibility; Silage; Metabolism; Sheep.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Devido ao aumento no custo de produção na pecuária, os produtores vêm buscando alternativas economicamente viáveis para se manter no mercado e aumentar a produção animal. Com isso, a utilização de grãos nas dietas de animais de produção aumentou consideravelmente, sendo responsável por cerca de 51% das dietas de confinamento, devido à grande quantidade de energia presente nos mesmos (SILVA et al., 2020).

O alto teor de amido presente nos grãos de milho e sorgo estimulam o emprego destes alimentos nas dietas para ruminantes, por ser fonte de energia para o crescimento dos microrganismos ruminais, que são responsáveis por produzir os ácidos graxos voláteis (AGVs), responsável pelo aporte energético dos animais (ASSINI et al., 2002; FAUSTINO et al., 2018).

Entretanto a digestibilidade dos grânulos amido pode ser afetada pela ligação amido-proteína formando uma matriz hidrofóbica, que impede a fixação dos microrganismos no rúmen reduzindo a quantidade de substrato presente para ser utilizado na fermentação ruminal e conseqüentemente reduz a digestibilidade do amido, influenciando negativamente na produção animal (FERRARETTO et al., 2015).

O efeito hidrofóbico das prolaminas é reduzido quando os grãos passam por algum tipo de processamento, seja ele mecânico, químico e enzimático que seja capaz de quebra as pontes de hidrogênio, liberando os grânulos de amido (LARSON e HOFFMAN, 2008; TAYLOR e TAYLOR, 2018).

O processo de reconstituição e ensilagem do grão quebra a ligação amido-proteína, fazendo com que o amido fica mais disponível para ser utilizado no processo de fermentação ruminal (SILVA et al., 2014).

O uso da silagem de grão reidratado de milho e sorgo na alimentação de ruminantes vem sendo tema de estudos de diversas pesquisas. Passini et al. (2002) e Faustino et al. (2018), destacaram a importância de utilização do grão de sorgo de alta umidade ensilado na alimentação de ruminantes, informando que o grão pode favorecer o balanço de energia devido ao aumento na digestibilidade do amido, influenciando na sincronização da degradação de energia e proteína, resultando na liberação de amônia no rúmen, corroborando para maior eficiência de síntese de proteína microbiana.

No intuito de melhorar a degradabilidade e aproveitamento dos grãos, vários estudos estão sendo conduzidos utilizando enzimas exógenas e reidratação dos grãos, no

processo de ensilagem, com foco na fermentação e aumento nos parâmetros de degradabilidade ruminal, consumo, digestibilidade e desempenho animal (FERRARETTO et al., 2015; ANDREAZZI et al., 2018; SILVA et al., 2020).

A adição de enzimas exógenas na silagem de grãos reidratados surge como um incremento de tecnologia, visando potencializar e auxiliar o processo digestivo, melhorando o aproveitamento dos nutrientes, principalmente do amido, visto que os híbridos de milho e sorgo utilizados no Brasil possui alta vitreosidade, o que limita a utilização dos nutrientes pelos microrganismos do rúmen, limitando a ingestão de MS e a digestibilidade (PEREIRA et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2019).

HIPÓTESES

Considerando o efeito da reidratação e da utilização de enzima amilolítica as hipóteses levantadas neste trabalho foram de que a silagem de sorgo sem e com adição de enzima (1) apresente perfil fermentativo e valor nutricional semelhante a silagem de milho reidratado sem e com adição de enzima, (2) a digestão e o metabolismo não serão influenciados pelo tipo de grão e/ou utilização de enzima, (3) silagem de grão reidratado de sorgo pode substituir a silagem de grão reidratado de milho sem perdas no desempenho animal.

OBJETIVOS

1.1 Geral

Avaliar a silagem de grãos reconstituídos de milho e sorgo, sem e com a adição de enzima amilolítica sobre o perfil fermentativo e nutricional e a digestão e o metabolismo de ovinos confinados.

1.2 Específicos

Avaliar o perfil fermentativo e a estabilidade aeróbia após a abertura dos silos;

Avaliar a composição químico-bromatológica da silagem de milho e sorgo reidratado sem e com adição de enzima amilolítica;

Avaliar o consumo e digestibilidade de matéria seca e nutrientes (PB, EE, FDN, amido);

Avaliar a síntese de proteína microbiana e balanço de nitrogênio (produtos derivados de purinas e consumo e excreção de nitrogênio através das fezes);

Avaliar a fermentação ruminal (pH e concentrações de nitrogênio).

REVISÃO DE LITERATURA

1.3 Produtividade Mundial dos grãos de milho e sorgo

O grão de milho é considerado o ingrediente mais utilizado na produção animal, possui grande importância econômica, o que influencia no crescente aumento da sua produção anual (CALDARELLI & BACCHI, 2012; De SOUZA et al., 2020). O Brasil ocupa atualmente o terceiro lugar na produção mundial, na primeira e segunda safra de 2020 foram cerca de 109 milhões de toneladas, sendo responsável por 9,6% da produção mundial, atrás apenas de países como EUA e China (IBGE, 2021).

Na safra de 2019/2020 o milho foi o cereal mais produzido no mundo, responsável por 37,4% do total de grãos produzidos, apresentando uma alta de 1,56% em relação a safra anterior (USDA, 2020). A alta produção está relacionada com a sua diversidade de utilização, desde a alimentação até a indústria de alta tecnologia (BATISTA, 2019).

Já o sorgo, é o quinto cereal em área plantada em todo o mundo, atrás do trigo, arroz, milho e cevada. Segundo o IBGE (2020), o Brasil produziu cerca de 2,7 milhões de toneladas de grãos no ano de 2020, em uma área de 877.709ha, ocupando a décima posição mundial. Em comparação com a safra de 2019, houve um aumento de cerca de 10% na produção nacional, devido ao aumento da produção no estado de Goiás, responsável por 40% da produção total do grão no país (IBGE, 2019; 2020).

O maior produtor mundial de sorgo é os EUA, segundo o USDA (2020) produziu cerca de 9 milhões de toneladas na safra de 2020. Nos últimos anos, houve um aumento na produção mundial de 6,5%, sendo os responsáveis os EUA, Argentina, Austrália e o Sudão. Este aumento está relacionado ao comércio global que prevê

crecente necessidade da China em adquirir grãos para manter a produção nacional (USDA, 2020).

1.4 Grão de Milho

O milho (*Zeamays* L.), pertencente à família Gramineae/Poaceae, apresenta grande eficiência em conseguir armazenar energia, além de ser considerada uma das mais importantes espécies de plantas cultivadas. Sua cultura está amplamente disseminada em todo o mundo, inclusive no Brasil, devido a diversidade de cultivares e híbridos e à tradição em cultivar esse cereal (RENUM et al., 2014).

O milho pode ser classificado em dentado, duro, farináceo, pipoca e doce (Figura 1), de acordo com a distribuição da proteína e do amido no endosperma. Os tipos farináceo e vítreo (duro), são produzidos predominantemente no mundo, sendo que no Brasil o tipo duro é o mais produzido (DE CASTRO MOURÃO et al., 2012). O grão é classificado como vítreo quando o amido se encontra fortemente ligada a matriz proteica, é farináceo quando as ligações estão mais dispersas (BITENCOURT, 2012).

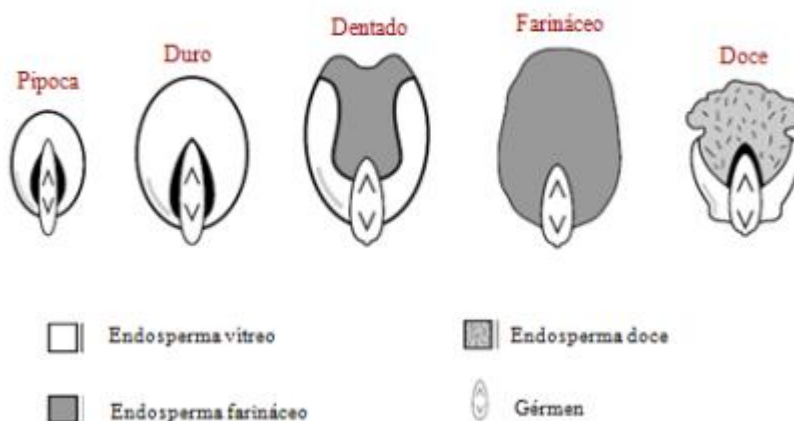


Figura 1: Classificação do milho quanto ao tipo de grão – estrutura do endosperma e tamanho do gérmen. Fonte: Adaptado de Pereira e Antunes, 2007

O grão de milho é dividido em três partes; pericarpo (5% do grão), que compreende a porção mais fibrosa; gérmen (11% do grão), onde se encontra a maior parte de proteína, e endosperma (82% do grão), onde se encontra a maior parte do amido, além de conter proteínas, lipídeos e minerais (PAES, 2006; OLIVEIRA, et al., 2014).

Grande parte da produção mundial do milho é destinada a alimentação animal, (75%), sendo que desse total cerca de 17% é utilizado diretamente nas fazendas na forma de grão ou silagem. Essa grande quantidade se deve a maior intensificação do sistema de produção, confinando os animais para aumentar a produção (ANDRADE e NASCIMENTO 2005; SANTOS, 2015).

O milho possui baixo poder tampão, 8% de PB, 84,9 a 88,8% de carboidratos totais, 70 % de amido, sendo este considerado a principal carboidrato (CHO) do grão, os carboidratos solúveis no processo de ensilagem, são utilizados como fonte de energia para os microrganismos presente na massa, corroborando para que ocorra o processo de fermentação (BARROS, 2015; ÁVILA et al., 2018).

Devido ao alto teor de carboidratos, o milho é utilizado como a principal fonte de energia na alimentação animal, o que direciona para elevada demanda do grão, fazendo com que ocorra aumento no custo de aquisição, influenciando os produtores a buscar produtos que possam substituir parcialmente e/ou totalmente o milho na alimentação animal. Assim, o sorgo surge pode ser uma alternativa viável, pois apresenta características nutricionais semelhante ao milho, com menor custo de produção considerando as mesmas condições de cultivo do milho.

4.3 Grão de sorgo

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], pertencente à família Poaceae, possui características como, tolerância da cultura à seca, podendo completar seu ciclo com 325 mm de chuva desde que bem distribuídos, alta produção de MS, baixo custo de produção em relação ao milho, além de apresentar entre 85 a 92% do valor nutricional do milho (FARIAS JÚNIOR et al., 2010; RODRIGUES et al., 2014; ALMEIDA et al., 2015).

O sorgo pode ser classificado de acordo com suas características nutricionais, em granífero, forrageiro, sacarino, vassoura e doce, sendo que o granífero e o forrageiro são os mais utilizados na produção animal no Brasil. O sorgo sacarino e o doce são utilizados principalmente para produção de etanol, e o sorgo vassoura possui panícula de ráquis curtas, com ramificações longas tornando-a adequada para a utilização na produção de vassouras (BORGES, 2013; DA SILVA et al., 2018).

O grão de sorgo é composto por: pericarpo endosperma e gérmen, apresentando assim similaridade na sua composição com o grão do milho. A principal diferença entre

os dois grãos é a distribuição da proteína, já que no sorgo a proteína é encontrada em maior quantidade no endosperma, enquanto no grão de milho a proteína é encontrada principalmente no gérmen (Figura 2). O endosperma do sorgo é dividido em dois (endosperma periférico córneo e endosperma central farináceo), (FAUSTINO et al., 2018; LIN et al., 2020).

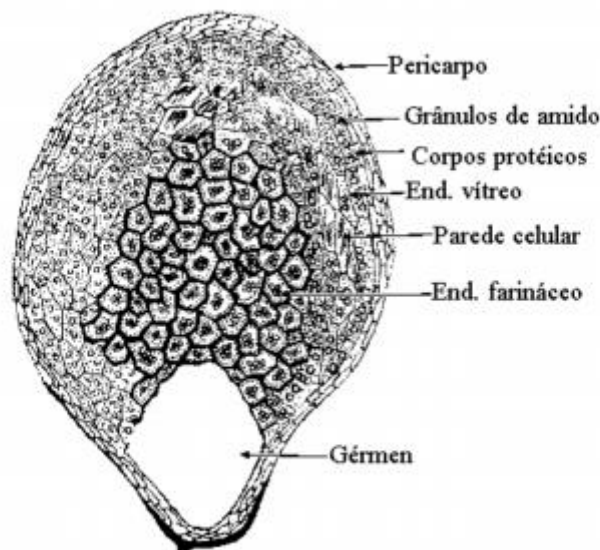


Figura 2: Estrutura esquemática do grão de sorgo, evidenciando as principais estruturas. Fonte: Chandrashe kare Mazhar (1999).

O sorgo apresenta tamanho que pode variar de 4 a 8 mm, uma matriz proteica que engloba o grão de amido, dificultando a ação das bactérias no rúmen. Devido essas características o processamento (moagem, enzimas, reidratação) do grão pode aumentar a digestibilidade do amido no rúmen, aumentando a superfície de contato para a ação de enzimas e bactérias, disponibilizando os nutrientes para o desenvolvimento dos microrganismos no rúmen (PASSINI et al., 2002).

O valor nutricional do sorgo varia de acordo com seu genótipo, sendo classificado como alimento energético, apresentando cerca de 65% de amido, formado principalmente de amilose e amilopectina. Possui maior teor de proteína quando comparado com o milho, no entanto essa proteína é de baixa digestibilidade, apresentando valores de 42%, 58,79 % e de 3,9%/hora para as frações A, B e taxa de degradação da fração potencialmente degradável, devido ao alto grau de polimerização e extensas pontes dissulfeto tornando a resistente à digestão enzimática no trato digestivo (MARCONDES et al., 2009).

O sorgo possui um mecanismo de defesa chamado de taninos, os taninos são polifenólicos encontrados no pericarpo dos grãos de sorgo, conferindo sabor adstringente, tornando-os tolerante ao ataque de pássaros, fungos causadores da podridão e insetos (FURLAN et al., 2006). A quantidade de tanino presente no grão de sorgo pode influenciar negativamente a conversão alimentar, ganho médio diário e o marmoreio da carne. O menor desempenho dos animais pode ser explicado pela menor degradação da matéria seca no rúmen quando se compara com a silagem de grão úmido de baixo tanino (CHIAIA et al., 2016).

Quando encontrados em pequenas quantidades na alimentação animal, estudos demonstraram alguns efeitos benéficos dos taninos, sendo, maior absorção de aminoácidos, diminuição da perda de nitrogênio pela urina e redução de endoparasitas (ATHANASIADOU et al., 2001). O principal problema desta molécula no grão de sorgo são os efeitos negativos causados na alimentação animal, como, diminuição da ingestão de matéria seca (MS), diminuição da digestibilidade da proteína no rúmen, devido à ligação do tanino com as proteínas, maior perda de proteína endógena e inibição da atividade microbiana (MAGALHÃES; RODRIGUES; DURÃES, 2000).

4.4 Silagem de Grão Reidratado

Devido ao aumento no custo de produção seja para leite e/ou carne, os produtores estão investindo em tecnologias economicamente viáveis para se manter no mercado, almejando aumentar a produção animal. Assim, a silagem de grão reidratado surge como um incremento de produção, devido o aumento no aproveitamento do amido, influenciando na redução de perdas é potencializando o desempenho animal, além de poder ser produzida durante todo o ano (SILVA et al., 2020).

A utilização silagem de grãos reidratado permite que os produtores comprem grandes volumes de grãos quando os mesmos apresentam preços mais atrativos, e os armazenem de forma segura e econômica (ÁVILA et al., 2018). Outra vantagem na utilização do grão reidratado é a redução do risco de insucesso quando comparamos com a silagem do grão úmido, pois o risco de acontecer problemas de logísticas durante a colheita pode gerar insucesso no processo, devido à perda de umidade dos grãos (CARDOSO, 2018).

Para que ocorra o processo de ensilagem e conseqüentemente, a conservação do material, deve-se elevar a umidade do grão maduro moído, que apresenta entre 10 a

14% de umidade para 30 a 40%, sendo essa etapa considerada crucial para garantir o processo de fermentação e estocagem do material (ÁVILA et al., 2018). Afim de que se consiga o teor de umidade adequada, para garantir a fermentação da ensilagem, é necessário que ocorra uma homogeneização adequada do grão moído com a água. Caso não seja feita a reidratação do cereal de forma satisfatória, a fermentação da silagem ficara comprometida, permitindo o desenvolvimento de microrganismo indesejáveis, levando a perdas de MS.

Teor de umidade acima de 40% pode causar redução na produção de ácido láctico e ácidos totais, devido a fermentação inadequada, corroborando para produção de gases indesejáveis como CO₂, ácido butírico, além de menor estabilidade aeróbia (REZENDE, et al., 2014; BATISTA, 2019).

O processo de fermentação garante a conservação da massa ensilada e inibi o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como leveduras, fungos e *Clostridium* que possa causar danos ao material (REIS et al., 2001). Além de aumentar a digestibilidade da MS e do amido devido a ação das bactérias epifíticas, que causam a rupturas na matriz proteica que recobre os grânulos de amido, aumentando a absorção do mesmo, efeito esse intensificado pela modulação do crescimento microbiano devido à alta umidade (JOBIM; BRANCO; SANTOS, 2003; GOBETTI et al., 2013).

A moagem dos grãos influencia diretamente a qualidade da silagem. De acordo com Silva et al., (2018), o tamanho do grão pode influenciar o valor nutricional, a recuperação de matéria seca e o perfil fermentativo, além de modificar a estabilidade aeróbia, tornando indispensável a etapa de processamento dos grãos.

Ao comparar silagens de grãos moídos com granulometria diferente, constatou-se que, silagens com grãos moídos com granulometria fina apresentam melhor valor nutricional em relação à silagem utilizando grãos moídos grosseiramente, isso devido ao aumento da superfície de contato, aumentando a degradação das prolaminas, deixando os nutrientes mais disponíveis para serem utilizados pelas bactérias do rúmen (TSE et al., 2006).

A moagem fina dos grãos aumenta a superfície de contato, além de causar rompimento da matriz proteica que engloba os grânulos de amido, aumentando assim a digestibilidade e melhorando o aproveitamento pelo animal (COSTA, 2013). Quando se une duas técnicas de processamento do grão, como no caso de silagem de grão reidratado (moagem com a reidratação) os nutrientes ficam mais expostos ao acesso dos

microrganismos, que atuaram no processo de fermentação do grão e dos microrganismos do rúmen (BATISTA, 2019).

Silva et al., (2018) combinaram a reidratação com a moagem fina dos grãos observaram aumento 28% na produção de ácido lático, redução dos teores de fibra em detergente neutro (8,71%) e fibra em detergente ácido (16,71%) quando comparado com a silagem de grão milho grosso reidratado. Silagem de grão reidratado apresenta em geral, melhor valor nutricional e maior digestibilidade do amido, quando comparados com o milho seco moído (MAIA et al., 2017).

O milho e o sorgo são os cereais mais utilizados na produção de silagens de grãos reidratados, são ricos em amido (65 a 75%) e são encontrados em grandes quantidades na dieta de ruminantes (PEREIRA, 2012). Apesar de serem os grãos mais utilizados para a produção de silagens de grãos reidratados, essa técnica é considerada relativamente nova no Brasil, causando escassez de informações com esse tipo de técnica no país.

Silva et al., (2016) observaram menor estabilidade aeróbica em silagem de grão reidratado quando comparado com as silagens de grão úmido de milho doce. Essa menor estabilidade pode estar ligada a uma maior quantidade de fungos presentes e maior quantidade de água disponível, além de que silagens que apresentam melhor valor nutricional são mais propensas a deterioração aeróbia, pelo fato de apresentar maiores teores de substratos, corroborando para desenvolvimentos de fungos e leveduras.

Rezendes et al., (2009) ao avaliarem o efeito do soro ácido em silagem de milho reidratada observaram maior produção de ácido lático, e teor de ácido acético variando de 1,5 a 2,3g /kg de MS melhorando, conseqüentemente, o processo de fermentação e a estabilidade aeróbia.

Bitencourt (2012), avaliando a substituição do milho moído por silagem de milho reidratado encontrou maior consumo de MS e menor teor de amido nas fezes dos animais submetidos ao tratamento com silagem de milho reidratado. Indicando assim melhor aproveitamento do mesmo, corroborando para aumento na produção de leite. A redução do teor de amido nas fezes está relacionada a ruptura da ligação amido-proteína, liberando o amido das prolaminas, tornando-o disponível para microrganismos do rúmen.

Morais (2016) observou que a técnica de ensilagem de grãos reidratados melhorou o valor nutricional do grão de milho quando comparados com o grão de milho seco. Entretanto, não foi observado diferença entre a fração solúvel, prontamente

digestível e indigestível, aditivadas ou não com bezoato de sódio para os dois tipos de processamento.

Já Batalha (2015) não observou diferença significativa em relação à silagem de grão úmido, grão reidratado e floculação do grão de milho para vacas produzindo em média 13 kg leite dia⁻¹. Assim a baixa produção de leite pode estar ligada ao baixo consumo de concentrado, pela ausência de diferença no consumo de nutrientes digestíveis totais, e da digestibilidade.

Junges et al. (2017) ao avaliar a composição química da silagem de grão reidratado de milho com diversas fontes proteolíticas observou teores de matéria seca variando de 67 a 68,3 % não variando entre si estatisticamente ($P > 0,05$), para os teores de pH e ácido lático, a silagem controle obteve os melhores resultados (3,74 e 1,93), mas em contrapartida o valor de $\text{NH}_3\text{-N}$ (N%), foi de 7,36, esse valor confirma a teoria dos autores, que fontes proteolíticas aumenta a solubilidade das prolaminas, corroborando positivamente na digestibilidade do amido.

Pizzutiet al. (2009), ao pesquisar o desenvolvimento de novilhas confinadas recebendo dieta contendo silagem de grão de sorgo com alta umidade ou grão de sorgo seco não encontraram diferença significativa para consumo de matéria seca em percentagem do peso vivo (2,74%; 2,78%), ganho de peso médio diário (0,80kg e 0,83kg), ganho de peso total (67,12 kg; 69,62kg) e em conversão alimentar (4,78kg; 4,63), esses valores podem ser explicados pelo aumento da fermentação ruminal causado pela maior disponibilidade do amido na silagem de grão de sorgo com alta umidade aumentando a fermentação ruminal, causando queda do pH, caracterizando acidose ruminal, reduzindo a absorção de nutrientes (LEE et al., 2006eSILVA et al., 2020).

Pinto et al., (2012) analisando silagem de grãos úmidos de cinco forrageiras (milho, sorgo, milheto, aveia e girassol), encontrou valores semelhantes de pH, matéria seca, fibra solúvel em detergente neutro, fibra solúvel em detergente ácido, carboidratos totais, carboidratos não fibrosos para as silagens de milho e sorgo. Os dados dos autores mais uma vez para solidificar a teoria que a sorgo pode substituir totalmente o milho na dieta dos animais, reduzindo os custos com alimentação.

4.5 Enzimas na alimentação animal

Na busca em elevar o aproveitamento dos nutrientes pelos animais as enzimas podem ser utilizadas para melhorar a digestibilidade dos alimentos reduzindo o consumo de matéria seca, além de prevenir possíveis casos de distúrbios gastrointestinais (FREITAS et al., 2018).

As enzimas começaram a ser utilizadas primeiramente para aves e suínos, pois se acreditava que as enzimas seriam degradadas no rúmen antes de serem capazes de promover algum efeito sobre a digestão. A partir da década de 60 essa perspectiva muda começando a aparecer alguns relatos de sua utilização na alimentação de ruminantes (BRITO, 2010).

As enzimas são proteínas globulares específicas, que possui função de catalisar as reações químicas acelerando a velocidade das reações, não afetando o equilíbrio das mesmas, não sendo alteradas durante o processo (NELSON e COX, 2014).

Cada enzima possui temperatura e pH ideal para executar suas funções, quando ocorre aumento de temperatura excessiva ou queda brusca do pH, as enzimas são desnaturadas fazendo com que a mesma perca suas funções (CAMPESTRINI et al., 2005).

As enzimas amilolíticas são compostos orgânicos capaz que hidrolisar grânulos de amido e seus produtos em moléculas de cadeia curta, tais como dextrinas, maltopentose, maltotriose, maltose e glicose (FREITAS et al., 2018).

As amilases são divididas de acordo com seu modo de ação em endoamilase e exoamilases. As enzimas classificadas como endoamilase atuam no interior da molécula de amido de maneira aleatória, formando oligossacarídeos ramificados. Já as exoamilases produzem produtos finais de cadeia curta, atuando de forma oposta a endoamilase, hidrolisando a extremidade não redutora do amido (GUPTA et al., 2003).

A utilização de enzimas exógenas na alimentação dos animais pode trazer efeitos benéficos, podendo diminuir o efeito de fatores antinutricionais dos alimentos, aumenta a ingestão de matéria seca e a degradação ruminal do amido, refletindo em aumento no ganho de peso e eficiência alimentar (MCGRATH et al., 2018; DI LORENZO et al., 2011).

A suplementação de enzimas amilolíticas em ruminantes, hidrolisa os grânulos de amido em moléculas menores de baixo peso molecular, alterando o processo de fermentação no ruminal. A utilização da amilase atua aumentando a produção de butirato ruminal, refletindo em menores concentrações de propianato, podendo resultar

em aumento na ingestão de matéria seca e maior desenvolvimento do epitélio ruminal em bezerros (TRICARICO; JOHNSTON e DAWSON, 2008)

O aumento da degradação ruminal do amido, incrementa a digestibilidade da fibra através do mecanismo de “alimentação cruzada”, onde o aumento na degradação do amido, aumenta o aporte de oligossacarídeos no rúmen, que são utilizados como fonte de energia pelos microrganismos fibrolíticos, aumentando sua população no rúmen, resultando em incrementos na digestibilidade da fração fibrosa da dieta (DI LORENZO ET AL., 2011; TRICARICO ET AL., 2007).

Brito, (2010) avaliaram níveis de enzimas (0; 0,3; 0,9; e 2,7 g/kg MS), sobre o efeito do desempenho animal, não encontraram diferenças significativas para nenhuma das variáveis analisadas (ganho de peso, rendimento de carcaça, área de olho de lombo). O autor explica que quando se trabalha com enzimas podem ocorrer grande diferenças entre os resultados, que pode ser influenciada pelas características da própria enzima ou por fatores ligados ao ambiente ou ao tipo de alimento utilizado.

Silva et al., (2014) avaliaram o uso de enzimas amilolíticas exógenas sobre a fermentação ruminal em animais confinados com dietas com elevada proporção de concentrado, não observaram alteração na fermentação ruminal.

Freitas et al. (2018) ao avaliarem o efeito da amilase exógena, aplicada diretamente sobre o alimento ou no líquido ruminal, em diferentes doses e diferentes períodos de incubação sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca de milho, encontraram influência do tempo de incubação e da forma de aplicação. Sendo que os melhores resultados foram encontrados quando a enzima foi aplicada diretamente sobre o milho, na concentração de 10 mL para os tempos de incubação de 12 e 24 horas.

Oliveira et al. (2019), ao estudarem o efeito de enzima amilolítica exógena, sobre a qualidade da silagem de grão reidratado e seus efeitos sobre o desempenho de cordeiro, concluíram que, a aplicação da enzima melhorou a fermentação da silagem devido a maior disponibilidade de carboidratos solúveis, oriundo da solubilização do amido pela amilase, e resultou em melhoras no desempenho dos animais.

Klingerman et al. (2009) testaram um produto comercial (0,4 g/kg de TMR MS) e duas formulação experimentais (0,88 mL /kg de MS TMR e 4,4 mL/kg de MS TMR) de enzima amilolítica, sobre a produção de vacas leiteiras, e observaram efeito positivo sobre a produção de leite corrigido para gordura, para os animais que consumiram dieta com adição do produto comercial e 4,4 mL/kg de MS TMR, sobre os teores de proteína e gordura do leite os mesmos não foram afetados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de dezembro a fevereiro de 2019 na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal de Grande Dourados, Unidade II.

1.5 Experimento I

1.5.1 Preparo das silagens

Os grãos de milho e sorgo usado neste experimento foi colhido durante a safra 2018/2019. Após colheita, os grãos de milho e sorgo foram moídos em moinhos de facas (4 mm), foram hidratados até atingirem teor de matéria seca entre 50 a 55% e homogeneizados. Os silos experimentais foram feitos em tubos de polietileno de 40 cm de altura e 30 cm de diâmetro. No fundo dos silos, foi colocado areia seca (2 kg) separada da forragem por um tecido de náilon (50 mesh – porosidade) para quantificação do efluente produzido. Após a compactação do material, os silos experimentais foram vedados com fita adesiva, pesados e armazenados. A composição química do material antes de ser ensilado consta na tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica dos grãos antes da ensilagem (percentagem na base da matéria seca)

Nutrientes %	Sorgo	Sorgo + E	Milho	Milho + E
Matéria seca	58,30	57,80	59,30	56,60
Matéria orgânica	98,40	98,30	98,30	98,50
Cinzas	1,59	1,63	1,64	1,50
Extrato Etéreo	1,71	1,18	4,22	3,43
Proteína bruta	12,55	11,40	11,00	10,90
Fibra em detergente neutro	14,01	13,90	12,82	11,80
Fibra em detergente ácido	4,90	4,50	4,01	3,90

Foram utilizados 28 silos experimentais distribuídos em esquema fatorial 2X 2, sendo dois níveis de enzima e dois cereais, onde os tratamentos foram: Tratamento 1:

silagem de milho reidratado sem a adição de enzima α -AMILASE; Tratamento 2: silagem de milho reidratado com α -AMILASE (amilase, Kerazyme 3035, atividade enzimática 300 U mL⁻¹); Tratamento 3: silagem de sorgo reidratado sem a adição de enzima α -AMILASE; Tratamento 4: silagem de sorgo reidratado com α -AMILASE (amilase, Kerazyme 3035, atividade enzimática 300 U mL⁻¹).

1.5.2 Perdas fermentativas

Aos 45 dias de fermentação, os silos foram novamente pesados para a determinação das perdas por gases e, em seguida, abertos. As perdas por gases foram calculadas de acordo com a equação a seguir:

$$PG = \frac{PSi - PSF}{MSE} \times 100$$

em que: PG = perda por gases (% da MS); PSi = peso do silo cheio e fechado (kg); PSf = peso do silo no momento da abertura (kg); e MSE = matéria seca ensilada (quantidade em kg x teor de MS).

Após a retirada da silagem, o conjunto silo, areia e tecido de náilon foram pesados para a quantificação do efluente produzido. A determinação da produção de efluente foi calculada pela equação:

$$PE = \frac{PSAf - PSAi}{MNE} \times 1000$$

em que: PE = produção de efluente (kg de efluente/tonelada de matéria natural ensilada); PSAf = peso do conjunto silo, areia e tela de náilon após da abertura (kg); PSAi = peso do conjunto silo, areia e tela de náilon antes da ensilagem (kg); e MNE = quantidade de forragem ensilada (kg).

A recuperação da MS (RMS) foi calculada conforme a equação:

$$RMS = \frac{MSi}{MSF} \times 100$$

em que: MSf = quantidade de MS final; MSi = quantidade de MS inicial (JOBIM et al., 2007).

1.5.3 Estabilidade aeróbica

Após a abertura dos silos, as amostras foram colocadas em baldes plásticos, pesadas e armazenadas em temperatura ambiente para avaliação da estabilidade aeróbica. A mensuração de temperatura no interior das silagens (0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 78, 84, 90, 96, 102, 108, 114, 120 e 126 horas) foi feita com termômetro digital de infravermelho. Também foram registradas a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar atrás de termo-higrômetro digital. A estabilidade aeróbica foi calculada como o tempo gasto, em horas, para a massa de forragem elevar em 1°C em relação à temperatura do ambiente (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK; VAN WIKSELAAR, 2001).

A determinação do pH das silagens foi feita com uso de potenciômetro nos tempos 0, 24, 48, 72, 96 e 120 horas (KUNG JR et al., 1984). Para a MS retirava-se ± 100 g do material ensilado nas horas 0, 24, 48, 72, 96 e 120 que posteriormente foram colocados em estufa a 105° por 24 horas (método 950.15; AOAC, 2000). As perdas na massa ensilada foram calculadas pela diferença no conteúdo de MS inicial e final dos silos, em relação à quantidade de MS da forragem ensilada, conforme equação descrita por Jobim et al., (2007).

1.5.4 Valor nutricional

Após abertura dos silos, amostras de cada repetição foram coletadas e levadas para pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55° C por 72h e após este período foram moídas em moinho do tipo Willey a 1 mm, e secas por 16h em estufa a 105° C para determinar a matéria seca (MS, método 950.15), cinza (método 942.05), matéria orgânica (MO, 1000-cinzas), proteína bruta (PB, $N \times 6.25$, método Kjeldahl 984.13) extrato de etéreo (EE, método 920.39), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (método 973.18), (AOAC, 2000).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos conforme método descrito por Van Soest; Robertson; Lewis (1991) e o teor de amido conforme metodologia descrita por Hendrix (1993). As concentrações em carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidas a partir da equação: $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinzas + \%FDN)$.

1.5.5 Análise microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com Silva et al., (1997), com adaptações. As amostras (10 g) foram diluídas em solução de cloreto de sódio esterilizada (9 g / l, 90 ml). A partir desta suspensão bacteriana, foi obtida a diluição de 10^{-2} , retirando uma alíquota de 1 mL e adicionando em um tubo de ensaio contendo 9 mL de solução salina (cloreto de sódio 0,9%) e homogeneizado em VORTEX. O processo foi repetido até a diluição de 10^{-6} . A contagem de microrganismos foi realizada em triplicata através de diluições decimais em placas de Petri.

Para as bactérias do ácido láctico foi utilizado o método de plaqueamento em profundidade (pourplate) no meio de cultura MRS (De Man, Rogosa e Sharpe), as placas foram incubadas em estufa a 35 °C por 48 horas. Para análise de bactérias aeróbias, foi utilizado o método de plaqueamento em gotas (dropplate) e para 48 as anaeróbias facultativas o método utilizado foi de plaqueamento em profundidade (pourplate) no meio de cultura PCA (Plate Count Ágar). As placas foram incubadas em estufa a 34 °C por 48 horas, para os microrganismos aeróbicos e a 37° C por 48 horas, para os microrganismos anaeróbicos facultativos.

Para fungos totais, foi feito plaqueamento em superfície (spread plate) no meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA), e as placas foram incubadas em estufa a 26° C por 120 horas. Após o tempo de incubação, realizou-se a contagem dos microrganismos. Considerando apenas as placas que apresentaram contagem entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias. Realizou-se a média aritmética. Os valores absolutos foram obtidos a partir de UFC e depois transformados em log. Todas as análises acima citadas, foram realizadas no primeiro dia de abertura dos silos.

1.5.6 Cinética ruminal

Foram utilizados três animais F1 Holandês x Zebu, canulados no rúmen, com peso médio de 450 ± 30 kg, alimentados duas vezes ao dia (07:00 e as 15:00 horas) com feno de gramíneas de *Cynodon* spp. (12%), e o concentrado composto por silagem de grão reidratado (68%), uma mistura proteica mineral (20%), contendo a relação volumoso: concentrado de 12:88. Os animais passaram por um período de adaptação foi de 10 dias.

Para avaliação da cinética ruminal, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados. As amostras foram moídas em peneiras com crivo de 2mm. Foram colocadas quatro gramas de amostras em sacos de TNT-100, medindo 10 x 20 cm, e colocados em sacolas de filó, medindo 20 x 40 cm, com seis repetições, juntamente com pesos de chumbo de 100g. As sacolas foram amarradas com fio de nylon, deixando comprimento livre de 1 m para que as mesmas tivessem livre movimentação nas fases sólidas e líquidas do rúmen. As sacolas foram então depositadas na região do saco ventral do rúmen por tempo de incubação na ordem inversa (0, 3, 6, 9, 12, 24, 36 e 48 horas) para serem retirados todos ao mesmo tempo, ao final do período, e desta forma, promover lavagem uniforme do material por ocasião da retirada do rúmen. Todos os sacos, após o término do período de incubação, foram retirados do rúmen e imediatamente lavados manualmente em água corrente até que estes se apresentassem limpos, sendo em seguida colocados em estufa a 55°C com ventilação forçada por 72 horas. Os sacos referentes ao tempo zero, para determinar a fração solúvel, foram introduzidos na massa ruminal e imediatamente retirados, recebendo, o mesmo tratamento destinado aos demais tempos.

Os resíduos remanescentes nos sacos de TNT, recolhidos no rúmen foram analisados quanto aos teores de MS, (método 950.15) de acordo a AOAC (2000). A porcentagem de degradação foi calculada pela proporção de alimentos remanescentes nos sacos após a incubação ruminal.

Os dados obtidos foram ajustados para uma regressão não linear pelo método de Gauss-Newton (NETER, WASSWRAM e KUTNER 1985), por meio do software SAS (SasInstitute, NC, Cary), conforme a equação proposta por (ORSKOV e MCDONALD, 1979): $Y = a + b(1 - e^{-ct})$, em que: Y = degradação acumulada do componente nutritivo analisado, após o tempo t; a = intercepto de curva de degradação quando t = 0, que corresponde à fração solúvel em água do componente nutritivo analisado; b = potencial da degradação da fração insolúvel em água do componente nutritivo analisado; a+b = degradação potencial do componente nutritivo analisado quando o tempo não é fator limitante; c = taxa de degradação por ação fermentativa de b; t = tempo de incubação.

Depois de calculados, os coeficientes a, b e c foram aplicados à equação proposta por Orskove McDonald (1979): $DE = a + (bxc/c+k)$, em que: DE = degradação ruminal efetiva do componente nutritivo analisado; k = taxa de passagem do alimento.

Assumiram-se taxas de passagem de partículas no rúmen estimadas em 2, 5 e 8% h⁻¹, conforme sugerido pelo AFRC (1993).

1.5.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos ao SAS (Version 9.4, SAS Institute, Cary, NC 2015), verificando a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias pelo PROC UNIVARIATE.

Os dados foram analisados, pelo PROC MIXED de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_i = \mu + S_i + E_j + S_i * E_j + e_{ij}$$

Onde: Y_i = variável dependente, μ = média geral, S_i = efeito fixo de silagem ($i = 1$ a 2); E_j = efeito de enzima e $S_i * E_j$ = efeito de interação e e_{ij} = erro. Os graus de liberdade serão corrigidos por DDFM= kr. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo comando PROC MIXED do SAS, versão 9.4 (SAS, 2015), adotando-se nível de significância de 5%. Quando encontrado interação as mesmas foram desdobradas pelo teste de Fisher utilizando o comando PDIF do SAS 9.4.

Para avaliação da estabilidade aeróbia os dados foram avaliados por medidas repetidas no tempo, adotando-se nível de significância de 5%.

1.6 Experimento II

1.6.1 Animais, instalações e dietas

Doze cordeiros inteiros ($27,3 \pm 7,5$ kg de peso corporal e $6,4 \pm 0,3$ meses) foram distribuídos em três quadrados latino 3×4 , composto por períodos de 14 dias, com os últimos quatro dias para coleta de dados e amostragem. A dieta foi formulada com ganho médio diário de 200 g, utilizando o Small Ruminants Nutritional System (SRNS) (Tabela 2). Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas e alimentados duas vezes ao dia, entre as 07:00 e as 13:00 horas. Cordeiros dentro de cada quadrado foram distribuídos aleatoriamente de acordo com as seguintes dietas experimentais: SGUS; SGUS+E; SGUM; SGUM+E. A dieta fornecida continha a relação volumoso:

concentrado de 12:88, onde o volumoso foi feno de gramíneas de *Cynodon* spp. (12%), e o concentrado composto por silagem de grão reidratado (68%), uma mistura proteica mineral (20%) constituída de grão de soja moído (85%) e mistura mineral (15%). Amostras de alimentos e sobras foram coletadas diariamente durante o período de amostragem e reunidas em uma amostra composta para análises químico-bromatológicas subsequentes.

1.6.2 Consumo e digestibilidade de matéria seca e nutrientes

Diariamente foram feitas pesagens da quantidade de alimentos, concentrado e das sobras de cada tratamento com a finalidade de estimativa do consumo. Para a avaliação do consumo, as sobras da dieta foram pesadas diariamente sendo ajustado o fornecimento para consumo *ad libitum* com sobras calculadas em 10 a 15%.

Para estimativa da digestibilidade aparente total da matéria seca e dos nutrientes, foi realizado coleta total de fezes no 11º e 13º dia de cada período experimental. As amostras obtidas foram homogeneizadas para compor uma amostra composta de cada animal em cada período. As amostras de fezes coletadas foram pré-secas em estufa com ventilação forçada (60°C/72 horas) e processadas em moinho de facas com peneiras de porosidade 1 mm. Posteriormente estas amostras foram analisadas quanto a MS, MO, PB, EE, FDN e amido de acordo com a metodologia anteriormente descrita para análise de alimentos.

Tabela 2- Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais

Ingredientes	Dietas experimentais (g/kg) ¹			
	SGUS	SGUS+E	SGUM	SGUM+E
Feno Tifton	300	300	300	300
SGRM	400	-	-	-
SGRM + E	-	400	-	-
SGRS	-	-	400	-
SGRS + E	-	-	-	400
Grão de soja moído	250	250	250	250
Mineral mix ¹	50	50	50	50
Composição nutricional (g/kg MS)				
Matéria seca	703.6	663.3	684.0	637.7
Matéria orgânica	936.0	936.3	975.0	984.1
Proteína bruta	142.0	161.0	159.9	162.3
Extrato etéreo	64.0	63.0	65.3	65.2
Amido	429.8	446.8	450.3	436.6
Fibra em detergente neutro	142.0	161.0	159.9	162.3
Fibra em detergente ácida	74.0	77.2	75.3	76.2
Lignina	30.1	28.5	28.0	25.4
Carboidrato não-fibroso	480.0	429.8	481.6	496.1
Cinzas	63.9	63.6	62.7	63.2
Nutrientes digestíveis totais ²	836.6	834.5	835.9	835.2
Energia Líquida de Ganho	1.89	1.90	1.90	1.90

SGUS: silagem de sorgo reidratado sem a adição de enzima α -AMILISASE; SGUS+E: silagem de sorgo reidratado com α -AMILISASE (amilase, Kerazyme 3035, atividade enzimática 300 U mL⁻¹); SGUM: silagem de milho reidratado sem a adição de enzima α -AMILISASE; SGUM+E: silagem de milho reidratado com α -AMILASE (amilase, Kerazyme 3035, atividade enzimática 300 U mL⁻¹).

¹Níveis de garantia (kg/produto): Cálcio: 120,00 g, Fósforo: 88,00 g, Iodo: 75,00 mg, Manganês: 1300,00 mg, Sódio: 126,00 g, Selênio: 15,00 mg, Enxofre: 12,00 mg, Zinco: 3630,00 mg, Cobalto: 55,50 mg, Cobre: 1530,00 mg e Ferro: 1800,00 mg.^{2,3}Calculado de acordo com o (NRC 2001).

1.6.3 Fermentação ruminal

No 14º dia de cada período experimental, 4 horas após alimentação foi coletado líquido ruminal através de sonda esofágica de acordo com Ortolaniet al. (1981). Imediatamente após a coleta, o pH foi mensurado através de potenciômetro. A leitura foi feita com potenciômetro digital (MB-10, Marte, Santa Rita do Sapucaí, Brasil).

A amônia-N foi determinada pelo método colorimétrico de fenol-hipoclorito (Broderick e Kang, 1980)

1.6.4 Balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana

Nos dias 12 e 13 de cada período experimental foram realizadas coletas totais de urina para quantificação do volume urinário. Foram coletadas amostras spot durante a micção espontânea, às 11h00, ou seja, quatro horas após o fornecimento da refeição às 07h00. Uma alíquota de 10 mL da urina foi diluída em 40 mL de ácido sulfúrico 0,036 N.

Nesse processo, o pH foi ajustado, se necessário, para valores abaixo de 3, com gotículas de concentrado ácido sulfúrico, visando prevenir a destruição bacteriana dos derivados de purina e precipitação do ácido úrico. As amostras foram armazenadas a – 18 °C para análises posteriores os derivados da purina alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina.

As análises desses derivados foram realizadas conforme a técnica descrita por Chen e Gomes (1992). Purinas microbianas absorvidas (X , mmol dia⁻¹) foram calculados a partir da excreção de derivados de purina (Y , mmol dia⁻¹), pela seguinte equação: $Y = 0,84X + (0,150 BW^{0,75} e^{-0,25X})$, em que 0,84 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados da purina urinária e $0,150 BW^{0,75} e^{-0,25X}$ é a contribuição endógena à excreção de purinas (VERBIC et al., 1990). O fluxo intestinal dos compostos nitrogenados (Y , g N dia⁻¹) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas (X , mmol dia⁻¹), usando a seguinte equação: $Y = (70X) / (0,83 \times 0,116 \times 1000)$, em que 70 é o teor de N nas purinas (mg/N mmol); 0,83 é a digestibilidade das microbianas purinas; e 0,116 é a Purina N: bacteriana N. A produção microbiana foi expressa como g N microbiano (gramas de N microbiano) e P microbiano (gramas de proteína microbiana).

Para o balanço de nitrogênio foi realizado a quantificação do teor de nitrogênio da urina e fezes de acordo com a (AOAC, 2000). O cálculo foi realizado de acordo com as seguintes fórmulas:

$$N_{\text{absorvido}} = N_{\text{consumido}} - (N_{\text{fezes}})$$

$$N_{\text{retido}} = N_{\text{consumido}} - (N_{\text{fezes}} + N_{\text{urina}})$$

1.6.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos ao SAS (Version 9.4, SAS Institute, Cary, NC 2015), verificando a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias pelo PR UNIVARIATE.

Os dados foram analisados, pelo PROC MIXED de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + C_k + D_l + e_{ijkl}$$

onde: Y_{ijkl} = variável dependente, μ = média geral, A_i = efeito de animal ($i = 1$ a 12), P_j = efeito do período ($j = 1$ a 3), C_k = efeito do quadrado ($k = 1$ to 3), D_l = efeito de dieta ($l = 1$ a 3) e e_{ijkl} = erro. O efeito aleatório do modelo (random) foi caracterizado por: A_i e P_j . Os graus de liberdade foram corrigidos por DDFM = kr. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo comando PROC MIXED do SAS, versão 9.4 (SAS, 2015), adotando-se nível de significância de 5%.

RESULTADOS

1.7 Experimento I

As perdas por efluentes em kg/ton ou em %MS não foram afetadas pelo tipo de grão, enzima ou interação desses fatores ($P = 0.452$ e $P = 0.317$). Houve efeito da interação Grão x Enzimas apenas para a variável de perdas por gases na matéria natural (PG MN) ($P = 0.026$), onde a adição de enzima amilolítica aumentou significativamente as perdas por gases em relação aos tratamentos sem adição de enzima.

A silagem de grão reidratado de milho (SGUM) apresentou maior perda por gás na matéria seca (PG MS) ($P = 0.037$) e perda de matéria seca total (PMST) ($P = 0.049$), resultando em uma menor Recuperação de matéria seca (REC MS) ($P = 0.004$), quando comparados com a silagem de sorgo. Houve efeito da enzima sobre a REC MS ($P = 0.003$), a adição da enzima amilolítica reduziu em 10 % a recuperação de MS (Tabela 3).

Tabela 3. Perdas fermentativas de acordo com as dietas experimentais

Item	TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS				EPM	Valor de P		
	SGUS	SGUS+E	SGUM	SGUM+E		Silagem	Enz	Int
PG MN	4.99 ^b	8.82 ^a	4.48 ^b	11.70 ^a	0.664	0.112	<.0001	0.026
PG MS	2.78	2.89	2.94	2.93	0.022	0.037	0.247	0.201
PE (kg/to)	37.38	37.60	36.80	41.44	1.405	0.578	0.409	0.452
PE MS	1.45	1.43	1.44	1.65	0.056	0.348	0.389	0.317
PMST	4.23	4.33	4.38	4.59	0.054	0.049	0.155	0.581
REC MS	87.41	82.30	83.54	78.62	0.839	0.004	0.003	0.936

SGUS: silagem de sorgo reidratado; SGUS+E: silagem de grão reidratado de sorgo com enzima amilolítica; SGUM: silagem de grão reidratado de milho; SGUM+E: silagem de grão reidratado de milho+ enzima amilolítica. ²EPM (erro padrão da média).^{a-c} letras diferentes na mesma linha diferenciam-se a 5% no teste de Tukey ajustado pelo PROC MIXED do SAS.

Não houve efeito da interação Grão x Enzima para todas as variáveis presentes na tabela 4. A SGUM apresentou maior contagem de bactérias ácido lácticas ($P = 0.021$), fungos ($P = 0.024$) e maior valor de pH ($P = 0.001$) em relação a Silagem de grão reidratada de sorgo (SGUS). Entretanto a SGUS apresentou maior contagem de leveduras ($P = 0.011$) em relação a SGUM.

Houve efeito da enzima sobre a contagem de bactérias ácido lácticas ($P = 0.022$), fungos ($P = 0.004$), pH ($P = 0.021$) e amônia total (N-NH₃ (%NT)) ($P = 0.001$), onde a Silagem de grão reidratada de sorgo com enzima (SGUM+E) apresentou maior contagem de bactérias ácido lácticas, influenciando para redução de 0.78% no pH e de 23% na produção de N-NH₃ (%NT). A utilização da enzima na SGUS+E reduziu em 2.52% a contagem de fungos em relação a Silagem de grão reidratado de milho com enzima (SGUM+E) (tabela 4).

Tabela 4. Perfil microbiológico de acordo com os tratamentos experimentais

Item	TRATAMENTOS experimentais				EPM	Valor de P		
	SGUS	SGUS+E	SGUM	SGUM+E		SILAGEM	ENZ	INT
	Bactérias (log10)							
Láticas	6.86	5.65	7.51	6.48	0.112	0.021	0.022	0.558
Totais	6.04	5.11	7.67	5.95	0.141	0.214	0.547	0.654
Aeróbicas	6.34	6.85	7.28	5.70	0.222	0.324	0.332	0.214
	(log10)							
Fungos	6.04	6.18	8.15	6.34	0.224	0.024	0.004	0.654
Leveduras	5.65	5.90	4.56	5.92	0.321	0.011	0.554	0.221
Fermentação								
pH	3.84	3.83	4.58	3.80	0.022	0.001	0.021	0.547
N-NH ₃ (%NT)	32.03	23.97	43.67	18.45	2.547	0.554	0.001	0.478

Não houve interação para todas as variáveis avaliadas da Tabela 5, exceto para carboidratos não fibrosos (CNF) ($P = 0.032$), onde a adição de enzima reduziu o conteúdo de CNF. Os silos tratados com enzima apresentaram maior ($P = 0,017$) teor de Fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e menores de ($P = 0,047$). Amido em relação as silagens sem adição de enzima (Tabela 3). Em relação aos diferentes tipos de grãos, observou-se que as SGUM apresentaram maior teores de Matéria orgânica (MO), Extrato etéreo (EE), Amido, nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia líquida de ganho (ELg) em relação a SGUS.

Tabela 5. Valor nutricional das silagens de grãos reconstituídos sem e com enzima amilolítica

Itens	TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS				EPM	VALOR DE P		
	SGUS	SGUS+E	SGUM	SGUM+E		SILAGEM	ENZ	INT
MS	59.80	58.65	58.60	59.72	0.213	0.932	0.982	0.172
MO	98.73	98.55	98.72	98.80	0.245	0.009	0.270	0.105
PB	11.41	10.63	10.68	10.18	0.001	0.121	0.094	0.710
NIDN % MS	0.65	0.611	0.64	0.658	0.001	0.135	0.541	0.542
NIDA	0.29	0.27	0.28	0.27	0.002	0.245	0.145	0.235
EE	3.04	3.58	4.09	4.56	0.004	0.007	0.161	0.918
FDN	11.55	14.07	10.88	12.54	0.354	0.172	0.017	0.057
AMIDO	61.82	59.76	70.07	66.82	0.847	0.040	0.047	0.128
CNF	72.72 ^b	70.26 ^c	75.06 ^a	73.56 ^{ab}	0.987	0.078	0.011	0.032
NDT	85.22	85.23	87.06	87.87	1.234	0.005	0.215	0.215
ELg	1.96	1.98	2.01	2.05	0.547	0.012	0.454	0.554

SGUS: silagem de sorgo reidratado; SGUS+E: silagem de grão reidratado de sorgo com enzima amilolítica; SGUM: silagem de grão reidratado de milho; SGUM+E: silagem de grão reidratado de milho+ enzima amilolítica. ²EPM (erro padrão da média). ^{a-c} letras diferentes na mesma linha diferenciam-se a 5% no teste de Tukey.

Foi observado efeito da interação silagem * enzima (P =0.002), silagem * tempo (P =0.002) e enzima * tempo (P =0.001) sobre os valores de pH após a exposição aeróbia. Até 42 horas de exposição aeróbia, os menores valores de pH foram observados para SGUS+ E, SGUM e SGUM + E, a partir de 42 horas de exposição aeróbia o pH de SGUM aumentou gradativamente com o aumento do tempo de exposição aeróbia, atingindo seu maior valor com 144 horas de exposição (pH = 7). A silagem SGUS manteve o pH constante ao longo da exposição aeróbia (figura 3).

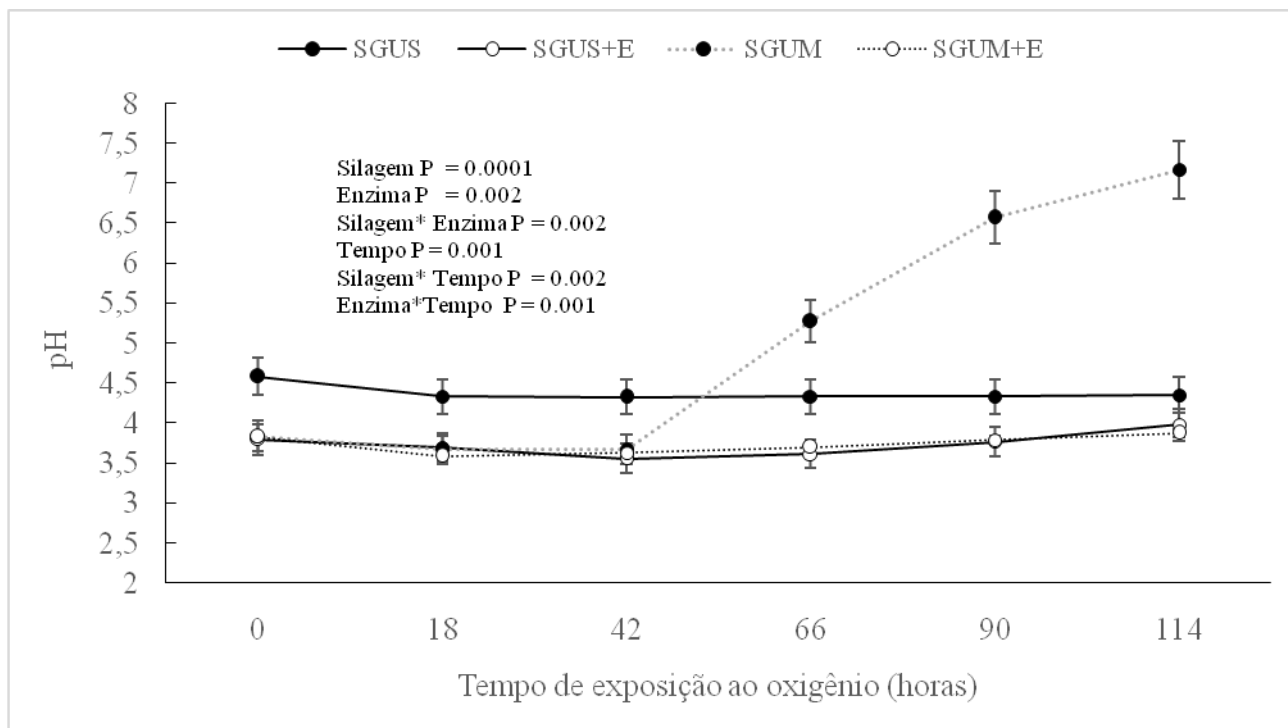


Figura 3. Mensuração do pH dos silos experimentais no período de exposição ao oxigênio

A inclusão de enzimas não influenciou a estabilidade aeróbica ($P > 0,05$). A variação da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) no período de exposição ao oxigênio foi influenciada pelo tipo de grão ($P < 0,01$), pelo tempo de exposição ao oxigênio, ocorrendo interação ($P < 0,01$) silagem* enzima, silagem* tempo e enzima * tempo, onde a SGUM apresentou menor temperatura as 66 horas de exposição ao oxigênio, e a SGUS apresentou maior temperatura 114 e 116 horas. Os tratamentos com enzima apresentaram maior constância de temperatura em relação ao tempo de exposição ao oxigênio (Figura 4).

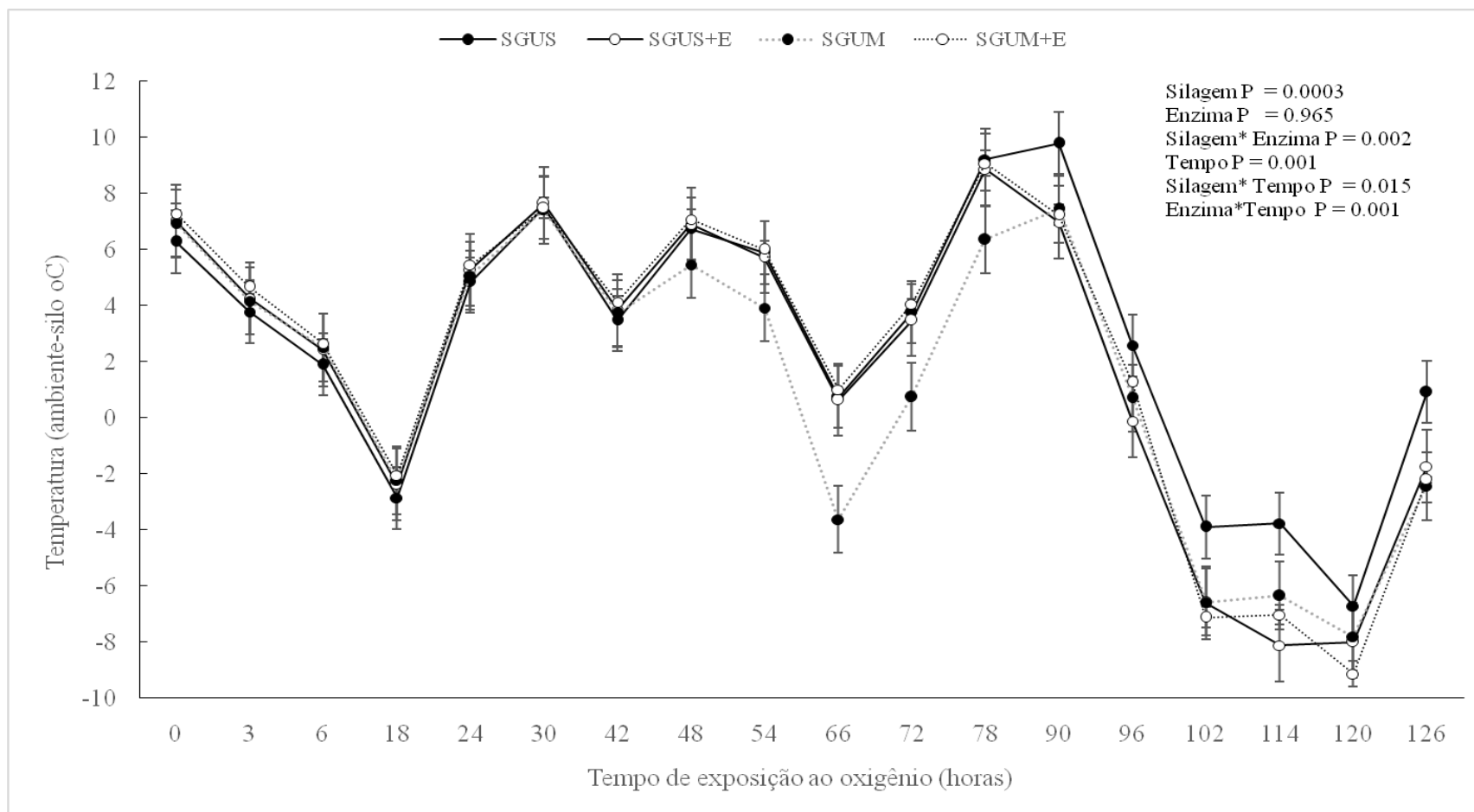


Figura 4- Diferença de temperatura ambiental e das silagens experimentais no período de exposição ao oxigênio de acordo com os tratamentos experimentais.

Não foi observado efeito da interação Grão x Enzima ($P > 0.05$) para a fração solúvel “A”, insolúvel potencialmente degradável “B”, indegradável “C”, degradação potencial (DP) e fração indigestível (FI) (tabela 6).

Houve efeito da enzima sobre a fração A, B e DP. Maiores valores da fração A foi encontrado na SGUS+E ($P= 0.001$), entretanto a SGUM+E apresentou maiores valores ($P= 0.002$) da fração B e DP ($P= 0.050$).

A SGUS apresentou maiores valores da fração A ($P= 0.002$), C ($P=0.001$) e da FI ($P= 0.002$), resultando em menores valores ($P= 0.001$) da fração B e da DP, quando comparados com a silagem de milho.

Tabela 6. Degradabilidade da matéria seca das silagens de grãos reconstituídos sem e com enzima amilolítica

Item	TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS				EPM	Valor de P		
	SGUS	SGUS+E	SGUM	SGUM+E		SILAGEM	ENZ	INT
Fração A	49.21	54.09	37.61	46.95	2.652	0.002	0.001	0.564
Fração B	30.94	21.99	45.18	39.25	1.871	0.001	0.002	0.678
Fração C	0.07	0.09	0.02	0.03	0.001	0.001	0.548	0.632
DP	80.15	76.08	82.79	86.20	5.581	0.001	0.050	0.324
FI	19.85	23.92	17.21	13.80	2.887	0.002	0.547	0.412

¹DP= Degradabilidade potencial %;²= Fração indegradável. SGUS: silagem de sorgo reidratado; SGUS+E: silagem de grão reidratado de sorgo com enzima amilolítica; SGUM: silagem de grão reidratado de milho; SGUM+E: silagem de grão reidratado de milho+ enzima amilolítica.

1.8 5.2 Experimento II

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) do tipo de grão, enzima ou a interação desses fatores sobre o consumo de nutrientes (kg/dia), exceto para o consumo de amido ($P = 0.047$), onde houve efeito de interação grão * enzima, onde a dieta contendo SGUM +E apresentou um consumo superior de 8% em relação aos demais tratamentos que foram semelhantes entre si (Tabela 7). Não houve efeito ($P > 0,05$) do tipo grão, enzima e da interação desses fatores sobre os coeficientes de digestibilidade para as variáveis MS, PB, EE, FDN e amido. Houve efeito da enzima sobre o consumo de MO, onde a adição da enzima reduziu o consumo de MO em relação as silagens sem sua adição.

Tabela 7. Consumo e digestibilidade de matéria seca e nutrientes de acordo com as dietas experimentais

ITEM	Tratamentos Experimentais				EPM	Valor de P		
	SGUS	SGUS+E	SGUM	SGUM+E		Silagem	ENZ	INT
Consumo kg/dia								
MS	1.230	1.180	1.140	1.280	0.032	0.966	0.397	0.072
MO	1.140	1.090	1.060	1.200	0.030	0.773	0.392	0.065
PB	0.190	0.181	0.182	0.204	0.007	0.357	0.476	0.080
EE	0.108	0.102	0.108	0.120	0.005	0.197	0.656	0.217
FDN	0.301	0.280	0.268	0.302	0.008	0.695	0.659	0.060
AMIDO	0.536 ^b	0.509 ^{bc}	0.495 ^c	0.562 ^a	0.014	0.806	0.386	0.047
Digestibilidade (%)								
MS	80.38	78.83	78.64	77.93	0.872	0.377	0.450	0.778
MO	82.91	79.48	81.68	77.75	0.852	0.299	0.013	0.859
PB	75.61	73.22	74.10	69.08	1.140	0.148	0.031	0.493
EE	86.32	89.01	89.60	86.28	0.961	0.867	0.847	0.073
FDN	64.82	56.71	56.67	56.62	2.263	0.371	0.376	0.383
AMIDO	92.30	91.76	91.05	91.20	0.475	0.240	0.921	0.651

SGUS: silagem de sorgo reidratado; SGUS+E: silagem de grão reidratado de sorgo com enzima amilolítica; SGUM: silagem de grão reidratado de milho; SGUM+E: silagem de grão reidratado de milho+ enzima amilolítica. ²EPM (erro padrão da média).^{a-c} letras diferentes na mesma linha diferenciam-se a 5% no teste de TUKEY ajustado pelo PROC MIXED do SAS.

Não houve efeito do tipo de grão, enzima ou da interação desses fatores sobre o consumo de nitrogênio, excreção de N na urina e fezes e no nitrogênio absorvido e retido. Houve interação do tipo de grão com a enzima sobre ureia no sangue e N-NH₃. Os cordeiros que consumiram a dieta contendo a SGUM + E, apresentaram maior concentração de amônia ruminal em relação a SGUM, SGUS e SGUS + E. O maior (P< 0,05) de N-NH₃ no líquido ruminal está relacionado a maior quantidade de CNF, encontrado na SGUM+E. Não houve diferença significativa (P=0.547) para o pH do líquido ruminal dos cordeiros alimentados com dietas contendo os diferentes tipos de silagem (Tabela8).

Tabela 8. Balanço de nitrogênio, síntese de proteína microbiana e parâmetros da fermentação ruminal de acordo com as dietas experimentais

ITEM	TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS				EPM	VALOR DE P		
	SGUS	SGUS+E	SGUM	SGUM+E		SILAGEM	ENZ	INT
Consumo g/dia								
Nitrogênio	30.47	28.96	29.25	32.76	1.123	0.357	0.476	0.080
Excreção g/dia								
Fezes	7.35	7.67	7.43	10.15	0.499	0.106	0.056	0.128
Urina	7.43	8.27	7.84	9.38	0.630	0.413	0.202	0.707
Balanço g/dia								
Absorvido	23.11	21.28	21.82	22.61	0.901	0.987	0.685	0.310
Retido	15.68	13.00	13.97	13.22	0.986	0.659	0.311	0.567
Síntese de nitrogênio microbiano (g/dia)								
Nitrogênio	16.07	15.08	15.23	14.076	1.130	0.639	0.584	0.966
Proteína	100.45	94.25	95.21	87.97	7.064	0.639	0.584	0.966
Ureia (mg/dL)								
Urina	243.45	244.67	249.48	216.56	10.302	0.459	0.290	0.255
Sangue	81.91	78.86	67.60	88.20	6.803	0.668	0.137	0.048
Rúmen								
pH	5.87	5.79	5.82	5.88	0.021	0.871	0.687	0.547
N-NH ₃	25.80 ^b	26.29 ^b	23.59 ^c	29.48 ^a	2.062	0.547	0.021	0.021

SGUS: silagem de sorgo reidratado; SGUS+E: silagem de grão reidratado de sorgo com enzima amilolítica; SGUM: silagem de grão reidratado de milho; SGUM+E: silagem de grão reidratado de milho+ enzima amilolítica. ²EPM (erro padrão da média). ^{a-c} letras diferentes na mesma linha diferenciam-se a 5% no teste de TUKEY ajustado pelo PROC MIXED do SAS.

DISCUSSÃO

As menores recuperação de MS para as silagens aditivadas com amilase é reflexo da maior perda por gases nesse material. A amilase ao solubilizar o amido, fornece uma maior quantidade de açúcares fermentescíveis para bactérias do ácido-láticas (BAL), aumentando a extensão da fermentação. Durante a fermentação dos açúcares solúveis, houve a formação de ácidos orgânico, bem como de CO₂, produzidos por leveduras que foram encontradas em maior quantidade nessas silagens, gerando maiores perdas de MS (BORREANI, et al., 2018).

A maior produção de perda por gases nas silagens contendo enzimas está ligada a fermentação secundárias, realizadas por microrganismos indesejáveis como os *Clostridium*, leveduras, enterobactérias, que crescem em pH próximo a 4, valor esse encontrado no presente trabalho, utilizando os carboidratos fermentáveis, encontrados em maior quantidade nas silagens contendo enzima, devido a ação da enzima amilolítica que degrada o amido em moléculas menores (maltose, glucose, dissacarídeos), tornando as disponíveis para serem utilizadas pelos microrganismos, resultando em aumento das perdas por gás corroborando para redução na REC MS, (JESUS et al., 2019; GEIZOTTO et al., 2020).

Aumento nas perdas de MS durante o processo de fermentação resulta no aumento das concentrações de FDN por efeito de concentração, por ser uma fração insolúvel e que não sofre processo de degradação durante o período que o material fica ensilado. Além disso, a solubilização do amido pela amilase aumenta esse efeito de concentração (VELLHO et al., 2007).

A utilização de enzima aumentou a quantidade de CNF nas silagens, disponibilizando maior quantidade de carboidratos solúveis para ser utilizado durante o processo de fermentação, fazendo com que ocorra aumento na concentração de celulose e hemicelulose, considerados como componentes estruturais, influenciando no aumento de mais de 11% FDN nas silagens com enzima (JOBIM et al., 2010),

A redução 2,67% dos CNF se deve a ação da amilase, que solubilizou parte do amido em açúcares passíveis de serem fermentados pelas bactérias do ácido lático, reduzindo a concentrações dos mesmos no material ensilado. A redução das concentrações de CNF, já era esperado devido a reidratação dos grãos que potencializam a atividade das enzimas amilolíticas endógenas e exógenas, aumentando a degradação do amido, corroborando para redução dos seus níveis (MOMBACH et al., 2019).

O teor de energia da silagem está relacionado com sua composição química, os maiores valores de NDT e ELL nas silagens de SGUM e SGUM+E estão relacionados a

maior presença de EE, amido, CNF e baixos valores de FDN, corroborando assim para que o material apresente maior valor nutricional e maior aporte de energia (MENDONÇA et al., 2016).

O teor de pH das silagens pode ser influenciado por fatores intrínsecos do grão como: poder tampão, carboidratos solúveis e MS (OLIVEIRA, et al., 2014). Com exceção da SGUS, todas as silagens apresentaram valores de pH aceitáveis (3,6 a 4,2) após 45 dias de fermentação segundo McDonald et al., (1991). Esse achado pode estar relacionado a maior resistência da matriz amido-proteína do grão de sorgo (SILVA et al., 2020), corroborando para redução no teor de carboidratos solúveis, resultando em menor produção de ácidos orgânicos e conseqüentemente pH mais elevado no momento da abertura.

A SGUM, apresentou valor de pH irregular após a abertura dos silos. Observou-se aumento gradual do pH após as 42 horas, podendo estar relacionado com o perfil fermentativo da silagem no momento da abertura, que apresentou concentrações de bactérias aeróbicas e fungos de 7,28 log₁₀ e 8,15 log₁₀, podendo ser atribuídos aos maiores níveis de pH e amônia de 4,58 e 43,67%.

O teor de pH e amônia estão acima do preconizado por McDonald et al., 1991 e Queiroz et al., 2018(4,2 e 10%), indicando que houve uma redução na qualidade da silagem e aumento da deterioração dos compostos nitrogenados.

O ácido acético é considerado um ácido fraco, não influenciando na queda do pH da silagem, entretanto é considerado como antifúngico, reduzindo a população de leveduras. O aumento da porosidade da silagem, causada pelo teor elevado de MS associado possivelmente com baixo teor de ácido acético, proporcionou ambiente adequado para o desenvolvimento de leveduras que consome o lactato, corroborando para aumento do pH, após a abertura do silo influenciam para a perda da estabilidade aeróbica da silagem (KUNG JR. et al., 2018).

O aumento do pH na silagem de milho sem adição de enzima amilolítica estão de acordo com Oliveira et al., (2019) que observaram aumento no pH no tratamento sem enzima amilolíticas após as 48 horas até no final da avaliação, os autores encontraram ainda menor produção de ácido acético no tratamento controle, o que influenciou para aumento na produção de leveduras, corroborando para aumento do pH, após a silagem ter sido exposta ao oxigênio, o que pode ter ocorrido no presente trabalho.

O acúmulo de temperatura das silagens após as 18 horas de exposição ao oxigênio, é reflexo das reações promovidas pelos fungos filamentosos, leveduras e bactérias aeróbicas encontradas em quantidades elevadas nos tratamentos, caracteriza a perda da estabilidade, pois todos os tratamentos atingiram mais de 2°C acima da temperatura ambiente.

Silagem que possuem maior valor nutricional estão sujeitas a perda da estabilidade aeróbia (SANTOS et al., 2010), quando exposta ao oxigênio, devido maior quantidade de substrato presente para o crescimento microrganismos primários como por exemplo, leveduras, que consomem os açúcares remanescentes e o lactato, aumentando o pH da silagem, permitindo o desenvolvimento de fungos e bactérias aeróbias, reduzindo o valor nutricional e a qualidade da silagem (DA SILVA et al., 2018).

A redução do valor nutricional das silagens causada pela deterioração aeróbia é uma preocupação, pois afeta o consumo e o desempenho animal (HOFFMAN e OCKER, 1997). Kung jr et al., (2007), utilizando um complexo de enzimas exógenas, contendo β - glucanase, α -amilase e xilanase não observaram efeito da enzima sobre o aumento da estabilidade da silagem, a adição do complexo de enzimas não teve efeito sobre a produção de ácido lático e acético, o que influenciou para maior desenvolvimento de leveduras, corroborando para menor estabilidade da silagem (SAMPAIO et al., 1995).

Ao analisar a qualidade nutricional de uma espécie forrageira deve se levar em consideração os parâmetros da degradação ruminal, principalmente a degradabilidade potencial (fração “a”), que são os nutrientes prontamente disponíveis para os microrganismos do rúmen e a taxa de degradação (fração “c”) considerada a fração indegradável (Mendonça et al., 2016).

A SGUM foi o tratamento que apresentou menor fração “a” de 37,61%, entretanto foi o tratamento que apresentou maior valor da fração insolúvel potencialmente degradável (b) de 45,18, esperava-se maior aumento na fração “A” devido a elevada quantidade de CNF (72,72%). Canção et al., (2012), observaram valores próximos ao presente trabalho ao avaliar a fração “A” da ensilagem de sorgo com alto teor de tanino (33,3%), para o sorgo ensilado com baixo teor de tanino os valores foram superiores ao presente trabalho (58,8%), entretanto os autores encontraram menores fração “B” (29,8 e 34,8%), e maior fração “C” (36,9 e 34,8%).

Os tratamentos contendo enzima apresentaram maior fração solúvel sendo que a SGUS+E foi o tratamento que apresentou maior fração “a” (54,09), valor esse já esperado devido ao efeito da enzima que ao hidrolisar o amido em moléculas menores torna a ação das bactérias mais fáceis no ambiente ruminal (BEAUCHEMIN et al., 2001), entretanto foi o tratamento que apresentou maior fração “C” (0,09%) e FI (23,9%).

O consumo de MS kg/dia não foi afetado pelo teor de amido na dieta, apresentando média de consumo de 1,2 kg/dia corroborando Ferraretto et al., (2013). Os autores atribuíram

esse achado a ao enchimento físico do rúmen e ao aumento do propionato, que limita o consumo, o que possivelmente aconteceu nesse estudo.

O amido corresponde por 70% da MS dos grãos de milho (NRC, 2001), mas sua digestão pode ser influenciada por ligações amido- proteína que no caso do milho essa proteína é hidrofóbica impedindo que os microrganismos do rúmen consigam se fixar influenciando na fermentação no rúmen (FERRARETTO et al., 2015). A moagem e a reidratação aliados com a adição da enzima amilolítica modificaram as ligações amido- proteína corroborando para aumento na disponibilidade do amido e conseqüentemente no consumo, já que o nutriente estará mais disponível.

O aumento no consumo de amido está relacionado ao processamento da silagem e a utilização da enzima aumentando a disponibilidade do amido, influenciando o consumo (GIUBERT et al., 2013).

Todos os tratamentos apresentaram pH ruminal próximo de 5,8, valor este considerado baixo, segundo Silva et al., (2020), pH ruminal baixo, pode ser indicativo de acidose ruminal, causado pela elevada quantidade de amido presente nas dietas e pela alta digestibilidade desse (< 90%), corroborando para aumento da fermentação ruminal e conseqüentemente queda do pH além de influenciar no consumo de MS. Os mesmos autores encontraram valores de pH próximos ao encontrados no presente trabalho ao avaliar a inclusão de silagem de grão reidratado de milho e sorgo na dieta de touros, o baixo pH e conseqüentemente a acidose influenciou a digestão do FDNap.

A menor produção de amônia no rúmen dos animais alimentados com SGUM (23,59%) pode estar associada a menor hidrólise da proteína do grão de sorgo, causada pelo efeito hidrofóbico das prolaminas, corroborando para menor fermentação e conseqüentemente menor produção de amônia no rúmen (FREGADOLLI et al., 2001).

Outro fator que influencia a quantidade de amônia no rúmen é o pH, quando a dieta é rica em CNF e o amido presente apresenta alta digestibilidade, ocorre um aumento da fermentação ruminal, reduzindo o pH, corroborando em menor absorção da amônia pelas paredes do rúmen, o que pode ter ocorrido na SGUM+E, que apresentou maiores valores de N-NH₃ (CARDOSO et al., 2000; RAJALA-SCHULTZ, SAVILLE, 2003).

CONCLUSÃO

A utilização de enzimas amilolítica melhorou o perfil fermentativo das silagens reduzindo os valores de pH e a concentração de N-NH₃ (%NT). As silagens contendo enzima apresentaram aumento significativo na degradabilidade efetiva (DF).

A silagem de grão reidratado de sorgo pode substituir a silagem de grão reidratado de milho na alimentação de ovinos visto que não foi encontrada diferença significativa no consumo e digestibilidade dos nutrientes.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. F.; MOTA, J. H.; MENEZES, C. B.; YURI, J. E.; RESENDES, G. M. Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Jataí-GO. **Revista Scientia Plena**, v. 11, n. 2, p. 01-07, 2015.
- ANDRADE, R.M.; NASCIMENTO, J.S. **Presença de fungos filamentosos sem ração para cães comercializados na cidade de Pelotas-RS**. Arquivo do Instituto Biológico de São Paulo, v.72, n.2, p. 10-12, 2005.
- ANDREAZZI, A. S.; PEREIRA, M. N.; REIS, R. B.; PEREIRA, R. A.; JÚNIOR, N. N. M.; ACEDO, T. S.; CORTINHAS, C. S. Effect of exogenous amylase on lactation performance of dairy cows fed a high-starch diet. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 8, p. 7199-7207.2018.
- ANTUNES, R. C.; RODRIGUES, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v.59, n.5, p. 1351-1354 ,2007.
- AOAC, **Association of official agricultural chemists. Official Method of Analysis**. ed.7 2000
- ATHANASIADOU, S.; KYRIAZAKIS, I.; JAKSON, S.; COOP, R.L. Direct anthelmintic of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep: in vitro and in vivo studies. **Veterinary Parasitology**,v. 99, n. 3, p. 205-219, 2001.

ÁVILA, N. R. B.; SILVA, N. C. D.; LEITE, R. F.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V. Utilização de silagem do grão de milho reidratado e de resíduo de tilápia na alimentação animal. **Revista Ciência Animal**. v. 28 n.1, p. 145-161, 2018.

BARROS, K. D. C. **Qualidade de grãos de milho em mato grosso**. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Mato Grosso. 2015.

BATALHA, C. D. A. **Processamento de grão de milho para vacas leiteiras em pastagem tropical**. Dissertação de mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2016.

BATISTA, J. D. D. O. **Enzimas amilolíticas na ensilagem de milho reidratado armazenada por diferentes períodos**. Dissertação de mestrado - Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.

BEAUCHEMIN, K. A.; YANG, W. Z.; e, RODE, L. M. Effects of barley grain processing on the site and extent of digestion of beef feedlot finishing diets. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 7, p. 1925-1936, 2001.

BITENCOURT, L. L. **Substituição de milho moído por milho reidratado e ensilado ou melaço de soja em vacas leiteiras**. Tese de doutorado - Universidade Federal de Lavras, 2012.

BORGES, T. P. **Classificação e métodos de cozimento de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) em grãos**. Dissertação de mestrado- Universidade Federal de Viçosa. 2013.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R. J.; HOLMES, B. J.; MUCK, R. E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3952-3979, 2018.

BRITO, F. O. **Níveis de complexo enzimático em dietas para ruminantes**. Dissertação de mestrado - Universidade de São Paulo. 2010.

BRODERICK, G. A.; KANG, J. H. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. **Journal of dairy science**, v. 63, n. 1, p. 64-75, 1980

CAÇÃO, M. M. D. F.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. D. L.; EZEQUIEL, J. M. B.; GALATI, R. L.; SILVA, M. G. B. Degradabilidade ruminal da matéria seca de grãos de milho

e de sorgo com alto ou baixo conteúdo de tanino processados. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 2, p. 516-528, 2012.

CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M.R.P. Fatores de influência do preço do milho no Brasil. **Revista Nova Economia**, v. 22, n. 1, p. 141-164, 2012.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 254-267, 2005.

CARDOSO, R. C.; VALADARES FILHO, S. D. C.; SILVA, J. F. C. D.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; OLIVEIRA, R. V. D. Síntese microbiana, pH e concentração de amônia ruminal e balanço de compostos nitrogenados, em novilhos F1 Limousin x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1844-1852, 2000.

CARDOSO, R. S. **Alternativas tecnológicas de milho ensilado para bovinos**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal de Roraima. 2018.

CARVALHO-ESTRADA, P. D. A.; DE ANDRADE, P. A. M.; PAZIANI, S. D. F.; NUSSIO, L. G. QUECINE, M. C. Rehydration of dry corn preserves the desirable bacterial community during ensiling. **FEMS Microbiology Letters**, v. 367n.17, p. 139, 2020.

CHANDRASHEKAR, A.; MAZHAR, H. The biochemical basis and implications of grain strength in sorghum and maize. **Journal of Cereal Science**, v.30, n. 3, 1999.

CHEN XUBIN B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of the technical details. **Rowett Research Institute**, v. 1, n. 1, p. 1-21, 1992.

CHIAIA, H. L. J.; BALDI, F.; PEREIRA, A. S. C.; BANCHERO, G.; BRITO, G.; LA MANNA, A.; FERNANDEZ, E.; ACOSTAA, Y.; MONTOSI, F.; GASALLA, P.; MIGLIERINA, A. F.; NUNEZ, A. Desempenho, características da carcaça e qualidade da carne de novilhos cruzados Hereford-Angus alimentados com silagem de grão úmido de sorgo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.12, n. 4, p. 685-695, 2016.

COSTA, B. F. D. **Avaliação das características estruturais e do valor nutricional do grão de milho reconstituído**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília. 2013.

DA SILVA, N. C.; NASCIMENTO, C. F.; NASCIMENTO, F. A.; DE RESENDE, F. D.; DANIEL, J. L. P.; SIQUEIRA, G. R. Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 5, p. 4158-4167, 2018.

DA SILVA, T. M.; NOGUEIRA, A. L. D. S. P.; de OLIVEIRA, A. B.; VIANA, I. E. T. DE MOURA, J. G.; OLIVEIRA, L. S. C. Interference of spacing on the growth and biomass of sweet sorghum. **Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 5, p. 443-450, 2018.

DE CASTRO MOURÃO, R.; PANCOTI, C. G.; MOURA, A. M.; FERREIRA, A. L.; BORGES, A. L. D. C. C.; REIS, R. Processamento do milho na alimentação de ruminantes. **Pubvet**, v. 6, n 1, p. 1289-1294, 2012.

DE SOUZA, W. C. L., DA SILVA, L. G., SILVA, L. E. B., DA SILVA, R. L. V., LIMA, L. L. C., & BRITO, D. R. Aspectos comparativos entre milho (*Zeamays L.*) e sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*): diferenças e semelhanças. **Diversitas Journal**, v.5, n.4, p. 2337-2357, 2020.

DEFOOR, P. J.; BROWN, M. S.; e OWENS, F. N. Reconstitution of grain sorghum for ruminants. In: **Oklahoma cattlegrainprocessingsymposium**. Oklahoma: OSBE. 2006.

DILorenzo, N.; SMITH, D. R.; QUINN, M. J.; MAY, M. L.; PONCE, C. H.; STEINBERG, W; GALYEAN, M. L. Effects of grain processing and supplementation with exogenous amylase on nutrient digestibility in feedlot diets. **Livestock Science**, v. 137n. 1-3, p. 178-184, 2011.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; VAN WIKSELAAR, P. G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, v. 56, n. 4, p. 330-343, 2001.

FARIA JÚNIOR, W. G.; GANÇALVES, L. C.; MAURÍCIO, R. M.; RODRIGUES, J.A.S.; COLODO, J.C.N.; FARIA, W. G.; SOUZA, L. F. Avaliação das silagens do sorgo BRS-610 em sete estádios de maturação pela técnica in vitro semiautomática de produção de gases. **Revista Brasileira Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p. 898-905, 2010.

FAUSTINO, T. F.; DIAS E SILVA, N. C.; LEITE, R. F.; SILVA, F. F. G.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V. Utilização da silagem de grão de sorgo reidratado na alimentação animal. **Nucleus Animalium**, v.10, n.2, p. 47-60, 2018.

FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M.; SHAVER, R. D. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 1, p. 533-550, 2013.

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

FERRARETTO, L. F.; SILVA FILHO, W. I.; FERNANDES, T.; KIM, D. H.; SULTANA, H. Effect of ensiling time on fermentation profile and ruminal in vitro starch digestibility in rehydrated corn with or without varied concentrations of wet brewers grains. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 5, p. 4643-4649, 2018.

FREGADOLLI, F. L.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N. D.; BRANCO, A. F.; CALDAS NETO, S. F.; KASSIES, M. P.; DALPONTE, A. O. Efeito das fontes de amido e nitrogênio de diferentes degradabilidades ruminais. 1. Digestibilidades parcial e total. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 858-869, 2001.

FREITAS, P. R.; SOUTO, C. N.; ULHOA, C. J.; NASSAR, R. F.; PADUA, D. M. C.; MOTA, V. S. Efeito de enzimas amilolíticas de *Aspergillus Awamori* sobre a digestão do amido em bovinos. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 27-34, 2018.

FURLAN, A. C.; SCAPINELLO, C.; MOREIRA, I.; MARTINS, E. N. Avaliação nutricional da silagem de grãos úmidos de sorgo de baixo ou de alto conteúdo de tanino para coelhos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 35, n. 3, p. 775-784, 2006.

GANDRA, J. R.; OLIVEIRA, E. R.; TAKIYA, C. S.; DEL VALLE, T. A.; RENNÓ, F. P.; GOES, R. H. T. B.; DAMIANI, J. Amylolytic activity and chemical composition of rehydrated ground maize ensiled with α -amylase or glucoamylase. **The Journal of Agricultural Science**, v. 157, n. 5, p. 449-455, 2019.

GIUBERTI, G.; GALLO, A.; MASOERO, F.; FERRARETTO, L. F.; HOFFMAN, P. C.; SHAVER, R. D. Factors affecting starch utilization in large animal food production system: A review. **Starch-Stärke**, v. 66, n. 1-2, p. 72-90, 2014.

GOBETTI, S. T. C.; NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R. Utilização de silagem de grão úmido na dieta de animais ruminantes. **Revista Ambiente Guarapuava**. v. 9, n. 1, p. 225-239, 2013.

GRIZOTTO, R. K.; SIQUEIRA, G. R.; CAMPOS, A. F.; MODESTO, R. T.; RESENDE, F. D. D. Fermentative parameters and aerobic stability of orange peel silage with pelleted citrus pulp. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, n.1, p. 11-17, 2020.

GUPTA, R.; GIGRAS, P.; MOHAPATRA, H.; GOSWAMI, V. K.; CHAUHAN, B. Microbial α -amylases: a biotechnological perspective. **Process biochemistry**, v. 38, n. 11, p. 1599-1616, 2003.

HOFFMAN, P. C.; e OCKER, S. M. Quantification of milk yield losses associated with feeding aerobically unstable high moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 1, p. 234, 1997.

IBGE, **Levantamento Sistemático da produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**, janeiro 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2021

IBGE, **Levantamento Sistemático da produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**, agosto de 2019. Disponível em :<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25160-em-julho-ibge-preve-alta-de-5-8-na-safra-de-2019>>. Acesso em 12 de fevereiro 2021.

IGARASI, M. S.; ARRIGONI, M. DE B.; SOUZA, A. A. DE, S.; ANTÔNIO, C. M.; CYNTIA, L.; OLIVEIRA, H. N. DE. Desempenho de bovinos jovens alimentados com dietas contendo grão úmido de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 513-519. 2008.

JESUS, D. L. S. D.; RIGUEIRA, J. P. S.; MONÇÃO, F. P.; ALVES, W. S.; MOURA, M. M. A.; SALES, E. C. J. D.; ROCHA JÚNIOR, V. R. Nutritive value of sugarcane silages added with increasing levels of acetic acid. **Semina Ciências agrárias**. p. 2387-2396,2019.

JOBIM, C. C.; BRANCO, A. B.; SANTOS, G. T. Silagem de grãos úmidos na Alimentação de bovinos leiteiros. **In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE.** Anais... Maringá, 2003.

JOBIM, C. C.; JUNIOR, M. C.; JÚNIOR, V. H. B.; DE OLIVEIRA, F. C. L. Composição química e qualidade de conservação de silagens de grãos de milho (*Zeamays L.*) com diferentes níveis de grãos de soja (*GlycinemaxMerril*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 773-78, 2010.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101–119, 2007.

JUNGES, D.; MORAIS, G.; SPOTO, M. H. F.; SANTOS, P. S.; ADESONGAN, A. T.; NUSSIO, L. G.; DANIEL, J. L. D. *Short communication: Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages.* **Journal of Dairy Science**, v. 100, n.11, p. 9048-9051, 2017.

KLINGERMAN, C. M.; MCDONEL, E. E.; DERBEDROSIAN, M. C. KUNG Jr. L. An evaluation of exogenous enzymes with amylolytic activity for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v 92, n. 3, p. 1050-1059, 2009.

KUNG JR, L.; GRIEVE, D. B.; THOMAS, J. W.; HUBER, J. T. Added Ammonia or Microbial Inocula for Fermentation and Nitrogenous Compounds of Alfalfa Ensiled at Various Percents of Dry Matter. **Journal of Dairy Science**, v. 67, n. 2, p. 299–306, 1984.

KUNG JR, L.; SCHMIDT, RJ; EBLING, T. E.; HU, W. the effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2309-2314, 2007.

KUNG JR, 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**, v. 101, n. 5, p. 4020-4033, 2018.

LARSON, J.; e HOFFMAN, P. C. A method to quantify prolamin proteins in corn that are negatively related to starch digestibility in ruminants. **Journal of dairy science**, v. 91, n. 12, p. 4834-4839, 2008.

LEE; M. R., TWEED, J. K.; DEWHURST, R. J.; SCOLLAN, N. D. Effect of forage: concentrate ratio on ruminal metabolism and duodenal flow of fatty acids in beef steers. **Animal Science**, v. 82, n. 1, p. 31-40, 2006.

LI, G. H.; LING, B. M.; QU, M. R.; YOU, J. M.; SONG, X. Z. Effects of several oligosaccharides on ruminal fermentation in sheep: an in vitro experiment. **Revista Medicina Veterinaria**, v.162, n. 1, p. 192-197, 2011.

LIN, H.; BEAN, S. R.; TILLEY, M.; PEIRIS, K. H. S.; BRABEC, D. Qualitative and Quantitative Analysis of Sorghum Grain Composition Including Protein and Tannins Using ATR-FTIR Spectroscopy. **Food Analytical Methods**, v. 1, n. 12, p. 1–12, 2020.

LYKOS, T.; VARGA, G. A. Effects of processing method on degradation characteristics of protein and carbohydrate sources in situ. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 8, p. 1789-1801, 1995.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E.; **Fisiologia do Milho**. Comunicado Técnico 22. Sete Lagoas, MG. 2002.

MAGALHÃES, P.C.; RODRIGUES, W.A.; DURÃES, F.O.M. **Tanino no grão de sorgo: bases fisiológicas e métodos de determinação**. EMBRAPA – CNPMS, 2000.

MAIA, P. H. L., DA COSTA, H. N., SOUSA, B. M., SANDES, M. D. F., COSTA, R. Â. D., VIEIRA, V. V., BORGES, J. V. O. Comparação bromatológica de matéria seca entre silagem de milho grão reidratado com água e silagem de milho grão reidratado com subprodutos industriais: polpa cítrica úmida e cevada úmida. **Revista Sinapse Múltipla**. v. 6, n. 2, p. 345-348, 2017.

MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C. DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; SILVA, L. F. C.; FONSECA, M. A. Degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta de alimentos para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2247-2257, 2009.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; e HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. Chalcombe publications. v. 340, 1991.

MEGÍAS, D. M.; MARTÍNEZ-TERUEL, A.; GALLEGO, J.; NÚÑEZ, J. Chemical changes during the ensiling of orange peel. **Animal feed Science and technology**, v. 43, n.3-4, 1993.

MENDONÇA S.C.; DO AMARAL, N. C. P.; BAGGIO, A. R.; TUBIN, S. B. J.; CONTE, A. R.; DAL PIVO, C. J.; PAIANO, D. Estabilidade de silagens de grãos úmidos de milho e milho reidratado. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 3, p. 331- 343, 2016.

MERTENS, D. R.; LOFTEN, J. R. The Effect of Starch on Forage Fiber Digestion Kinetics *In Vitro*. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 9, p. 1437-1446, 1980.

MOMBACH, M.A.; PEREIRA, D.H.; PINA, D.S.; BOLSON, D.C; PEDREIRA, B.C. Silage of rehydrated corn grain. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 3, p. 959-966, 2019.

MORAIS, G. **A fermentação de grãos de milho reidratado influenciada pela aplicação de aditivo: aspectos da conservação e do valor nutritivo para vacas leiteiras**. Dissertação de doutorado- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2016.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger** ed. 6º, Editora Artmed. 2014.

NETER, J.; WASSWRAM, W.; KUTNER, M. H. Applied linear statistical models: Regression. **Analysis of Variance, and Experimental Designs, 2nd Edition, Homewood: Richard D**, 1985.

NRC, I. Nutrient requirements of dairy cattle. **National Research Council**. 2001

OLIVEIRA, E. R.; TAKIYA, C. S.; DEL VALLE, T. A.; RENNÓ, F. P.; GOES, R. H. T.; LEITE, R. S.; DA SILVA, M. S. J. Effects of exogenous amyolytic enzymes on fermentation, nutritive value, and in vivo digestibility of rehydrated corn silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 251, n.1, p. 86-95, 2019.

OLIVEIRA, P. C. S.; ARCANJO, A. H. M.; MOREIRA, L. C.; JAYME, C. G.; NOGUEIRA, M. A. R.; LIMA, F. A. S.; PENA, H. C.; CAMILO, M. G. Qualidade na produção de silagem de milho. **Pubvet**. v. 8, n. 4, p. 0340-0443,2014.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, n.1, p. 499-503, 1979.

ORTOLANI, E. L. Considerações técnicas sobre o uso da sonda esofágica na colheita do suco de rúmen de bovinos para mensuração do pH. **Arquivos da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 33, n. 2, p. 269-275, 1981.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA/CNPMS. Circular Técnica, 75. 2006.

PASSINI, R.; SILVEIRA, A. C.; TITTO, E. A. L. RODRIGUES, P. H. M.; ARRIGONI, M. B.; COSTA, C.; CHARDULO, L. A. L. Silagem de grãos úmidos de milho e de sorgo e níveis protéicos sobre desempenho e características da carcaça de novilhos superprecoces. **Acta Scientiarum Maringá**. v. 24, n. 4, p. 1133-1140, 2002.

PEREIRA, L. G. R.; ANTUNES, R. C. O milho na alimentação de gado de leite. **In: IV Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite**. 2007.

PEREIRA, M. L. R. **Degradabilidade ruminal in vitro de grão reidratado e ensilado de milho e sorgo com diferentes granulometrias**. Dissertação de mestrado-Universidade Federal de Goiás, 2012.

PEREIRA, M. N.; VON PINHO, R. G.; BRUNO, R. G. D. S.; CALESTINE, G. A. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 4, p. 358-363, 2004.

PINTO, R. S.; DIAS, F. J. S.; COSTA, K. A. P.; BANYNS, V. L.; RIBEIRO, M. G. Qualidade da silagem de grãos úmidos de diferentes Forrageiras. **Global Science and Technology**. v. 5, n.3, p. 124–136, 2012.

PIZZUTI, L. A. D.; ARBOITTE, M. Z.; PEIXOTO, L. A. O.; BRONDANI, I. L.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C. Silagem de grão úmido ou grão seco de sorgo como fonte energética para bezerras de dois grupos genéticos. **Revista Ciência Animal Brasileira**. v. 10, n. 4, p. 1055-1065, 2009.

QUEIROZ, O. C. M.; OGUNADE, I. M.; WEINBERG, Z.; ADESOGAN, A. T. Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 5, p. 4132-4142, 2018.

- RAJALA-SCHULTZ, P. J.; SAVILLE, W. J. A. Sources of variation in milk urea nitrogen in Ohio dairy herds. **Journal of dairy science**, v. 86, n. 5, p. 1653-1661, 2003.
- RANUM, P.; PEÑA-ROSAS, J. P.; e GARCIA-CASAL, M. N. Global maize production, utilization and consumption. **Annals of the New York academy of sciences**, v. 1312, n. 1, p. 105-112, 2014.
- REIS, W.; JOBIM, C.C.; MARTINS, E.N.; ULYSSES, C.; SILVEIRA, A. Desempenho de Cordeiros Terminados em Confinamento, Consumindo Silagens de Grãos Úmidos de Milho e de Grãos de Milho Hidratados. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.2, p. 596-603,2001.
- REZENDE, A. V.; RABELO, C. H.; VEIGA, R. M.; ANDRADE, L. P.; HÄRTER, C. J.; RABELO, F. H.; REIS, R. A. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, n. 1, p. 213-221, 2014.
- RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. G.; SHAFFERT, R. E.; FERREIRA, A. S.; CASELA, C. R.; PITTA, G. V. E. BRS 610- híbrido de sorgo forrageiro para produção de silagem de alta qualidade. **Comunicado técnico 102**. Sete Lagoas. Dez. 2014.
- SAMPAIO, I. B.; PIKE, D. J.; OWEN, E. Optimal design for studying dry matter degradation in the rumen. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinaria e Zootecnia**, 1995.
- SANTOS, M. V. F.; CASTRO, A. G.; PEREA, J. M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; HERNÁNDEZ, M. P. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 232, p. 25-43, 2010.
- SANTOS, S. C. **Características nutricionais e físicas do milho com diferentes texturas e tempos de armazenamento**. Tese Doutorado- Universidade Federal de Goiás, 2015.
- SAS - **Institute, Cary, NC**, 2015.
- SILVA, B. D. C.; PACHECO, M. V. C.; GODOI, L. A.; ALHADAS, H. M.; PEREIRA, J. M. V.; RENNO, L. N.; VALADARES FILHO, S. D. C. Reconstituted and ensiled corn or sorghum grain: Impacts on dietary nitrogen fractions, intake, and digestion sites in young Nellore bulls. **Plosone**, v. 15, n. 8, p. e0237381, 2020
- SILVA, C. M.; AMARAL, P. N. C.; BAGGIO, R. A.; TUBIN, J. S. B.; CONTE, R. A.; PIVO, J. C. D.; KRAHL, G.; ZAMPAR, A. PAIANO, D. Estabilidade de silagens de grãos

úmidos de milho e milho reidratado. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**. v.17, n.3, p.331-343, 2016.

SILVA, J. S.; BORGES, A. L. C. C.; LOPES, F. C. F.; SILVA, R. R.; VIEIRA, A. R.; DUQUE, A. C. A.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S.; GONÇALVES, L. C. Degradabilidade ruminal *in situ* do sorgo grão em diferentes formas de reconstituição. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**. v. 66, n.6, p. 1822-1830, 2014.

SILVA, M. R. H.; JOBIM, C. C.; NEUMANN, M.; OSMARI, M. P. Corn grain processing improves chemical composition and fermentative profile of rehydrated silage. **Revista Acta Scientiarum**. v. 40, n. 1, p. e42564-e42564, 2018.

TAYLOR, J.; e TAYLOR, J. R. Making kafirin, the sorghum prolamin, into a viable alternative protein source. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 95, n. 8, p. 969-990, 2018.

TRICARICO, J. M.; ABNEY, M. D.; GALYEAN, M. L.; RIVERA, J. D.; HANSON, K. C.; MCLEOD, K. R.; HARMON, D. L. Effects of a dietary *Aspergillus oryzae* extract containing α -amylase activity on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, n.3, p. 802-811, 2007.

TRICARICO, J. M.; JOHNSTON, J. D.; DAWSON, K. A. Dietary supplementation of ruminant diets with an *Aspergillus oryzae* α -amylase. **Animal Feed Science and Technology**, v. 145, n. 1-4, p. 136-150, 2008.

TSE, M. L. P.; BERTO, D. A.; WECHSLER, F. S.; TRINDADE NETO, M. A. Valor nutricional da silagem de grãos úmidos de milho com diferentes graus de moagem para leitões na fase de creche. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinaria Zootecnia**. v. 58, n. 6, p. 1214-1221, 2006.

USDA, **United States Department of Agriculture**, dezembro 2020. Disponível em: < www.fas.usda.gov >. Acesso em: 12 de fevereiro de 2021.

VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; VELHO, I. M. P. H.; GENRO, T. C. M.; KESSLER, J. D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1532-1538, 2007.

WILKINSON, J. M; LEE, M. R. F. Use of human-edible animal feeds by ruminant livestock. **Animal**, v. 12, n.8, p. 1735-1743, 2018.

XIONG, Y.; ZHANG, P.; WARNER, R. D.; FANG, Z. Sorghum grain: From genotype, nutrition, and phenolic profile to its health benefits and food applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.18, n. 6, p. 2025-2046, 2019.