



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E NUTRICIONAIS DAS SILAGENS DE
GRÃOS DE SORGO COM DIFERENTES GRANULOMETRIAS E
RECONSTITUÍDOS COM ÁGUA, SORO DE LEITE E ÁGUA COM INOCULANTE**

LUIZ FERNANDO OLIVEIRA FERNANDES

2020

Luiz Fernando Oliveira Fernandes

**CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E NUTRICIONAIS DAS SILAGENS DE GRÃOS DE SORGO
COM DIFERENTES GRANULOMETRIAS E RECONSTITUÍDOS COM ÁGUA, SORO DE LEITE E
ÁGUA COM INOCULANTE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Daniel Ananias de Assis Pires

**Janaúba
2020**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Fernandes, Luiz Fernando Oliveira

XXXXx Características fermentativas e nutricionais das silagens de grãos de sorgo com diferentes granulometrias e reconstituídos com água, soro de leite e água com inoculante. Luiz Fernando Oliveira Fernandes – 2020. 49 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2019. Orientador: Prof. Dr. Daniel Ananias de Assis Pires

1. grãos reidratados. 2. inoculantes. 3. matéria seca. I. Luiz Fernando Oliveira Fernandes. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. YYYY

Catálogo: Biblioteca Setorial Campus de Janaúba

Folha de Aprovação

Luiz Fernando Oliveira Fernandes

**CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E NUTRICIONAIS DAS SILAGENS DE GRÃOS DE SORGO
COM DIFERENTES GRANULOMETRIAS E RECONSTITUÍDOS COM ÁGUA, SORO DE LEITE E
ÁGUA COM INOCULANTE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADO em _____.

**Prof. Dr. Daniel Ananias de Assis Pires
Unimontes (Orientador)**

**Profa. Dra. Eleuza Clarete Junqueira de Sales
Unimontes**

**Prof. Dr. Flávio Pinto Monção
Unimontes**

**Prof. Dr. Otaviano de Souza Pires Neto
UFMG**

**Janaúba
2020**

DEDICO...

Dedico este trabalho a Deus, por me conceder saúde e sabedoria para seguir sempre em frente. Obrigado por ser a minha força e o meu guia em todos os momentos. A ti, Senhor, toda honra e toda a glória.

A minha família, pelo apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida. Por acreditarem em mim, e não medirem esforços para a concretização dos meus sonhos, em especial ao meu tio Adelson Oliveira Gomes (in memoriam), que infelizmente nos deixou na metade dessa trajetória difícil. Sem vocês, nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois Ele é minha fortaleza, e por ter me concedido saúde, determinação e por sempre colocar pessoas maravilhosas em meu caminho, as quais me fazem acreditar em um mundo melhor e me encorajam a prosseguir.

À Universidade Estadual de Montes Claros, fico grato de ter feito parte desse programa e por ter contribuído de forma singela. Aos professores do programa de pós-graduação em Zootecnia, em especial a prof. Dra, Eleuza Clarete Junqueira de Sales, pelos puxões de orelha e ensinamentos que transcendem os limites da Universidade.

Ao meu orientador Professor Dr. Daniel Ananias de Assis Pires, pelo seu profissionalismo e ensinamentos a mim destinados. Sou grato por tudo, e me orgulho em tê-lo como orientador.

Ao professor Dr. Flávio Pinto Monção, por me atender com paciência todas as vezes que batiam sua porta. Agradeço por todos os ensinamentos compartilhados de forma admirável, e por me guiar nos primeiros passos da pós-graduação. Muito obrigado por tudo!

À Professora MSc. Marielly Maria Almeida Moura, por toda a ajuda durante o Mestrado. Sua contribuição foi essencial para a concretização desse trabalho. Muito obrigado!

A todos funcionários da Instituição responsáveis por manter o funcionamento da Universidade, e especialmente aos funcionários da Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Montes Claros, pelo auxílio para conclusão deste trabalho. A todos os orientados do professor Daniel que estiveram presentes contribuindo significativamente para realização deste trabalho.

Aos amigos Alisson Júnior e Amanda Maria, pelo companheirismo diário nos laboratórios. Vocês tornaram os dias de trabalho muito mais leves e divertidos. Obrigado por me ajudar em todos os momentos que precisei. Sou muito grato à vocês!

Aos meus amigos Antônio Augusto, Vinícius Martins, Walter Soares e Marco Aurélio, aqueles que conheci na pós-graduação e levarei para o resto da vida, pois sempre estiveram presentes e me ajudaram durante o mestrado. É muito bom saber que tenho vocês sempre comigo, meus amigos/irmãos da pós-graduação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, ao Conselho

Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo auxílio de bolsa estudantil e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - INCT- Ciência Animal.

Sou muito grato, e em meu coração eu compreendo a imensa importância de todos em minha vida profissional.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

Sumário

RESUMO GERAL.....	10
GENERAL ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Silagem de grãos reidratados	16
2.2 Aditivos na ensilagem de grãos reidratados	18
2.2.1 Soro de leite	20
2.3 Caracterização do sorgo.....	21
4. CAPÍTULO 1 Características fermentativas e nutricionais das silagens de grãos de sorgo com diferentes granulometrias e reconstituídos com água, água com inoculante ou soro de leite.	28
RESUMO.....	28
4.1 INTRODUÇÃO	29
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.3 RESULTADOS.....	33
4.4 DISCUSSÃO	35
4.5 CONCLUSÃO	37
4.6 AGRADECIMENTOS	37
4.7 REFERÊNCIAS	38

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

Esta dissertação segue as premissas básicas da Revista Brasileira de Zootecnia. link:
<https://www.rbz.org.br/pt-br/>

RESUMO GERAL

Fernandes, Luiz Fernando Oliveira. **Características fermentativas e nutricionais das silagens de grãos de sorgo com diferentes granulometrias e reconstituídos com água, água com inoculante ou soro de leite.** 2020. 23 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.

Entre as estratégias de conservação de forragem, a ensilagem tem sido uma das alternativas mais utilizadas, e com isso os produtores podem armazenar alimento nessas épocas de escassez de forragem. Existem várias pesquisas científicas relacionadas à produção de silagem, dentre elas a produção de silagem através da reidratação. Para se obter melhores resultados na qualidade da silagem alguns autores indicam o uso de inoculantes, produto que é importante para acarretar uma queda brusca no pH, diminuindo a atividade de microrganismos indesejados, melhorando assim o processo fermentativo e reduzindo os riscos de perda do material ensilado. Dentre os potenciais aditivos, um dos que possuem características promissoras para essa finalidade é o soro de leite, que pode servir de substrato para as bactérias ácido lácticas, o que desperta interesse para realização de estudo desse aditivo. Sendo assim, objetivou-se avaliar as perdas fermentativas, a composição bromatológica e digestibilidade das silagens de grãos de sorgo moídos em diferentes granulometrias. Os tratamentos consistiram em três granulometrias (2mm, 3mm e 5mm) associado com três formas de reconstituição (água, água com inoculante bacteriano-enzimático e soro de leite). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3 com seis repetições. O soro de leite foi coletado em uma fazenda próxima à cidade de Janaúba e como fonte de bactérias ácidos lácticas foi utilizado o inoculante da marca Silotrato[®] (SLO Agropecuária, Londrina, Paraná, Brasil). A dose aplicada do inoculante foi seguida da recomendação do fabricante. Os resultados dessa pesquisa para os grãos de sorgo ensilados mostraram ser vantajosos quando os mesmos são processados na peneira de 2mm. Em relação às formas de reidratação, o soro de leite se destacou em relação a água pura ou água com inoculante. Isso é justificável pela presença de nutrientes presentes no soro de leite. A decisão de uso do soro de leite como forma de reidratar os grãos de sorgo depende da disponibilidade e custo de aquisição em cada região. Com isso

concluimos que para ensilagem dos grãos reconstituídos de sorgo recomenda moagem na peneira de 2 mm usando soro de leite.

PALAVRAS CHAVE: Grãos reidratados, matéria seca, pH, *Sorghum bicolor*

GENERAL ABSTRACT

Fernandes, Luiz Fernando Oliveira. **Fermentative and nutritional characteristics of sorghum grain silages with different grain sizes and reconstituted with water, water with inoculant or whey.** 2020. 23 p. Dissertation (Master in Animal Science) - State University of Montes Claros, Janaúba, MG.

Among the forage conservation strategies, silage has been one of the most used alternatives, and with this, producers can store food in times of forage scarcity. There are several scientific researches related to the production of silage, among them the production of silage through rehydration. To obtain better results in silage quality, some authors indicate the use of inoculants, a product that is important to cause a sharp drop in pH, reducing the activity of unwanted microorganisms, thus improving the fermentation process and reducing the risks of loss of ensiled material. . Among the additive potentials, one that has promising characteristics for this purpose is whey, which can serve as a substrate for lactic acid bacteria, which arouses interest in carrying out the study of this additive. Thus, this work aimed to evaluate the fermentative losses, the bromatological composition and ruminal degradability of the sorghum grain silages ground in different granulometries. The treatments consisted of three particle sizes (2mm, 3mm and 5mm) associated with three forms of reconstitution (water, water with bacterial-enzymatic inoculant and whey). A completely randomized design in a 3 x 3 factorial scheme with six replications was used. The whey was collected on a farm near the city of Janaúba and as a source of lactic acid bacteria the inoculant of the Silotrato[®] brand (SLO Agropecuária, Londrina, Paraná, Brazil) was used. The applied dose of the inoculant was followed by the manufacturer's recommendation. The results of this research for ensiled sorghum grains proved to be advantageous when they are processed through a 2mm sieve. Regarding the forms of rehydration, whey stood out in relation to pure water or water with inoculant. This is justified by the presence of nutrients present in the whey. The decision to use whey as a way to rehydrate sorghum grains depends on the availability and cost of acquisition in each region. With this we conclude that for ensilage of the reconstituted sorghum grains, it is recommended to mill in a 2 mm sieve using whey.

Keywords: Rehydrated grains, dry matter, pH, *Sorghum bicolor*

1. INTRODUÇÃO GERAL

No cenário internacional o Brasil se destaca como um dos maiores produtores e exportadores de carne bovina. Em 2019, o número do rebanho foi estimado em 214,69 milhões de animais distribuídos em 167,19 milhões de hectares, sendo 44,23 milhões abatidos anualmente para suprir a demanda interna e externa por carne e derivados (ABIEC, 2019). Desse total, 5,58 milhões (12,6%) são terminados em confinamento e há vertentes que a demanda interna e externa por essa *commoditie* (carne) reforça a necessidade de o produtor intensificar a produção visando abater animais jovens, pesados e acabados.

Há previsões em que o número de animais terminados em confinamento no Brasil ultrapasse os 8,5 milhões de animais até 2023 (USDA, 2014). Para isso, há necessidade de adotar tecnologias de forma estratégicas à começar pela melhoria da digestibilidade da dieta, uma vez que a mesma representa até 80% dos custos de produção (Daniel et al. 2019). De acordo com Bernardes e Rêgo (2014), a principal fonte energética utilizada em dietas de confinamento tem sido o milho, sendo utilizado por 82,3% dos nutricionistas brasileiros. De acordo com os mesmos autores, o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é a segunda cultura cultivada para produção de silagem (planta inteira) pelos confinadores no Brasil (Pinto & Millen, 2016), devido as melhores adaptações as variações climáticas e elevada produtividade de massa por unidade de área.

Devido ao uso de dietas com elevada densidade energética no confinamento de bovinos, a utilização de silagem de sorgo reidratado tem sido crescente no Brasil, sendo utilizada em 7,6% das dietas (Bernardes et al., 2018). O objetivo do uso da reidratação dos grãos de sorgo e outras culturas consiste em elevar a digestibilidade do amido (Silva et al.

2018). O sorgo é um cereal rico em amido (65 a 72% da matéria seca), com teor de proteína bruta (11,6%) e de fibra (10,9%) pouco superior ao do milho. Entretanto, os nutrientes digestíveis totais do sorgo são, geralmente, inferiores ao do milho, em torno 90% do valor do milho, em função da menor digestibilidade do amido deste cereal. O sorgo é o cereal que apresenta o amido menos digestível em comparação ao milho, cevada, trigo e aveia. Isto se deve a uma maior presença de matrizes e corpos proteicos que revestem os grânulos de amido do sorgo em comparação aos demais cereais. Devido a esta peculiaridade, o sorgo é o cereal que apresenta maior potencial em ganho de digestibilidade ao ser processados. Diferentes formas de processamento do sorgo como a moagem pode modificar as características fermentativas e digestibilidade dos nutrientes (García et al., 2018).

Contudo, não há estudos associando diferentes processamentos dos grãos de sorgo quando reidratado para ensilagem sobre as características fermentativas e nutricionais. A reidratação é um processo que envolve a mistura do grão seco com água até atingir 30% de umidade, seguido do armazenamento em ambiente anaeróbico. A reidratação é uma etapa fundamental na confecção de silagem de grão reidratado, pois o teor mínimo de 30% é necessário para garantir fermentação adequada e estocagem do material (Pereira et al., 2013). O soro de leite é o principal subproduto derivados do processamento do leite nas indústrias de laticínio. Em razão do volume produzido e seu descarte em cursos de água causar danos ambientais, encontrar uma forma de utilizá-lo é de grande importância. Sendo assim, um possível destino é a utilização como veículo de diluição para confecção da silagem de grão reidratado (Rezende et al., 2014). Além disso, o uso de inoculantes bacteriano durante a ensilagem do grão reidratado podem melhorar os processos fermentativos no interior do silo, o que é fundamental na conservação dos nutrientes da massa ensilada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Silagem de grãos reidratados

O processo de ensilagem é utilizado com finalidade de preservar o alimento, sendo ocasionado em razão de combinação entre ambiente anaeróbico, fermentação dos açúcares produzidos por bactérias efíticas à ácido lático que auxilia na redução do pH e conseqüentemente favorece a conservação do alimento (Pereira et al., 2013). Devido à ausência de oxigênio, é verificada redução quanto ao desenvolvimento de microrganismos considerados indesejáveis, de maneira que, o pH menor torna-se mecanismo primordial para regular o crescimento e desenvolvimento de microrganismos anaeróbios (Muck e Shinnors, 2001).

Comumente, o processo de ensilagem é dividido em três fases, aeróbia, fermentação e por último a deterioração aeróbia. As fases observadas são fundamentais e exercem influência quanto a qualidade da silagem que é fornecida aos animais. Sabe-se que diferentes microrganismos podem coordenar o processo de fermentativo, especialmente na fase anaeróbia (Faustino, 2016). A qualidade do produto ensilado está diretamente vinculado a eficiência do processo fermentativo, que pode ser acometido por condições de armazenamento, como umidade, temperatura, presença de oxigênio, concentração de carboidratos solúveis e características intrínsecas a forrageira, na composição física e química, o qual pode promover alteração nutricional na silagem produzida (Neumann et al., 2001).

Ao considerar a alimentação animal, pode-se notar que suplementação feita à base de grãos secos ocasiona em maiores gastos para o sistema de produção. Assim, surgem

alternativas como a silagem de grão úmido ou silagem de grão reidratado, uma vez que, favorece o armazenamento na propriedade e apresenta pouca oscilação de valor no mercado (Pinto et al., 2012).

Silagem de grão úmido pode ser caracterizado como processo de estocagem de grãos da planta em ambiente com ausência de oxigênio, e ter de umidade estabelecido entre 30 e 40%. Esta, pode estar relacionada a colheita antecipada do grão, originando grãos de alta umidade, ou ainda, estar vinculada ao acréscimo de umidade em grãos secos, visando a formação de grãos reidratados que também são designados como grão úmido (Pereira et al., 2011).

Ensilagem de grão maduro é tido como rota de atuação sobre a fermentação ruminal do amido, beneficiando a digestibilidade do mesmo. Com isso, hidratação e ensilagem de grãos maduros consiste em mecanismo reportado para pequenos, médios e grandes produtores, em razão da aplicação nutricional e financeira, pois é opção menos onerosa para armazenamento de grãos nas fazendas (Pereira et al., 2013).

A reidratação do milho é atribuída a elevação da umidade do grão seco para níveis entre 28 a 35%, proporcionando melhor degradação ruminal do amido (Benton et al., 2005). Dentre os cereais cultivados, grãos de sorgo e milho, são os que demonstram maior ganho em digestibilidade pós processamento. Este fato pode ser explanado em virtude da ação de proteases bacterianas que em conjunto aos ácidos orgânicos provenientes da fermentação, ocasionam em maior solubilização de prolaminas (Junges et al., 2015; Silva et al., 2016). Entretanto, grãos de cereais possuem alta quantidade de amido, porém baixa quantidade de carboidratos solúveis, o que pode influenciar negativamente no processo fermentativo, bem como reduzir a produção de ácidos orgânicos e reduzir o tempo de queda do pH, o qual

permite que microrganismos indesejáveis se desenvolvam e utilizem o amido como fonte energética (Hoffman et al., 2011).

Devido a problemas relacionados a infraestrutura, comumente verificado nas propriedades, o processo de reidratação entra como ferramenta, auxiliando na redução de perdas tanto quantitativas quanto qualitativas em relação aos grãos secos. O que ocorreria em razão da reidratação de grãos secos e confecção de silagem de grãos úmidos, onde pode ser obtido sistema de armazenagem seguro e de boa duração. Outro fator considerado, vincula-se ao atraso na colheita, sendo a reidratação alternativa para melhoria do alimento. Para obtenção de produto de qualidade, é necessário que no ato de confecção da silagem de grão reidratado, seja feita homogeneização da água juntamente com o grão moído, reduzindo perdas ocasionadas por fungos (Pereira et al., 2013).

Dentre os benefícios, pode-se destacar que esse mecanismo é tido como excelente opção para armazenagem em períodos longos, com custo reduzido, bem como a qualidade nutricional, que é mantida. Em geral, a colheita é realizada de três a quatro semanas antes do previsto, proporcionando elevação quanto a digestibilidade e concentração de energia (Silva et al., 2014). Contudo, existem desvantagens as quais produtores devem ter atenção, como a impossibilidade de comercialização do produto, é necessário gasto com mão-de-obra para preparo diário da dieta que será fornecida aos animais, e ainda podem ser encontradas micotoxinas (Jobim et al., 2007).

2.2 Aditivos na ensilagem de grãos reidratados

No processo de ensilagem, os aditivos são utilizados para aumentar a recuperação de nutrientes e energia da forragem, e conseqüentemente apresentar benefícios quanto ao

desempenho dos animais. Para tanto, podem ser usados aditivos microbianos e enzimáticos (Morais, 2012).

Aditivos enzimáticos são utilizados visando a melhoria quanto ao valor nutritivo dos alimentos. Sabe-se que animais usam enzimas no processo de digestão, sendo essas produzidas pelo próprio organismo, por microrganismos encontrados no trato digestório ou ainda por meio de fontes exógenas. Dessa maneira, o uso de fontes externas tem por finalidade degradar fatores antinutricionais que podem ser averiguados nos alimentos, melhoria quanto a digestão de alimentos por animais jovens que ainda possuem trato digestório imaturo ou mesmo com produção endógena insuficiente, elevar disponibilidade de nutrientes dos alimentos e assim contribuir para melhorar o desempenho dos animais. Outro ponto importante, associa-se aos efeitos positivos no processo digestivo, como redução da excreta de nutrientes advindos da criação animal e reduzir a poluição ambiental de origem animal (Morais, 2016).

No decorrer do processo de ensilagem, bactérias produtoras de ácido lático são responsáveis pela conversão de açúcares solúveis e consequente disponibilização por meio de degradação dos carboidratos da parede celular a ácido lático. Especialmente quando substrato para fermentação é restrito, através da adição de enzimas é possível prover maior concentração de açúcares, melhoria quanto a fermentação, produção de silagem com menor pH e maior concentração de ácido lático. Com a hidrólise de porções, que ocorre devido a adição das enzimas, é esperado que haja redução do teor de fibra e por fim apresente maior digestibilidade e desempenho dos animais (Morais, 2016).

Quanto aos aditivos compostos por bactérias ácido-láticas, essas tem sido usadas com objetivo de melhorar a eficiência de preservação. Aditivos microbianos contribuem para

manutenção de ambiente no interior do silo adequado, e auxilia na redução de perdas, sejam quantitativas e qualitativas, no período de armazenagem (Weinberg et al., 2007).

Esses aditivos podem ser associados ou não com enzimas derivadas de subprodutos de microrganismos dos gêneros *Bacillus* e *Aspergillus*, que são desejados, em virtude da produção de celulases, hemicelulases, amilases, glicoamilases e proteases, que atuam na digestão de carboidratos estruturais e não estruturais. Por meio de produção de açúcares solúveis e que são utilizados como substrato para fermentação láctica. Técnica de processamento em conjunto ao processo fermentativo controlado pode influenciar na degradação ruminal do amido, e proporcionar maior síntese de proteína microbiana (Patrizi et al., 2004).

Classifica-se aditivos bacterianos como estimulantes da fermentação, e são obtidos por meio de adição de culturas bacterianas, sendo estes os mais utilizados em todo o mundo. Por meio do uso destes são esperadas modificações como redução rápida de pH, diminuição na concentração de nitrogênio amoniacal, diminuição de níveis de acetato e butirato, bem como aumento dos níveis de ácido láctico (Magalhães e Rodrigues, 2004; Ávila, 2007). São responsáveis ainda por promover elevação na taxa de fermentação e uso mais eficaz de carboidratos solúveis em razão da retenção de nutrientes da silagem (Henderson, 1993).

2.2.1 Soro de leite

Dentre aditivos com potencial para reidratação de grãos o soro de leite se destaca, este é um subproduto líquido obtido no processo de fabricação do queijo (RECH, 2003), que apresenta cor entre o verde e o amarelo, aspecto turvo, ligeiramente doce ou ácido.

Representa cerca de 80% a 90% do volume de leite utilizado (Gajo et al., 2016), e geralmente é descartado, muitas das vezes no meio ambiente já que o soro é considerado um efluente devido a sua baixa concentração de matéria sólida (7%) (Rech, 2003). Assim contribui para o aumento da poluição do meio, atingindo rios e lenções freáticos, prejudicando a fauna e a flora (Machado et al., 2000).

Um fim possível para esse produto é a sua utilização na ensilagem de grãos reidratados (Rezende et al., 2014), já que esse possui elevado teor de umidade além de nutrientes como lactose e proteína. Cerca de 55% dos nutrientes contidos no leite é retido no soro, sendo em média, 5% de lactose, proteínas solúveis 0,8%, lipídios 0,5%, sais minerais e 10% do extrato seco (Gajo et al., 2016), tendo quantidades consideráveis de vitaminas do complexo B (SILVA et al., 2011).

As bactérias ácido-láticas (BAL) presentes no soro de leite podem favorecer a ocorrência de fermentação láctica (Gajo et al., 2016). A população de BAL juntamente com os nutrientes presentes no soro potencializará a fermentação láctica, o que implicará em adequado perfil fermentativo, ajudando a conservar o valor nutricional do alimento ensilado.

2.3 Caracterização do sorgo

Componentes anatômicos principais do grão de sorgo são o pericarpo, endosperma e gérmen. De modo geral, a distribuição dos componentes do sorgo pode ser representada por 6,5% para pericarpo, 84,2% para endosperma e 9,4% para gérmen (EMBRAPA, 2009).

O pericarpo consiste em componente estrutura mais externo do grão, e onde é encontrada maior proporção de fibras. O endosperma é tido como componente de maior

importância do grão de sorgo, se tratando da nutrição, uma vez que, nessa parte é encontrada maior porcentagem de proteínas e amido. É constituído por 86% de amido e 10% de proteína e quantidades mínimas de cinza e gordura. O gérmen representa a estrutura germinativa e onde há maior concentração de lipídeos. Onde é encontrado o eixo embrionário e o escutelo, o qual mantém pequena reserva nutritiva para o embrião que é estocado em forma de proteínas, enzimas e minerais (EMBRAPA, 2009).

Em virtude das características físicas avaliadas no grão, como tamanho, resistência à degradação, dentre outros, sorgo e milho são fortemente beneficiados no processamento, pois possuem matriz proteica que dificulta ataque das enzimas. Com isso, o processo de moagem e reconstituição para dietas de ruminantes, é utilizado para elevar a área de superfície e viabilizar processos digestivos, por meios fermentativos ou enzimáticos e conseqüentemente, melhorar o desempenho animal (Pereira et al., 2011).

3. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – ABIEC, 2019. Perfil da pecuária no Brasil. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/PublicacoesLista.aspx>>. Acessado em 16/02/2019.

Ávila, CLDS. 2007. Isolamento e uso de *Lactobacillus buchneri* na ensilagem de capim-mombaça e cana-de-açúcar. 2007. 175f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Bernardes, TF.; Rêgo, AC. 2014. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *Journal of Dairy Science* 97:1852-186.

Benton, JR.; Klopfenstein, TJ.; Erickson, G. R. 2005. Effects of corn moisture and length of ensiling on dry matter digestibility and rumen degradable protein. *Nebraska Beef Cattle Reports* 151: 31-33.

Buso, WHD.; Morgado, HS.; Borges e Silva, L.; França, AFS. 2011. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. *PUBVET* 5:1143-1149.

Coelho, A. M.; Waquil, J. M.; Karam, D.; Casela, C. R. e Ribas, PM. 2002. Seja o doutor do seu sorgo. *Informações Agronômicas* 14:1-24.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos, quinto levantamento, 2015.

Daniel, JLP.; Bernardes, TF.; Jobim, C.; Schmidt, P. e Nussio, LG. 2019. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass and Forage Science* 1:1–13. <https://doi.org/10.1111/gfs.12417>

Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – EMBRAPA. Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica – 5. edição Set./2009 Produção de sorgo.

Faustino, TF. Silagem de grão de sorgo reidratado com água ou soro de leite. 2016. Alfenas. Dissertação (Programa de Mestrado em Ciência Animal) - Universidade José do Rosário Vellano, 57 p., 2016.

García, UAG.; Corona, L.; Castrejon-Pineda, F.; Balcells, J.; Ortega, OC. e Gonzalez-Ronquillo, M. 2018. A comparison of processed sorghum grain using different digestion techniques. *Journal of Applied Animal Research* 46:1–9. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1250642>

Gajo, FFS., Gajo, AA., Silva, RBV. e Ferreira, EB. 2016. Diagnóstico da destinação do soro de leite na mesorregião do campo das vertentes – Minas Gerais. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes* 71:26-37. <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v70i1.501>

Henderson, N. Silage additives. 1993. *Animal Feed Science and Technology* 45:35-56.

Hoffman, PC.; Esser, NM.; Shaver, RD.; Coblenz, WK.; Scott, MP.; Bodnar, AL. e Charley, RC. 2011. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch- 6 protein matrix in high-moisture corn. *Journal of Dairy Science* 94: 2465-2474.

Jobim, CC.; Nussio, LG.; Reis, RA. e Schmidt, P. 2007. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:101-119.

Junges, D.; Morais, G.; Daniel, JLP.; Spotto, MHF. e Nussio, LG. 2015. Contribution of proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. In: *International Silage Conference*, Piracicaba. Rio das Pedras, SP: Grafica Riopedrense, n. 17, p. 566-567.

Machado, RMG.; Freire, VH. e Silva, PC. Alternativas tecnológicas para o controle ambiental em pequenas e médias indústrias de laticínios. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 2000. Anais. Porto Alegre, 2000.

Magalhães, VJA. e Rodrigues, PHM. 2004. Avaliação de inoculante microbiano na composição bromatológica, fermentação e estabilidade aeróbica da silagem pré-seca de alfafa. Revista Brasileira de Zootecnia v. 33:51-59.

Morais, G. A fermentação de grãos de milho reidratados influenciada pela aplicação de aditivos: aspectos da conservação e do valor nutritivo para vacas leiteiras. 2016. 11f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Morais, MG.; Ítavo, CCBF.; Ítavo, LCV.; Bungenstab, DJ.; Ribeiro, CB.; Oliveira, LB. e Silva, JA. 2012. Inoculação de silagens de grãos úmidos de milho, em diferentes processamentos. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal 13: 969-981.

Muck, RE. e Shinnars, KJ. 2001. Conserved forage (silage and hay): Progress and priorities. Int. Grassl. Cong. 19 : 753-762.

Neumann, M.; Restle, J.; Alves Filho, DC.; Brondani, IL.; Bernardes, RALC.; Souza, ANM. e Kuss, F. 2001. Avaliação da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) por meio do desempenho de novilhos de corte confinados. Revista Brasileira de Zootecnia 30: 2099-2109,

Patrizi, WL.; Madruga, CRF.; Minetto, TP.; Nogueira, E. e Moraes, MG. 2004. Efeito de aditivos biológicos comerciais na silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 56:392-397.

Pereira Filho, IA.; Parrella, RAC.; Moreira, JAA.; May, A.; Souza, VF. e Cruz, JC. 2013. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 12:118-127.

Pereira, M. N.; Pereira, R. A. N.; Lopes, N. M.; Dias Júnior, G. S.; Cardoso, F. e Bitencourt, L. L. 2013. Silagem de milho reidratado. Belo Horizonte: EPAMIG, 187.

Pereira, MLR.; Lino, FA.; Melo, AHF. et al. Degradabilidade de grão reconstituído de milho e sorgo ensilados com diferentes granulometrias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2011, Maceió. Anais... Maceió: UFAL, 2011.

Pinto, ACJ. e Millen, DD. 2016. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: The 2016 Brazilian survey. *Canadian Journal of Animal Science*.

Pinto, RS.; Dias, FJS.; Costa, KAP.; Banyas, VL. e Ribeiro, MG. 2012. Qualidade da silagem de grãos úmidos de diferentes forrageiras. *Global Science and Technology* 05:124–136.

Rech, R. Estudo da produção da β -galactosidase por leveduras à partir do soro de queijo. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2003. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Molecular), Centro de biotecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

Rezende, AV.; Rabelo, CHS.; Veiga, RM.; Andrade, LP.; Härter, CJ.; Rabelo, FHS.; Basso, FC.; Nogueira, DA. e Reis, RA. 2014. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. *Animal Feed Science and Technology* 197:213-221.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.009>

Silva, TD.; Vieira, RÍM.; Ferreira, JC.; Barbosa, IT.; Silva, TD.; Dijkstra, D.; Pessoa, MS. e Abrão, FO. 2018. Influência do processamento de grãos sobre o desempenho de ruminantes e a população microbiana do leite. *Caderno de Ciências Agrárias* 10:53–60.
<https://doi.org/10.35699/2447-6218.2018.3035>

Silva, CM.; Amaral, PNC.; Baggio, RA.; Tubin, JSB.; Conte, RA.; Pivo, JCD.; Krahl, G.; Zampar, A. e Paiano, D. 2016. Estabilidade de silagens de grãos úmidos de milho e milho reidratado. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 17: 331-343.

Silva, JS.; Borges, ALCC.; Lopes, FCF.; Silva, RR.; Vieira, AR.; Duque, ACA.; BorgeS, I.; Rodrigues, JAS. e Gonçalves, LC. 2014. Degradabilidade ruminal in situ do sorgo grão em diferentes formas de reconstituição. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 66:1822-1830.

USDA, USDOA. Grain: World Markets and Trade. Disponível em:
<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2019.

Weinberg, ZG.; Shatz, O.; Chen, Y.; Yosef, E.; Nikbahat, M.; Ben-Ghedalia, D. e Miron, J. 2007. Effect of lactic acid bacteria inoculants on in vitro digestibility of wheat and corn silages. *Journal of Dairy Science* 90: 4754-4762.

4. CAPÍTULO 1 Características fermentativas e nutricionais das silagens de grãos de sorgo com diferentes granulometrias e reconstituídos com água, água com inoculante ou soro de leite.

RESUMO. Objetivou-se avaliar as silagens de grãos de sorgo moídos em diferentes granulometrias e reconstituídos com água, água com inoculante bacteriano-enzimático e soro de leite sobre os valores de pH, nitrogênio amoniacal, perdas de matéria seca e o valor nutritivo. Foram avaliadas três granulometrias de processamentos dos grãos de sorgo para ensilagem (2mm, 3mm e 5mm) associado com três formas de reconstituição dos grãos (água, água com inoculante bacteriano-enzimático e soro de leite). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3 com seis repetições. Houve interação das granulometrias com as formas de reconstituição (reidratação) sobre os valores de pH ($P>0,01$) da silagem de grãos de sorgo. Nas granulometrias de 2 e 3mm, o pH foi maior quando se utilizou água com inoculante para reconstituição em relação à água pura e soro de leite, respectivamente. Houve diferença nos teores de $N-NH_3$ ($P<0,01$) em função das diferentes granulometrias, sendo as maiores concentrações nos tratamentos com 2 e 5 mm (média de 5,33% do NT), sendo esta 46,34% superior à média (2,86 % do NT) verificada na granulometria 3 mm. Não houve interação entre os fatores granulometria e forma de reconstituição dos grãos de sorgo durante a ensilagem sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS; $P= 0,78$) da silagem, e nem efeito isolados das formas de reconstituição ($P=0,81$) (Tabela 5). Entre as granulometrias foi verificado que DIVMS foi 36,55% superior quando os grãos de sorgo foram moídos na peneira de 2mm em comparação com a granulometria de 3 e 5 mm (média de 47,59%). Para ensilagem dos grãos reconstituídos de sorgo recomenda moagem na peneira de 2 mm usando soro de leite.

Palavras chave: grãos reidratados, matéria seca, pH, *Sorghum bicolor*

4.1 INTRODUÇÃO

A pecuária é hoje uma das atividades mais importantes do Brasil, e para a produção de alguns dos principais produtos, como leite e carne, os produtores fazem o uso das plantas forrageiras como principal fonte de alimentação dos bovinos, com a finalidade de suprir as demandas do consumidor. No entanto, devido as condições climáticas, temos um longo período de seca em várias regiões do país, causando uma baixa na qualidade e quantidade de forragem, sendo então necessária a conservação de alimentos para suprir as exigências dos animais durante esse período (Pires et al., 2013).

Entre as estratégias de conservação de forragem, a ensilagem tem sido uma das alternativas mais utilizadas, e com isso os produtores podem armazenar alimento nessas épocas de escassez de forragem (Pereira et al., 2007).

Existem várias pesquisas científicas relacionadas a produção de silagem, dentre elas a produção de silagem por meio do processo de reidratação, que é o processo que envolve a adição de água ao grão até que alcance um teor de umidade acima dos 30% (Faustino, 2016; Pereira, 2013).

Para se obter melhores resultados na qualidade da silagem, Pereira (2013) indica o uso de inoculantes, onde os microrganismos usados são as bactérias produtoras de ácido láctico, produto que é importante para acarretar uma queda brusca no pH, diminuindo a atividade de microrganismos indesejados como os clostrídios que são os produtores de ácido butírico, melhorando assim o processo fermentativo e reduzindo os riscos de perda do material ensilado. Dentre os potenciais aditivos, um dos que possuem características promissoras para essa finalidade é o soro de leite, podendo servir de substrato para as

bactérias ácido láticas, além disso, no próprio soro de leite existe a presença desses microrganismos, o que desperta interesse para realização de estudo desse aditivo.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos de cuidado e manejo dos animais utilizados no experimento estavam de acordo com diretrizes do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e foram aprovados pelo Comitê de Ética, Bioética e Bem-Estar Animal (CEBEA) da Universidade Estadual de Montes Claros (N° 173/2018).

O experimento foi realizado em Janaúba-MG, região Sudeste, no Norte de Minas Gerais, que apresenta clima tropical semiárido.

Os tratamentos consistiram em três granulometrias (2mm, 3mm e 5mm) associado com três formas de reconstituição (água, água com inoculante bacteriano-enzimático e soro de leite). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3 com seis repetições. O soro de leite foi coletado em uma fazenda próxima à cidade de Janaúba e analisado no laboratório de análises de tecnologias de produtos de origem animal da Unimontes. Na Tabela 1 pode ser verificado a composição do soro de leite utilizado.

O grão de sorgo foi adquirido em uma casa de rações no município de Janaúba, MG e moídos em máquina trituradora picadora de martelos TN8 (Nogueira®, Itapira, São Paul, Brazil). Após a determinação do teor de matéria seca foi realizado a reconstituição com os respectivos inóculos. A quantidade de água e soro adicionados foram determinados utilizando a seguinte equação: $\Delta \text{ Líquido (L)} = [\text{UC} \times (\text{UF}-\text{UI})] / 100 - \text{UF}$, onde UC = massa do

produto úmido (kg), UF = umidade final; UI = umidade inicial; ME = massa específica do líquido (kg L⁻¹).

Como fonte de bactérias ácidos láticas foi utilizado o inoculante da marca Silotrato[®] (SLO Agropecuária, Londrina, Paraná, Brasil). A dose aplicada do inoculante foi seguida da recomendação do fabricante. O inoculante apresenta a seguinte composição: *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactococcus lactis*, *Propionibacterium acidipropionici*, enzima celulolítica 5%.

Para produzir a silagem, foram utilizados silos experimentais de Polyvinyl chloride (PVC) de peso conhecido, com 50 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. Os grãos de sorgo processados em diferentes granulometrias foram reconstituídos com os diferentes líquidos e homogeneizados. O material resultante foi depositado nos silos e compactado com êmbolo de madeira. Para cada tratamento, quantificou-se a densidade da silagem (930 kg de material natural m⁻³) conforme recomendado por Ruppel et al. (1995). Após o enchimento, os silos foram fechados com tampas de PVC equipadas com válvulas tipo *Bunsen*, seladas com fita adesiva e pesadas. Os silos foram armazenados à temperatura ambiente e abertos 70 dias após a ensilagem.

A determinação do pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foram obtidos por meio de extrato da silagem. O pH foi medido com potenciômetro (DM-22, Digimed, São Paulo, SP, Brasil) e o nitrogênio amoniacal (N-NH₃) conforme técnica descrita por Noel e Hambleton (1976). As perdas de matéria seca e a recuperação da MS nas silagens foram quantificadas por diferença de peso de acordo com Jobim et al. (2007).

As amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (INCT-CA G-001/1 e G-003/1), proteína bruta (INCT-CA N-001/1) e cinzas (INCT-CA M-001/1), fibra em

detergente neutro (INCT-CA F-002/1) e a fibra em detergente ácido (INCT-CA F-003/1) usando alfa amilase sem sulfito de sódio. Os carboidratos totais (CT) foram obtidos pela seguinte fórmula: $CT = 100 - (\% PB + \% \text{ cinza} + \% EE)$ de acordo com a metodologia descrita por Sniffen et al. (1992). Os nutrientes digestíveis totais foram estimados de acordo com Weiss (1998).

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada de acordo com metodologia descrita por Tilley & Terry (1963) modificada de acordo com Detmann et al., (2012) por meio do uso da incubadora *in vitro* da Tecnal® (TE-150).

Os dados foram submetidos à análise de variância usando os procedimentos GML do SAS, versão 9.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). O procedimento UNIVARIATE foi utilizado para detectar outliers ou valores influentes e examinar a normalidade dos resíduos. As variáveis foram analisadas conforme o modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \text{Gran}_i + \text{Rec}_j + \text{Gran}_i \times \text{Rec}_j + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = A observação referente a granulometria “i”, na reconstituição “j” na repetição “k”;

μ = constante associada a todas as observações;

Gran_i = Efeito da granulometria “i”, com $i = 1, 2$ e 3 ;

Rec_j = Efeito da reconstituição “j”, com $j = 1, 2$ e 3 ;

$\text{Gran}_i \times \text{Rec}_j$ = Efeito da interação entre a granulometria “i” e reconstituição “j”;

e_{ijk} = erro experimental associado a todas as observações (Y_{ijk}), independente, que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância δ_2 .

4.3 RESULTADOS

Houve interação das granulometrias com as formas de reconstituição (reidratação) sobre os valores de pH ($P > 0,01$) da silagem de grãos de sorgo (Tabela 2). Nas granulometrias de 2 e 3mm, o pH foi maior quando se utilizou água com inoculante para reconstituição em relação à água pura e soro de leite, respectivamente.

Na granulometria de 5mm, os valores de pH foi 4,58% e 31,19% superior quando utilizou água em comparação com a reconstituição água com inoculante ou soro de leite, respectivamente. Dentro da forma de reconstituição da silagem de sorgo usando água, o maior valor de pH foi verificado na granulometria de 5 mm. O maior valor de pH quando se utilizou água com inoculante foi observado na granulometria de 2 mm em relação às demais. Quando o soro de leite foi utilizado para reidratação dos grãos de sorgo não houve diferença sobre aos valores de pH nas diferentes granulometrias, média de 2,95. Não houve interação dos fatores avaliados sobre os valores de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$; $P = 0,09$), perdas de matéria seca (PMS; $P = 0,37$) e recuperação da matéria seca (RMS; $P = 0,37$). Não houve efeitos dos fatores isolados (granulometria e formas de reconstituição) sobre a PMS e RMS, média de 1,78 e 97,66%, respectivamente. Houve diferença nos teores de $N-NH_3$ ($P < 0,01$) em função das diferentes granulometrias, sendo as maiores concentrações nos tratamentos com 2 e 5 mm (média de 5,33% do NT), sendo esta 46,34% superior à média (2,86 % do NT) verificada na granulometria 3 mm. Não houve efeito das formas de reconstituição utilizando água, água com inoculante e soro de leite sobre o $N-NH_3$ ($P = 0,36$).

Não houve interação das granulometrias com as formas de reconstituição (reidratação) sobre os teores de matéria seca (MS; $P = 0,38$), cinzas ($P = 69$) e proteína bruta (PB; $P = 0,82$) e da silagem de grãos de sorgo (Tabela 3). Os maiores teores de MS foram

verificados na silagem de grãos de sorgo reconstituída com água em relação aos demais tratamentos. Quando reconstituída com soro de leite, a silagem de sorgo apresentou menor teor de proteína.

Não houve interação entre os fatores sobre os teores de fibra em detergente neutro (FDN; $P= 0,85$), fibra em detergente ácido (FDA; $P= 0,35$) e hemicelulose (HEM; $P= 0,60$) e nem efeito isolados das formas de reconstituição durante a ensilagem ($P>0,05$). O teor de FDN ($P<0,01$) da silagem foi verificado quando o grão foi grão moídos a 5 mm. O teor de FDA da silagem na granulometria de 5 mm foi 35,75% superior em relação a granulometria 2mm. Não houve diferença dos fatores isolados sobre o teor de HEM ($P=0,31$), média de 4,99%.

Não houve interação entre os fatores sobre os teores de carboidratos totais (CT; $P= 0,74$), carboidratos não fibrosos (CNF; $P= 0,80$) e nutrientes digestíveis totais (NDT; $P= 0,75$) e nem efeito isolados das granulometrias durante a ensilagem sobre os CT ($P=0,07$; Tabela 4) e CNF ($P=0,10$).

Para as formas reconstituição, os maiores teores de CT, CNF e NDT da silagem foi verificado quando se utilizou soro de leite. Para as granulometrias foi observado maior NDT na silagem de grãos de sorgo quando moídos na peneira de 3mm.

Não houve interação entre os fatores granulometria e forma de reconstituição dos grãos de sorgo durante a ensilagem sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS; $P= 0,78$) da silagem, e nem efeito isolados das formas de reconstituição ($P=0,81$) (Tabela 5). Entre as granulometrias foi verificado que DIVMS foi 36,55% superior quando os grãos de sorgo foram moídos na peneira de 2mm em comparação com a granulometria de 3 e 5 mm (média de 47,59%).

4.4 DISCUSSÃO

Acredita-se que a forma de moagem e as diferentes formas de reconstituição ou reidratação dos grãos para ensilagem pode modificar a hidratação do material e melhorar o perfil fermentativo como o pH da massa ensilada. Independente das estratégias de granulometrias associadas às formas de reidratação utilizadas, a silagem de sorgo apresentou valor de pH (média geral de 3,62) dentro da faixa recomendada (3,50-4,20) por Kung Jr et al. (2018). Os maiores valores de pH foram verificados nas granulometrias de 5 mm reidratado com água (4,36). Constatou-se que as silagens reidratadas com soro de leite tiveram os menores valores de pH nas diferentes granulometrias, o que é justificável pelo grau de acidez do soro de leite que contribui para redução do pH da silagem. Em geral, as características verificadas para o pH indicam que o processamento dos grãos de sorgo favoreceu a disponibilidade de carboidratos solúveis para que as bactérias ácido-láticas (LAB) produzissem ácido láctico, cujo valor de pKa (3,86) favoreceu a rápida redução do pH, importante para a conservação dos nutrientes da massa ensilada (Kung Jr et al. 2018).

A qualidade fermentativa (i.e. pH na faixa ideal, menores perdas de MS) da silagem é dependente do teor de MS, carboidratos solúveis e baixo poder tampão (Reis et al., 2012). Nesta pesquisa, o maior teor de MS foi verificado na silagem reconstituída de água em relação aos demais tratamentos e não há explicação teórica que justifica esse comportamento; contudo não foi um fator que contribuiu com perdas de MS e recuperação da MS durante a fermentação da massa. Em relação o N-NH₃ foi verificado maiores concentrações quando os grãos de sorgo foram moídos a 2 e 5 mm, o que está relacionado com a proteólise das prolaminas, o que é justificável devido a maior exposição da matriz proteica quando a grãos foi moído a 2 mm. A menor quebra de prolaminas durante a

fermentação manter o teor proteico da massa ensilada. Por isso, o maior teor de proteína bruta da silagem quando reconstituído com água ou água com inoculante.

Foi verificado maiores teores de FDN e FDA da silagem de grãos de sorgo quando moído com na granulometria de 5 mm. Isso ocorreu devido a maior passagem partículas fibrosas como o pericarpo que é o componente estrutural mais externo do grão e é onde se encontra a maior quantidade de fibras. O endosperma é a estrutura mais importante do ponto de vista nutricional, pois é onde se encontra a maioria das proteínas e amido do grão. O endosperma é constituído de 86% de amido, 10 % de proteína e pequenas quantidades de cinzas e gordura. O processamento dos grãos tem elevado relação com a exposição do endosperma para os microrganismos ruminais. No entanto, os diferentes processamentos avaliados não elevaram os teores de CT e CNF. Contudo, o teor de NDT foi maior quando o grãos de sorgo foram moídos na peneira de 3 mm em relação aos demais graus de moagem. Em relação ao inóculo para reconstituição da umidade nos grãos de sorgo, verificou-se que o soro de leite elevou as concentrações de CT, CNF e NDT da silagem devido a sua composição. Dessa forma, as BAL utilizaram os nutrientes do soro de leite para redução do pH e conservação da massa ensilada em detrimento dos carboidratos solúveis dos grãos de sorgo. Do ponto de vista ambiental, esse é um resultado importante já que nas indústrias de laticínio, o soro é o principal subproduto derivado do processamento do leite. Em razão do elevado volume produzido e o seu descarte em cursos de água pode apresentar sérios danos ambientais, o uso desse subproduto para reidratação de grãos de sorgo é uma alternativa grande importância (Rezende et al., 2014).

Apesar da melhor conservação de energia com o soro de leite, a digestibilidade *in vitro* não foi alterada entre as fontes utilizadas para reidratação do sorgo. A maior digestibilidade da MS foi verificada na silagem moída a 2 mm devido a maior exposição dos

nutrientes, principalmente o amido que compõe a maior parte do endosperma do grão. Na prática, a moagem do sorgo com peneira de 2 mm aumenta o tempo de processamento, no entanto, eleva em 36,55% a digestibilidade da MS. No Brasil, o uso desse cereal como fonte de energia em dietas para ruminantes tem sido cada vez mais requisitado devido as peculiaridades produtivas da cultura do sorgo em relação às outras culturas. Um dos maiores impasses do uso não só dos grãos de sorgo, mas também dos grãos de milho é a baixa digestibilidade do amido. Os resultados dessa pesquisa para os grãos de sorgo ensilados parecem ser vantajosos quando os mesmos são processados na peneira de 2mm. Em relação às formas de reidratação, o soro de leite se destacou em relação a água pura ou água com inoculante. Isso é justificável pela presença de nutrientes presentes no soro de leite. Cabe a ressalva que apesar de apresentar BAL no soro de leite, o mesmo não deve ser considerado como inoculante bacteriano. A decisão de uso do soro de leite como forma de reidratar os grãos de sorgo depende da disponibilidade e custo de aquisição em cada região. A impossibilidade de uso do soro de leite durante a ensilagem dos grãos de sorgo processado implica em utilizar água com inoculante como forma de reidratação dos grãos.

4.5 CONCLUSÃO

Para ensilagem dos grãos reconstituídos de sorgo recomenda moagem na peneira de 2 mm usando soro de leite.

4.6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelas bolsas de pesquisa concedidas aos autores. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

4.7 REFERÊNCIAS

Detmann, E.; Souza, MA.; Valadares Filho, SC.; Queiroz, AC.; Berchielli, TT.; Saliba, EOS.; Cabral, LS.; Pina, DS.; Ladeira, MM. e Azevedo, JAG. 2012. Methods for food analysis = Métodos para análise de alimentos. Suprema, Visconde do Rio Branco, MG, Brasil

Faustino, TF. Silagem de grão de sorgo reidratado com água ou soro de leite. Alfenas. Dissertação (Programa de Mestrado em Ciência Animal) - Universidade José do Rosário Vellano, 57 p., 2016.

JOBIM, CC.; NUSSIO, LG.; REIS, RA. e SCHMIDT, P. 2007. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. Revista Brasileira de Zootecnia 36:101-119.

Kung Jr, L.; Shaver, R.D.; Grant, R.J. e Schmidt, R. J. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. J. Dairy Sci. 101, 4020-4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

Noel, RJ. e Hambleton, LG. 1976. Collaborative study of a semiautomated method for determination of crude protein in animal feeds. Journal AOAC Int. 59:134-140. <https://doi.org/10.1093/jaoac/59.1.134>

Reis, RA.; Ruggieri, AC.; Oliveira, AA.; Azenha, MV. e Casagrande, DR. 2012. Suplementação como Estratégia de Produção de Carne de Qualidade em Pastagens Tropicais. Revista

Brasileira de Saúde e Produção Animal 13:642-655. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402012000300005>

Pereira, MN. Pereira, RAN.; Lopes, NM.; Diar Júnior, G. S.; Cardoso, F.; Bitencourt, LL. Silagem de milho reidratado. Belo Horizonte, EPAMIG, Circular Técnica, n. 187, out, 2013.

Pereira, ES.; Mizubuti, IY.; Pinheiro, SM.; Villrroel, ABS. e Clementino, RH. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho (*Zea mays* L). Revista Caatinga, Mossoró 20: 8-12, 2007.

Pires, DAA.; Rocha Júnior, VRRO; Sales, ECJU., Reis, ST.; Jayme, DG.; Cruz, SS.; Lima, LOB.; Tolentino, DC. e Esteves, BLC. 2013. Características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. Revista Brasileira de Milho e Sorgo 12:68-77.

Rezende, AV.; Rabelo, CHS.; Veiga, RM.; Andrade, LP.; Härter, CJ.; Rabelo, FHS.; Basso, FC.; Nogueira, DA. e Reis, RA. 2014. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. *Animal Feed Science and Technology* 197:213-221. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.009>

RUPPEL, KA.; PITT, RE.; CHASE, LE.; GALTON, DM. 1995. Bunker Silo Management and Its Relationship to Forage Preservation on Dairy Farms. *Journal of Dairy Science* 78:141-153. [doi:10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76624-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76624-3)

SAS Institute. 2008. SAS/STAT 9.2 Users Guide. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.

Sniffen, CJ., O'connor, JD., Van Soest, P J.; Fox, DG. e Russell, JB. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70:3562-3577. DOI: 10.2527/1992.70113562x

Tilley, JMA. e Terry, RA. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18:104-111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>

WEISS, W.P. 1998. Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. In: Symposium: energy availability. J. Dairy Sci., 81:830-839.

4.8 ANEXOS-ARQUIVOS SEPARADOS

Tabela 1. Composição química do soro de leite utilizado no experimento

Item	Soro de leite
Ph	4,33
Acidez (°D)	27
Densidade a 15° C	1,026
Gordura (%)	0,37
Lactose (%)	4,42
Proteína (%)	0,80
Cinzas (%)	0,53
Sólidos totais 1 (%)	6,84
Sólidos totais 2 (%)	6,31

Sólidos totais 1 = Fórmula prática (utilizando valores de densidade e gordura); Sólidos totais 2 = utilizando a secagem em estufa.

Tabela 2. pH, nitrogênio amoniacal e perdas fermentativas da silagem de grãos de sorgo processados em diferentes granulometrias e formas de reconstituição

Item	Reconstituição	Granulometrias			EPM	P-valor		
		2	3	5		Gran	Rec	Gran x Rec
pH	Água	3,60 Bc	3,80 Ab	4,36 Aa	0,05	<0,01	<0,01	<0,01
	Água + Inoculante	4,06 Aa	3,73 Ab	4,16 Ba				
	Soro de leite	2,96 Ca	2,90 Ba	3,00 Ca				
N-NH ₃ , % NT	Água	5,26 a	2,86 b	5,40 a	0,37	<0,01	0,36	0,09
	Água + Inoculante							
	Soro de leite							
Perdas de MS, %	Água	1,84	1,78	1,74	0,8	0,51	0,23	0,37
	Água + Inoculante							
	Soro de leite							
RMS	Água	96,59	98,25	98,16	0,8	0,51	0,23	0,37
	Água + Inoculante							
	Soro de leite							

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05).

N-NH₃ – Nitrogênio amoniacal; NT - nitrogênio total; MS – matéria seca; RMS – Recuperação da matéria seca; EPM – erro padrão da média;

Gran – Granulometria; SP – sem peneira; P – Probabilidade

Tabela 3. Composição química da silagem de grãos de sorgo processados em diferentes granulometrias e formas de reconstituição

Item	Reconstituição	Granulometrias			Média	EPM	P-valor		
		2	3	5			Gran	Rec	Gran x Rec
MS	Água				75,10 A				
	Água + Inoculante	74,68	74,94	74,61	74,41 B	0,16	0,11	<0,01	0,38
	Soro de leite				74,73 B				
Cinzas	Água								
	Água + Inoculante	10,80	10,63	10,75		0,43	0,32	0,17	0,69
	Soro de leite								
PB	Água				7,98 A				
	Água + Inoculante	7,89	8,14	7,53	8,00 A	0,13	0,31	0,03	0,82
	Soro de leite				7,58 B				
FDN	Água								
	Água + Inoculante	6,56 b	7,68 ab	8,53 a		0,31	<0,01	0,26	0,85
	Soro de leite								
FDA	Água								
	Água + Inoculante	2,12 b	2,38 ab	3,30 a		0,13	<0,01	0,62	0,35
	Soro de leite								
HEM	Água								
	Água + Inoculante	4,44	5,30	5,23		0,37	0,31	0,27	0,6
	Soro de leite								

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05). MS- Matéria seca; PB – proteína bruta; FDN – Fibra em detergente neutro; FDA - Fibra em detergente ácido; HEM – Hemicelulose; EPM – erro padrão da média; SP – sem peneira; P – Probabilidade.

Tabela 4. Teor de carboidratos e nutrientes digestíveis da silagem de sorgo processados em diferentes granulometrias e formas de reconstituição

Item	Reconstituição	Granulometrias			Média	EPM	P-valor		
		2	3	5			Gran	Rec	Gran x Rec
CT	Água				77,06 B				
	Água + Inoculante	77,31a	77,24a	77,73a	77,24 B	0,40	0,07	0,01	0,74
	Soro de leite				78,51 A				
CNF	Água				68,59 AB				
	Água + Inoculante	68,75 a	69,56 a	69,19 a	68,28 B	0,50	0,10	0,04	0,80
	Soro de leite				70,06 A				
NDT	Água				76,58 AB				
	Água + Inoculante	76,65 b	77,13 a	76,73 b	76,44 B	0,01	0,01	0,01	0,75
	Soro de leite				77,14 A				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey ($P < 0,05$). CT - carboidratos totais; CNF – carboidratos não fibrosos; NDT - nutrientes digestíveis totais; EPM – erro padrão da média; GRAn – Granulometria; P – Probabilidade.

Tabela 5. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca da silagem de sorgo processados em diferentes granulometrias e formas de reconstituição

Reconstituição	Granulometrias			Média	EPM	P-valor		
	2	3	5			Gran	Rec	Gran x Rec
Água	75,44	46,25	47,47	56,39				
Água + Inoculante	74,93	51,81	46,16	57,63	1,73	<0,01	0,81	0,78
Soro de leite	74,68	49,00	44,87	56,18				
Média	75,02 a	49,02 b	46,17 b					

EPM – erro padrão da média; GRAn – Granulometria; Rec – Reconstituição; P – Probabilidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre as estratégias de conservação de forragem, a ensilagem tem sido uma das alternativas mais utilizadas, e com isso os produtores podem armazenar alimento nessas épocas de escassez de forragem. Com a realização deste estudo demonstrou-se que os grãos de sorgo ensilados mostraram ser vantajosos quando os mesmos são processados na peneira de 2mm. Em relação às formas de reidratação, o soro de leite se destacou em relação a água pura ou água com inoculante, obtendo melhores resultados na qualidade da silagem, diminuindo a atividade de microrganismos indesejados, melhorando assim o processo fermentativo e reduzindo os riscos de perda do material ensilado. Os resultados deste trabalho são relevantes por não possuir na literatura indicações precisas em relação a granulometria e formas de reidratação dos grãos de sorgo.