

UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO - UNIFENAS
THAILSON FERNANDO FAUSTINO

**SILAGEM DE GRÃO DE SORGO REIDRATADO COM ÁGUA OU SORO DE
LEITE**

Alfenas – MG
2016

THAILSON FERNANDO FAUSTINO

**SILAGEM DE GRÃO DE SORGO REIDRATADO COM ÁGUA OU SORO DE
LEITE**

Dissertação apresentada à
Universidade José do Rosário
Vellano – UNIFENAS como
parte das exigências para a
obtenção do título de Mestre em
Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Aداuton Vilela de Rezende

**Alfenas – MG
2016**

Faustino, Thailson Fernando

Silagem de grão de sorgo reidratado com água ou soro de leite. —
Thailson Fernando Faustino.—Alfenas, 2016.
56 f.

Orientador: Prof. Dr Adauton Vilela de Rezende
Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-graduação
em Ciência Animal -Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas,
2016.

1. Estabilidade aeróbia 2. Inoculante bacteriano 3. *Lactobacilli* 4.
Leveduras I. Universidade José do Rosário Vellano II. Título

CDU : 636.085.52(043)



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "SILAGEM DE GRÃO DE SORGO REIDRATADO COM ÁGUA OU SORO DE LEITE".

Autor: Thailson Fernando Faustino

Orientador: Prof. Dr. Aداuton Vilela de Rezende

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL** pela Comissão Examinadora.


Prof. Dr. Aداuton Vilela de Rezende
orientador


Prof. Dr. Rafael Fernandes Leite


Prof. Dr. Carlos Henrique Silveira Rabelo

Alfenas, 30 de setembro de 2016.


Prof. Dr. Aداuton Vilela de Rezende
Coordenador do Programa
Mestrado em Ciência Animal

Dedico esse trabalho a Deus, meus pais, familiares, e minha namorada Francine, pois sempre estiveram ao meu lado me apoiando e lutando para que eu realizasse meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar realizando este trabalho, e por ter me abençoado durante todo esse tempo, me amparando nos momentos mais difíceis e me dando força pra seguir em frente.

Agradeço minha mãe Dulcineia de Moraes Faustino e meu pai Francisco Fernandes Faustino por me apoiarem em todas as decisões da minha vida e por estarem ao meu lado em todos os momentos, principalmente dos mais difíceis.

Agradeço minha namorada Francine Ferreira Gonçalves Silva por todo amor e carinho, pela paciência e companheirismo, por me ajudar no meu experimento, e por estar ao meu lado nos momentos bons e ruins da vida.

À minha irmã Thais de Moraes Faustino e meu cunhado Rodrigo Domingues de Carvalho por batalharem comigo durante essa minha caminhada.

Ao prof. Dr. Aداuton Vilela de Rezende por todo ensinamento e conselhos passados a mim durante todo esse tempo.

Ao prof. Dr. Rafael Fernandes Leite, pelo ensinamento passado a mim, e também a ajuda nessa reta final com todas as observações e críticas na escrita desse trabalho.

A todos os professores que contribuíram para o meu aprendizado.

Muito obrigado!

SE NÃO PODER VOAR, CORRA.
SE NÃO PODER CORRER, ANDE.
SE NÃO PODER ANDAR, RASTEJE,
MAS CONTINUE EM FRENTE
DE QUALQUER JEITO.

Martin Luther King

RESUMO

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a qualidade nutricional da silagem de grão de sorgo processada e reidratada com água ou soro de leite. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2x2, sendo a reidratação do grão em quatro teores de umidade (25, 30, 35 e 40%), a reidratação com água ou soro e com ou sem a adição de inoculante bacteriano, totalizando 16 tratamentos com quatro repetições cada. Os grãos de sorgo foram moídos, reidratados e acondicionados em silos experimentais de PVC com capacidade de 4,5 kg por 90 dias, para então, avaliar a estabilidade aeróbia, bem como as características microbiológicas e químico-bromatológicas da silagem. Os resultados foram submetidos à análises de variância do programa estatístico SAS (9.2), sendo que os níveis de umidade foram avaliados por contrastes ortogonais lineares e quadráticos, e o veículo de reidratação e inoculante foram comparados por teste F. O uso de água comparado com o soro na reidratação diminuiu as perdas por gases, efluentes e matéria seca das silagens. O aumento da umidade nas silagens promoveu menor desenvolvimento de fungos e leveduras. As silagens inoculadas apresentaram teores de matéria seca superiores em relação às silagens sem inoculante. A concentração PB na silagem de grão de sorgo reidratado não foi alterada em função dos tratamentos. A adição de inoculante diminuiu a concentração de FDA, sendo que os valores mais baixos foram na silagem com 40% de umidade com água. As silagens reidratadas com soro de leite apresentaram maiores valores de matéria mineral, comparadas às silagens reidratadas com água. A utilização de soro de leite na reidratação de grãos de sorgo para ensilagem é uma boa estratégia para evitar seu descarte no meio ambiente, sendo recomendada sua adição até o ponto em que o grão de sorgo atinja 30% de umidade. Além disso, recomenda-se a utilização do inoculante bacteriano, por assegurar menor perda fermentativa no processo com maior estabilidade aeróbia das silagens.

Palavras-chave: Estabilidade aeróbia. Inoculante bacteriano. *Lactobacilli*. Leveduras.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the nutritional quality of sorghum silage processed and rehydrated with water or whey. The experimental design was a completely randomized 4x2x2 factorial design, with rehydration of the grain in four moisture contents (25, 30, 35 and 40%), rehydration with water or whey and, with or without the addition of bacterial inoculant, totaling 16 treatments with four replicates each. The sorghum grains were ground, rehydrated and conditioned in experimental PVC silos with capacity of 4.5 kg for 90 days, to evaluate the aerobic stability as well as the microbiological and chemical-bromatological characteristics of the silage. The results were submitted to analysis of variance of the statistical program SAS (9.2), and the humidity levels were evaluated by linear and quadratic orthogonal contrasts and, the vehicle of rehydration and inoculant were compared by F test. The use of water compared to the whey in the rehydration decreased the losses by gases, effluents and dry matter of the silages. The increase of moisture in the silages promoted a lower development of fungi and yeasts. The inoculated silages showed higher dry matter contents in relation to the silages without inoculant. The crude protein (CP) concentration in the grain silage of rehydrated sorghum was not altered as a function of the treatments. The addition of inoculant decreases the concentration of acid detergent fiber (ADF), the lowest values being in the silage with 40% moisture with water. Silage rehydrated with whey had higher values of mineral matter, compared to silages rehydrated with water. The use of whey in the rehydration of sorghum grains for silage is a good strategy to avoid its disposal in the environment, and its addition is recommended to the point where the sorghum grain reaches 30% moisture. In addition, it is recommended to use the bacterial inoculant, as it ensures less fermentative loss in the process with greater aerobic stability of the silages.

Keywords: Aerobic stability. Bacterial inoculant. Lactobacilli. Yeasts.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Perda de efluentes (%) na silagem de grão de sorgo reidratado a diferentes umidades, (a) PE para os tratamentos com água e soro de leite, (b) PE para os tratamentos com e sem inoculante bacteriano. 34
- Figura 2. Mudanças das temperaturas da silagem de grão de sorgo reidratado com soro de leite ácido ou água em quatro níveis de umidade (25%, 30%, 35% e 40%) durante a exposição aeróbia ((a) água com inoculante; (b) água sem inoculante; (c) soro com inoculante, (d) soro sem inoculante). 37
- Figura 3. Mudanças nos valores de pH da silagem de grão de sorgo reidratado com soro de leite ácido ou água em quatro níveis de umidade (25%, 30%, 35% e 40%) durante a exposição aeróbia ((a) soro sem inoculante; (b) soro com inoculante; (c) água sem inoculante; (d) água com inoculante). 39
- Figura 4. Desenvolvimento de fungos e leveduras (log UFC/g) em diferentes umidades com soro de leite e água..... 42
- Figura 5. Matéria seca em silagens de grão de sorgo reidratado em diferentes porcentagens. Abreviações: SSI: soro sem inoculante; SCI: soro com inoculante; ASI: água sem inoculante; ACI: água com inoculante..... 45
- Figura 6. Concentração de fibra em detergente ácido (FDA) na silagem de grão de sorgo reidratado a diferentes teores de umidade..... 47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição nutricional do soro de leite integral	24
Tabela 2. Esquema fatorial dos tratamentos de acordo com os fatores umidade, veículo de reidratação e com ou sem inoculante	25
Tabela 3. Perda por gases (PG), perda de efluentes (PE), perda de matéria seca (PMS) e pH da silagem de grão de sorgo reidratado com diferentes umidades com e sem inoculante, com a adição de soro de leite ou água.	32
Tabela 4. Valores de pH e temperatura em exposição aeróbia no tempo 30 e 66 horas após a abertura do silo das silagens de grão de sorgo reidratado com diferentes umidades, com a adição de soro de leite ou água, com e sem inoculante.....	38
Tabela 5. Desenvolvimento de bactérias ácido-láticas (MRS), fungos e leveduras (BDA) e enterobactérias (VRB) (log UFC/g de silagem) nas silagens de grãos de sorgo reidratado.....	41
Tabela 6. Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente ácido (FDA) das silagens de grão de sorgo reidratados com água ou soro de leite, com ou sem inoculante. Os dados estão expressos em % de MS.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO	8
	2.1 Importância da cultura do sorgo	8
	2.2 Características do sorgo	8
	2.3 Silagem	11
3.0	REFERÊNCIAS	17
	CAPÍTULO 1	21
	Introdução	22
	Material e métodos	24
	Local do experimento	24
	Obtenção do soro de leite	24
	Obtenção do grão do sorgo	24
	Delineamento e tratamentos	25
	Preparo do grão e ensilagem do material	25
	Abertura dos silos e preparação das amostras	26
	Estabilidade Aeróbia	27
	Análise microbiológica	28
	Análises químico-bromatológicas	28
	Análises estatísticas	29
	Resultados e Discussão	29
	Conclusão	48
	Referências	48

1 INTRODUÇÃO

A busca por alimentos que possam substituir o milho é crucial para diminuir o custo das rações. A utilização de sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) como substituto do milho vem sendo estudada há vários anos no Brasil, pois este cereal apresenta boa adaptabilidade aos diversos tipos de solos e climas brasileiros, conseguindo se desenvolver bem em solos com baixa disponibilidade de água (MOREIRA et al., 2014; CAÇÃO et al., 2012).

Devido às características físicas do grão de sorgo (tamanho, resistência à degradação, etc.), este pode apresentar maior benefício quando processado (IGARASI et al., 2008). O processo de moagem e reidratação do grão visa aumentar a área superficial e facilitar os processos digestivos, sejam eles fermentativos ou enzimáticos, melhorando assim o desempenho animal (PEREIRA et al., 2011).

A reidratação é um processo que envolve a mistura do grão com água para alcançar teor mínimo de 30% de umidade, seguido do armazenamento sem oxigênio dos grãos úmidos. A reidratação é um ponto chave na confecção da silagem de grão reidratado, pois o teor mínimo de 30% é necessário para garantir ótima fermentação e estocagem do material (PEREIRA et al., 2013).

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 causar sérios danos ambientais, encontrar uma forma de utilizá-lo é de grande importância. Sendo assim, um possível destino para o soro de leite produzido nas indústrias de laticínios seria a sua utilização como veículo de diluição para confecção da silagem de grão reidratado (Rezende et al., 2014).

A conservação na forma de silagem depende da fermentação natural dos açúcares e a produção de ácidos orgânicos, principalmente láctico e acético por meio das bactérias lácticas homofermentativas e heterofermentativas sob condições anaeróbicas (ÍTAVO et al., 2006). O uso de inoculantes bacterianos podem melhorar o processo de fermentação e reduzir perdas de alimento, uma vez que estes inoculantes bacterianos são qualificados como estimulantes da fermentação, na qual são adicionados nas silagens com o intuito de aumentar a concentração de bactérias responsáveis pela fermentação (ÁVILA, 2007).

Neste sentido, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a qualidade nutricional da silagem de grão de sorgo processada e reidratada com água ou soro de leite.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cultura do sorgo

No Brasil, a expansão do sorgo se iniciou na década de 70, principalmente no Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia e Paraná (ROSA, 2012). A área cultivada de sorgo granífero em todo Brasil na safra 2015/2016 foi de aproximadamente 700 mil hectares, com produção de 1,94 milhões de toneladas de grãos, sendo que a produtividade média nacional está em torno de 2,77 t/ha. As regiões Centro-Oeste e Sudeste respondem por mais de 88% da produção nacional. O estado de Goiás é o principal produtor com 41% da produção nacional seguido por Minas Gerais (29%) e Mato Grosso (14%) (CONAB, 2015).

O sorgo granífero é o que tem maior expressão econômica e está entre os quatro cereais mais cultivados em todo o Brasil, ficando atrás do milho, arroz e trigo (CONAB, 2015). Se destaca pelas características nutritivas e o cultivo ser semelhantes à cultura do milho, o que proporciona uma alternativa rentável para uso na alimentação animal (NEUMANN et al., 2004).

Esta cultura se adaptou bem em diversos ambientes, principalmente naqueles onde há condições de deficiência hídrica. Isto possibilita sua expansão em regiões com distribuição irregular de chuvas e, até mesmo, seu uso em sucessão à culturas de verão (COELHO et al. 2002).

2.2 Características do sorgo

2.2.1 O grão de sorgo

Os componentes anatômicos principais do grão de sorgo são: pericarpo, endosperma e gérmen. A distribuição relativa dos três principais componentes do grão é variável, sendo que, de modo geral, representam 6,5, 84,2 e 9,4% do grão, para o pericarpo, endosperma e gérmen, respectivamente (EMBRAPA, 2009).

O pericarpo é o componente estrutural mais externo do grão e é onde se encontra a maior quantidade de fibras (EMBRAPA, 2009). O endosperma é a estrutura mais importante do ponto de vista nutricional, pois é onde se encontram a maioria das proteínas e amido do grão (ANTUNES, 2010). Tipicamente o endosperma é constituído de 86% de amido, 10 % de proteína e pequenas quantidades de cinzas e gordura (FORNASIERI FILHO, 1992).

O gérmen é a estrutura germinativa e concentra a maioria dos lipídeos do grão. O eixo embrionário e o escutéllo são os dois principais componentes, onde se encontra a pequena reserva nutritiva para o embrião, na forma de proteínas de estocagem, enzimas e minerais (FAO, 1995).

2.2.2 Textura do grão de sorgo

O endosperma de híbridos tradicionais é composto por duas frações que possuem diferentes texturas, representadas pela porção farinácea e vítrea. No primeiro, os grânulos de amido são arredondados e estão dispersos, não havendo matriz proteica circundando essas estruturas. Por sua vez, no endosperma vítreo, a matriz proteica é densa, com corpos proteicos estruturados, que circundam os grânulos de amido de formato poligonal, não permitindo espaços vagos entre os grânulos de amido presentes no grão (ANTUNES, 2010). Neste sentido, o termo vitreosidade é utilizado para designar proporção de endosperma vítreo frente ao endosperma total (SAPATERRO et al., 2010).

Quanto maior a vitreosidade do endosperma dos grãos, maior a presença de prolamina envolvendo os grânulos de amido e menor a digestibilidade do amido. Sendo assim, o processamento deste grão apresenta muitos benefícios, melhorando a eficiência de utilização de nutrientes dos alimentos pelos microrganismos ruminais e pelo trato digestório total (CORREA et al., 2002).

O impacto da vitreosidade do endosperma na degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca do sorgo foi demonstrado por Antunes et al. (2007), que encontrou maior degradabilidade para grãos de endosperma farináceo em relação a grãos de endosperma vítreo nos tempos 0, 3, 6, 9, 15 e 24 h, com exceção do tempo 48 h, quando foi verificada apenas uma superioridade numérica de degradação da matéria seca para grãos farináceo. Segundo o autor, isso evidencia a forte influência da textura sobre as características de moagem e sobre o valor nutritivo dos grãos de sorgo, pois quanto mais duros os grãos, menores as degradabilidades da matéria seca, da proteína bruta e do amido. A textura do grão é fator determinante sobre o desempenho dos animais alimentados com sorgo e é uma característica controlada pela genética do sorgo (SILVA et al., 2015).

2.2.3 Propriedades do grão de sorgo

O sorgo é classificado como alimento energético, sendo que o teor de proteína presente nele é um pouco superior ao do milho. No entanto, não se deve dar importância ao nível de proteína bruta (PB) do sorgo, pois ele entra na dieta como alimento energético ao formular uma ração (ROSTAGNO et al., 2000).

O sorgo e o milho podem ser considerados equivalentes quanto aos teores de minerais e vitaminas. Contudo, o sorgo é deficiente em extrato etéreo e, dependendo da variedade, pode conter altos níveis de tanino (FURLAN et al., 2006).

Os taninos são substâncias polifenólicas encontradas no pericarpo dos grãos de sorgo, que conferem aos grãos um sabor adstringente, tornando o sorgo com alto teor de tanino tolerante ao ataque de pássaros, fungos causadores da podridão antes da colheita e insetos (FURLAN et al., 2006). O principal problema do tanino, quando presente no sorgo, é a complexação com proteínas, que afeta negativamente a digestibilidade e modifica a palatabilidade (MAGALHÃES et al., 2000).

2.2.4 Processamento do grão de sorgo

Um dos principais métodos utilizados no processamento de grãos é o tratamento físico. Neste processamento, o objetivo é reduzir o tamanho de partícula (moagem) pela força do impacto, compressão, corte ou atrito, resultando em aumento da superfície de contato, sem que haja alterações das propriedades químicas do material (MCKINNEY, 2006).

O processo de moagem é a forma mais simples e prática a ser aplicado ao grão para diminuição dos tamanhos de partículas e, influencia diretamente na degradação ruminal e digestão intestinal (VAN SOEST, 1994).

O grão de sorgo deve ser processado mais intensamente que o milho devido às características físicas do grão (IGARASI et al., 2008). O milho e o sorgo apresentam maiores benefícios quando processados, pois, nesses grãos, encontra-se uma matriz proteica que envolve os grânulos de amido, dificultando o ataque enzimático. Com isso, o processo de moagem rompe essa matriz proteica e expõe os grânulos de amido à digestão, o que facilita, por meio de fissuras, o ataque das enzimas da população microbiana presente no processo digestivo, melhorando, com isso, o aproveitamento do amido e o desempenho animal (PEREIRA et al., 2011).

2.3 Silagem

No processo de ensilagem normal, a preservação é causada por uma combinação da exclusão de oxigênio e da fermentação natural dos açúcares por bactérias, em ácido lático e outros produtos, diminuindo o pH (SILVA et al., 2015). A falta de oxigênio diminui o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, enquanto que, o baixo pH é o principal mecanismo regulador do crescimento de microrganismos anaeróbios (MUCK, 2011).

O processo de ensilagem é frequentemente dividido em três fases: aeróbia, fermentação e deterioração aeróbia. Cada fase tem impacto considerável sobre a qualidade da silagem administrada aos animais, e diversos microrganismos podem dominar o processo fermentativo, principalmente na fase de fermentação (NISHINO, 2011).

Para ação efetiva dos microrganismos, são necessárias quatro condições: material fermentante para permitir o crescimento bacteriano; ausência de O₂ no material, para favorecer o crescimento de lactobacilos anaeróbicos; número suficiente de lactobacilos para que sejam rapidamente dominantes sobre outras espécies microbianas e baixa umidade para evitar que os ácidos produzidos se diluam favorecendo uma fermentação butírica (BUGHARDI et al., 1980).

2.3.1 Silagem de grão úmido

A suplementação de animais realizada com concentrados à base de grãos secos tende a onerar o sistema de produção (PINTO et al., 2012). Uma alternativa para a redução de custos seria a utilização de silagem de grão úmido de cereais, que pode ser produzida e armazenada na propriedade e é menos influenciada pela variação de preços do mercado (SILVEIRA et al., 2006).

A ensilagem de grão úmido é um processo de estocagem dos grãos da planta em ausência de oxigênio, no qual os grãos devem apresentar teor de umidade entre 30 a 40% (NUMMER FILHO, 2001). A umidade pode ser tanto inerente ao grão devido à colheita antecipada formando grãos de alta umidade, ou acrescentado umidade em grãos secos para formar grãos reidratados ou também denominados grão úmido (OWENS, 2005).

Dentre as vantagens, a silagem de grão úmido é uma ótima opção para armazenar grãos por longo período, com baixo custo e, principalmente, mantendo o valor nutricional. A colheita é antecipada em três a quatro semanas e o processo de ensilagem promove um

aumento da digestibilidade e acarreta em aumento na concentração de energia quando comparado com o grão não ensilado (NUMMER FILHO, 2001).

Como desvantagens, a silagem de grão úmido apresenta dificuldade ou impossibilidade de comercialização, necessita de preparo diário da dieta aos animais, e podem apresentar micotoxinas (JOBIM et al., 2007).

A conservação de grãos de cereais na forma úmida tem sido uma das tecnologias de maior expansão no setor produtivo pela sua eficiência no contexto qualitativo e quantitativo (COSTA et al., 2001). Seu fácil manuseio permite que pequenos e grandes produtores obtenham resultados eficazes (JOBIM et al., 2003).

2.3.1.1 Reidratação do grão de sorgo

A reidratação é um processo que envolve a mistura do grão com água para alcançar teor de umidade de no mínimo 30%, seguido do armazenamento dos grãos úmidos em condição anaeróbia. O processo de reidratação pode representar uma alternativa viável ao pecuarista, pois nas propriedades rurais é comum problemas de infraestrutura de armazenagem, no qual ocorrem significativas perdas qualitativas e quantitativas dos grãos secos. Esta situação poderia ser revertida com a reidratação dos grãos secos e confecção da silagem de grãos úmidos, obtendo-se um sistema de armazenamento mais duradouro e seguro da safra, além da disponibilização de um alimento de elevada qualidade para os animais (PEREIRA, et al., 2011). A reidratação também pode ser uma alternativa quando ocorre atraso na colheita, situação em que o teor de matéria seca ultrapassa o desejado para o processo de ensilagem do grão úmido.

Um detalhe importante na confecção da silagem de grão reidratado é a homogeneização da água ao grão moído, pois caso sua incorporação ao milho ocorra por uma mistura não vigorosa, a hidratação do grão não será perfeita, podendo resultar em perda do material ensilado por crescimento de fungos (PEREIRA et al., 2011).

Os ácidos orgânicos produzidos durante o processo de fermentação podem causar rupturas na matriz proteica que recobre os grânulos de amido, bem como na estrutura desses grânulos, favorecendo a digestão e absorção do amido (JOBIM et al., 2003). Huck et al. (1999) demonstraram em um experimento com grãos de sorgo reconstituído com dois teores de umidade (30 e 35%) e grãos de sorgo naturalmente úmidos (25% de umidade) que, aumentando o conteúdo de umidade, aumentou a taxa de produção de ácido lático e diminuiu o tempo de fermentação requerido para adquirir o pH final dos grãos ensilados. Aos 10 dias

de armazenamento, o pH era 4,0, 4,5 e 6,5 para os tratamentos com 35, 30 e 25% de umidade, respectivamente.

Vieira (2011) estudou o consumo e a digestibilidade aparente do sorgo grão moído seco e sorgo grão reidratado por três dias e ensilado por trinta dias, em novilhos Nelore. A adição de água ao sorgo seco elevou a umidade do material de 13,6% para 39,6% e a silagem produzida apresentou pH de 4,03. Não houve efeito ($P>0,05$) do processamento no consumo e digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, carboidratos não fibrosos e amido. O autor observou que como o sorgo reconstituído foi moído em uma peneira de 8 mm, houve perda de grão inteiro nas fezes neste tratamento.

Pereira et al. (2011) verificaram que a degradabilidade da matéria seca do milho moído fino reidratado (71,6%) e sorgo moído fino reidratado (67,1%) foi melhor, em função da reidratação com 38% de umidade dos grãos, quando comparada aos grãos secos, milho moído fino (42,8%) e sorgo moído fino (41,1%).

2.3.1.2 Reidratação com soro de leite

O soro de leite é um subproduto resultante da fabricação de queijos, cuja composição química apresenta quantidades consideráveis de lactose, proteínas solúveis e sais minerais (BARBOSA et al., 2010). De acordo com Pescuma et al. (2010), o soro é composto de água (93%), lactose (5%), proteínas (0,85%), uma quantidade mínima de gordura (0,36%), minerais (0,53%), sais de cálcio e outros. O soro também contém ácido lático (0,5g/L) e ácido cítrico, compostos nitrogenados não-proteicos (ureia e ácido úrico) e vitaminas do complexo B (DRAGONE et al., 2009).

Em média, para a fabricação de um quilo de queijo são necessários dez litros de leite, com recuperação de nove litros de soro (BARBOSA et al., 2010). Segundo a CONAB (2015), o Brasil deverá produzir 761,2 mil toneladas de queijo. Assim, calcula-se que a geração de soro de leite decorrente dos queijos produzidos no Brasil possa chegar à 6,85 milhões de toneladas.

Durante muito tempo o soro foi considerado um resíduo de baixo ou nenhum valor comercial, usado na alimentação de animais ou descartado em efluentes sem qualquer tratamento (BARBOSA et al., 2010).

No caso da alimentação animal, o soro *in natura* representa principalmente uma fonte de lactose, mas também de proteína, cálcio, fósforo, enxofre e vitaminas. Porém, seu uso na

alimentação animal, como fonte de nutrientes é limitado devido às excessivas proporções de água e minerais (SILVA, 2006).

Por esse motivo, há uma preocupação recorrente em gerar aplicabilidade ao soro de leite em novos alimentos, visto que, no território brasileiro, cerca de 50% do soro não é aproveitado, gerando desperdícios nutricionais, financeiros e impactos ambientais, já que é um resíduo com alto teor orgânico (MAGALHÃES et al., 2011).

Evidências apontam também que, quando manejado de forma inadequada, o soro pode atuar como agente de poluição ambiental (MAGALHÃES et al., 2011). O excedente desse subproduto é um dos maiores problemas enfrentados pelas indústrias de laticínios, principalmente as de pequeno e médio porte, frente ao custo elevado do tratamento. Por isso, algumas indústrias optam pelo seu descarte diretamente na rede pública, rios e lagos (FLORENTINO et al., 2005).

O poder poluente do soro é aproximadamente 100 vezes maior que o esgoto doméstico. Assim, se lançado em cursos d'água reduz a vida aquática, devido à demanda bioquímica de oxigênio (30.000mg a 50.000mg de oxigênio/litro de soro) e, se descartado no solo, compromete a estrutura físico-química, diminuindo o rendimento da colheita (LEITE et al., 2012).

Com o propósito de dar destino para o soro de leite, Lopes et al. (2013) avaliaram a caracterização nutricional da silagem de bagaço de cana-de-açúcar adicionada ou não de soro de leite, e verificaram que com a adição de soro de leite na silagem, houve um aumento no teor de matéria seca, diminuição de FDA e também queda no pH.

Santos et al. (2006) com o objetivo de avaliar o efeito da adição do soro de leite sobre a composição bromatológica e fermentação em silagem de capim-elefante, concluíram que a adição de soro de leite na silagem de capim representa uma alternativa para aproveitamento desse resíduo da indústria de laticínio, tendo em vista os menores valores de pH e N-amoniaco nas silagens tratadas com soro sem comprometer a sua composição bromatológica.

Rezende et al. (2014) avaliando o efeito da reidratação da silagem de grãos de milho com água ou soro de leite, observaram que o soro de leite tem um grande potencial para ser usado na reidratação do grão de milho no processo de ensilagem, isto porque houve uma melhora no processo de fermentação, e também um aumento da estabilidade aeróbia das silagens. Considerou também que a reidratação com soro de leite na silagem representa uma estratégia prática para evitar a devolução de soro de leite em cursos d'água ou lagoas.

2.4 Inoculante bacteriano para silagens

Para obter-se uma silagem de qualidade, é necessário manter um ambiente anaeróbio, com quantidade de substrato adequado para que as bactérias produtoras de ácido lático se multipliquem e ocorra fermentação (MAGALHÃES; RODRIGUES, 2004). Porém, efeitos negativos podem ocorrer no processo de conservação da silagem após a abertura do silo, se teores de carboidratos solúveis residuais estiverem elevados, criam-se, assim, condições favoráveis para a atuação de microrganismos aeróbicos indesejáveis, como as leveduras (SILVA et al., 2005). Para que se tenha total controle no processo fermentativo da silagem, inoculantes contendo bactérias lácticas tem sido aplicado com objetivo de evitar o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (CAMPIOLO, 2014).

Os inoculantes bacterianos são qualificados como estimulantes da fermentação e são obtidos através da adição de culturas bacterianas, constituindo os grupos de aditivos mais utilizados em todo o mundo (ÁVILA, 2007).

As mudanças esperadas com a inoculação incluem rápida queda do pH, diminuição da concentração de nitrogênio amoniacal, diminuição dos níveis de acetato e de butirato e aumento da concentração de ácido lático (MAGALHÃES; RODRIGUES, 2004). Promovem também o aumento na taxa de fermentação (maior relação lático/acético), com uso mais eficiente dos carboidratos solúveis e, em consequência, maior retenção de nutrientes na silagem (HENDERSON, 1993).

A maioria dos inoculantes comerciais de silagem contém culturas vivas de bactérias lácticas como: *Lactobacillus*, *Pediococcus* ou *Streptococcus*, com predominância das espécies *Lactobacillus plantarum* ou *Streptococcus faecium* (COAN et al., 2005).

As bactérias lácticas fazem parte do grupo de bactérias que apresentam como característica mais importante a produção de ácido lático como principal ou único produto de seu metabolismo. Dentre as bactérias lácticas, as mais importantes envolvidas com o processo de fermentação da silagem são as bactérias pertencentes aos gêneros *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus* e *Leuconostoc* (ÁVILA, 2007).

O *Lactobacillus plantarum* é uma bactéria homofermentativa frequentemente utilizada para controlar a fermentação de silagens devido à eficiente produção de ácido lático que proporciona rápida diminuição do pH no início do processo de fermentação (FILYA, 2003).

Porém, Weinberg et al. (1993) relataram que altos níveis de carboidratos solúveis residuais, combinados com altas concentrações de ácido lático e ausência de concentrações suficientes de ácido acético, sejam associados às perdas durante exposição aeróbia das

mesmas. Segundo Filya (2003), isto ocorre devido aos carboidratos solúveis e ácido láctico serem substratos para o desenvolvimento de fungos após a abertura dos silos, enquanto que o ácido acético tem a capacidade de inibir estes microrganismos oportunistas. Portanto, essas observações estimularam a procura de opções de inoculantes bacterianos que possam ser eficientes durante a fermentação anaeróbia e também protejam a silagem durante exposição aeróbia.

Morais et al. (2012) avaliando o efeito de silagens de grãos úmidos de milho, observaram que a silagem não necessita da adição de inoculante para a melhoria dos padrões de fermentação e composição bromatológica. No entanto, as silagens de grãos úmidos de milho inoculadas apresentaram menor valor de pH quando comparadas com as silagens de grãos úmidos de milho sem inoculante, com médias de 3,89 e 3,94, respectivamente.

Reis et al. (2008) analisando o efeito de inoculante sobre as perdas nos períodos de fermentação e pós-abertura da silagem de grãos úmidos de milho, relataram que com a inoculação, a massa ensilada mostrou-se eficaz no controle de leveduras e fungos e promoveu o aumento da estabilidade aeróbia, porém não observaram influência nos valores de pH e nas perdas por gás e por efluentes.

3 REFERÊNCIAS

- ANTUNES, R. C. **Utilização de sorgo para gado de leite.** In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 5., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária – UFMG, 2010. p.125-150
- ANTUNES, R. C. et al. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** , Brasília, v.59, n.5, p.1351–1354, out.2007.
- ÁVILA, C.L.D.S. **Isolamento e uso de Lactobacillus buchneri na ensilagem de capim-mombaça e cana-de-açúcar.** 2007. 175 f. Tese (Doutorado em Zootecnia- área de concentração em forragicultura e pastagem)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- BARBOSA, A.S. et al. Utilização do soro como substrato para produção de aguardente: estudo cinético da produção de etanol. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.1, p.7-25, jan./mar.2010.
- BUGHARDI, S.R., GOODRICH, R.D., MEIKE, K.C. Evaluation of corn silage treated with microbial additives. **Journal of Animal Science**, Madison, WI, v.50, n.4, p.729-736, jan.1980.
- CAÇÃO, M.M.F.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L. Degradabilidade ruminal da matéria seca de grãos de milho e de sorgo com alto ou baixo conteúdo tanino processados. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.1, n.2, p.516-528, abr./jun.2012.
- CAMPIOLO, R. S. **Ensilagem de grão úmido de milho utilizando inoculante microbiológico comercial e soro de queijo.** Londrina, 2014.
- COAN, R.M., VIEIRA, P.F., SILVEIRA, R.N. Enzymatic-bacterial inoculants, chemical composition and fermentation characteristics of Tanzania grass and Mombaça grass silages. **Rev. Bras. Zootec.** , Viçosa, v.34, n.2, p.416-424, mar./apr. 2005.
- COELHO, A. M. et al. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v.14, n. 100, p. 1-24, dez. 2002.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira:** grãos, quinto levantamento, fev. 2015.
- CORREA, C.E.S. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, n.11, p.3008-3012, may 2002.
- COSTA, C. et al. Impacto do uso de aditivos e/ou inoculantes comerciais na qualidade de conservação e no valor alimentício de silagens In.: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá. p. 87-126 UEM, 2001. p. 87-126.
- DRAGONE, G. et al. Characterization of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.112, n.4, p.929-935, feb.2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA . **Embrapa milho e sorgo**. Disponível em: < <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo>>. Acesso em: 06 de out. 2009.

FILYA, I. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n.11, p. 3575-3581, out. 2003.

FLORENTINO, E.R. et al. Caracterização do soro de queijo visando processo de aproveitamento. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.19, n.130, p.30-32, abr. 2005.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273 p.

FURLAN, A. C. et al. Avaliação nutricional da silagem de grãos úmidos de sorgo de baixo ou de alto conteúdo de tanino para coelhos em crescimento. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v.35, n.3, p.775-784, maio/jun. 2006.

HENDERSON, N. Silage additives. **Anim. Feed Sci. and Technol.**, Amsterdam, v.45, n.1, p.35-56, dec. 1993.

HUCK, G. L.; KREIKEMEIER, K. K.; BOLSEN, K. K. Effect of reconstituting field-dried and early-harvested sorghum grain on the ensiling characteristics of the grain and on growth performance and carcass merit of feed lot heifers. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 77, n.5, p. 1047-1081, may 1999.

IGARASI, M.S. et al. Desempenho de bovinos jovens alimentados com grão úmido de milho ou com grão úmido de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.3, p.513-519, set. 2008.

ÍTAVO, C.C.B.F. et al. Effect of microbial inoculation on the fermentative parameters and chemical composition of high moisture corn and sorghum grain silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.655-664, maio/jun.2006.

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, 5., Goiânia. **Anais...** Goiânia: UEM-Maringá, 2003. p.357-376.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, suplemento especial, p.101-119, jul. 2007.

LEITE, M.T. et al. Canonical analysis technique as an approach to determine optimal conditions for lactic acid production by *Lactobacillus helveticus* ATCC 15009. **International Journal of Chemical Engineering**, London, v. 2012, 9 p., ago. 2012. ID 303874

LOPES, M. P. C. e et al. Caracterização nutricional da silagem de bagaço de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.) adicionada ou não de soro de queijo e/ou grão de milho. **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR**, Umuarama, v. 16, n. 1, p. 41-46, jan./jun. 2013.

MAGALHÃES, K.T. et al. Comparative study of the biochemical changes and volatile compound formations during the production of novel whey-based kefir beverages and traditional milk kefir. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.126, n.1, p.249-253, mar. 2011.

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

MAGALHÃES, V.J.A.; RODRIGUES, P.H.M. Avaliação de inoculante microbiano na composição bromatológica, fermentação e estabilidade aeróbica da silagem pré-seca de alfafa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p. 51-59, jan./fev. 2004.

MCKINNEY, L. J. Grain processing: particle size reduction methods. In: **Cattle grain processing**. Oklahoma, 2006. p.42-45.

MORAIS, M. D. G. et al. Inoculation of corn high moisture silages, in different processing. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.4, p.969-981, oct./dec. 2012.

MOREIRA, F. R. C. et al. Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de suínos nas fases de creche, crescimento e terminação. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.** Salvador, v.15, n.1, p.94-107, jan./mar. 2014.

MUCK, R.E. Potential of Energy Production from Conserved Forages. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS, 2., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba : ESALQ, 2011. 15p.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. Avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ou milho (*Zea mays*, L.) na produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 438-452, jul.2004.

NISHINO, N. Aerobic stability and instability of silages caused by bacteria. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS, 2., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2011.15 p.

NUMMER FILHO, I. Silagem de grão úmido de milho In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA , 90., Local, 2001. **Anais...** Gramado: Embrapa, 2001.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **Sorghum and millets in human nutrition** : Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, 1995. (Food and Nutrition Series, 27.)

OWENS, F. N.; ZINN, R. A. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: SOUTHWEST NUTRITION, 21., 2005, Tucson. **Proceedings...** Tucson: SNC, 2005.

PEREIRA, M. N. et al. **Silagem de milho reidratado**. Belo Horizonte, EPAMIG, n.187, out. 2013.

PEREIRA, M.L.R. et al. Degradabilidade de grão reconstituído de milho e sorgo ensilados com diferentes granulometrias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 21., 2011, Maceió. **Anais eletrônicos...** Maceió: UFAL, 2011.

PESCUMA, M. et al. Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.141, n.1-2, p.73-81, jun. 2010.

PINTO, R. S. et al. Qualidade da silagem de grãos úmidos de diferentes forrageiras. **Gl. Sci Technol.**, Rio Verde, v. 05, n. 03, p. 124–136, set/dez. 2012.

REIS, R.A. et al. Efeito de doses de *Lactobacillus buchneri*“CEPA NCIMB 40788” sobre as perdas nos períodos de fermentação e pós-abertura da silagem de grãos úmidos de milho. **Ciência Animal Brasileira**, Rio de Janeiro, v.9, n.4, p.923-934, out./dez. 2008.

REZENDE, A.V. et al. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, n.2, p. 01-09, nov. 2014.

ROSA, W. J. **Cultura do sorgo** . [S.l.]: Departamento Técnico da Emater–MG, 2012.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141p.

SANTOS, et al. Efeito da adição do soro de queijo sobre a composição bromatológica, fermentação, perdas e recuperação de matéria seca em silagem de capim-elefante. **Ciência Animal Brasileira**, Viçosa-MG, v. 7, n. 3, p. 235-239, set. 2006.

SAPATERRO, G. A. et al. Utilização de milho floculado em confinamento. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS DA, 6., 2010, Dracena e ENCONTRO DE ZOOTECNIA, 7., 2010, Dracena. **Anais eletrônicos...** Dracena, 2010.3 p.

SILVA, A.V. et al. Composição e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de silagens de milho e sorgo tratadas com inoculantes microbianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.1881-1890, nov./dez. 2005.

SILVA, G. M.; et al. Fatores anti-qualitativos em silagens. **Revista Eletrônica Nutri-Time**, v.12, n. 06, p. 4359-4367, nov/dez . 2015.

SILVA, M. A. A. et al. Avaliação nutricional do milho com maior teor de óleo, nas formas de grão secos e silagens, para suínos nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 830-839, jun. 2006.

SILVEIRA, M.F. et al. Ganho de peso vivo e fermentação ruminal em novilhos mantidos em pastagem cultivada de clima temperado e recebendo diferentes suplementos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p. 898-903, jun. 2006.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**, 2.ed. Ithaca- NY : Cornell University Press, 1994. 476 p.

VIEIRA, A.R. **Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas contendo sorgo em grão seco ou reidratado e ensilado para novilhos Nelore confinados**. 2011. 68f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

WEINBERG, Z. G. et al. The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silages. **Journal of Applied Bacteriology**, Israel, v. 75, n. 9, p. 512-518, abr. 1993.

CAPÍTULO 1

Silagem de grão de sorgo reidratado com água ou soro de leite

**Thailson Fernando Faustino, Adauton Vilela de Rezende, Rafael Fernandes Leite,
Carlos Henrique Silveira Rabelo, Francine Ferreira Gonsalves Silva.**

Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS

O artigo será publicado na REVISTA BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, sendo classificado com QUALIS B1 em zootecnia e recursos pesqueiros, e o artigo esta A SER SUBMETIDO.

Resumo

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a qualidade nutricional da silagem de grão de sorgo processada e reidratada com água ou soro de leite. O delineamento experimental foi o DIC em esquema fatorial 4x2x2; reidratação do grão em quatro teores de umidade (25, 30, 35 e 40%), reidratado com água ou soro e com ou sem adição de inoculante bacteriano, totalizando 16 tratamentos com quatro repetições cada. Os grãos de sorgo foram moídos, reidratados e acondicionados em silos experimentais de PVC por 90 dias, para avaliar a estabilidade aeróbia, características microbiológicas e químico-bromatológicas da silagem. Os resultados foram submetidos à análise de variância do programa estatístico SAS (9.2) sendo que os níveis de umidade foram avaliados por contrastes ortogonais lineares e quadráticos, o veículo de reidratação e o inoculante foram comparados pelo teste F. A utilização de água em relação à reidratação com soro diminuiu as perdas por gases, efluentes e matéria seca das silagens. O aumento da umidade nas silagens promoveu menor desenvolvimento de fungos e leveduras. As silagens inoculadas apresentaram maior teor de matéria seca em relação às silagens sem inoculante. A concentração de PB na silagem não foi alterada em função dos tratamentos. A adição de inoculante diminuiu a concentração de FDA. As silagens reidratadas com soro de leite apresentam maiores teores de matéria mineral em comparação com as silagens reidratadas com água. A utilização de soro na reidratação de grãos de sorgo para ensilagem é uma boa estratégia para evitar seu descarte no meio ambiente. Recomenda-se a sua adição até o ponto que o grão de sorgo atinja 30% de umidade. Além disso, recomenda-se o uso do inoculante bacteriano para garantir menores perdas fermentativas no processo de ensilagem.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the nutritional quality of sorghum silage processed and rehydrated with water or whey. The experimental design was the DIC in factorial scheme 4x2x2; (25, 30, 35 and 40%), rehydrated with water or serum and with or without addition of bacterial inoculant, totaling 16 treatments with four replicates each. The sorghum grains were ground, rehydrated and conditioned in experimental silos of PVC for 90 days, to evaluate the aerobic stability, microbiological and chemical-bromatological characteristics of the silage. The results were submitted to analysis of variance of the statistical program SAS (9.2) and the moisture levels were evaluated by linear and quadratic orthogonal contrasts, the rehydration vehicle and the inoculant were compared by the test F. The use of water in relation to the Rehydration with serum decreased the losses by gases, effluents and dry matter of the silages. The increase of moisture in the silages promoted a lower development of fungi and yeasts. The inoculated silages presented higher dry matter content in relation to the silages without inoculant. The concentration of PB in the silage was not altered as a function of the treatments. Addition of inoculant decreased the concentration of FDA. Silage rehydrated with whey showed higher mineral matter contents compared to silages rehydrated with water. The use of serum in the rehydration of sorghum grains for ensiling is a good strategy to avoid its disposal in the environment. It is recommended to add it to the point that the sorghum grain reaches 30% moisture. In addition, it is recommended to use the bacterial inoculant to ensure less fermentative losses in the ensiling process.

Introdução

A busca por alimentos que possam substituir o milho é crucial para diminuir o custo das rações. A utilização de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) como substituto do milho vem sendo estudada há vários anos no Brasil, pois este cereal apresenta boa adaptabilidade aos diversos tipos de solos e climas brasileiros, conseguindo se desenvolver bem em solos com baixa disponibilidade de água.

Devido às características físicas do grão de sorgo (tamanho, resistência à degradação, etc.), este pode apresentar maior benefício quando processado. O processo de moagem e

reidratação do grão visa aumentar a área superficial e facilitar os processos digestivos, sejam eles fermentativos ou enzimáticos, melhorando assim o desempenho animal.

A reidratação é um processo que envolve a mistura do grão com água para alcançar teor mínimo de 30% de umidade, seguido do armazenamento sem oxigênio dos grãos úmidos. A reidratação é um ponto chave na confecção da silagem de grão reidratado, pois o teor mínimo de 30% é necessário para garantir ótima fermentação e estocagem do material.

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 causar sérios danos ambientais, encontrar uma forma de utilizá-lo é de grande importância. Sendo assim, um possível destino para o soro de leite produzido nas indústrias de laticínios seria a sua utilização como veículo de diluição para confecção da silagem de grão reidratado.

A conservação na forma de silagem depende da fermentação natural dos açúcares e a produção de ácidos orgânicos, principalmente láctico e acético por meio das bactérias lácticas homofermentativas e heterofermentativas sob condições anaeróbicas. O uso de inoculantes bacterianos podem melhorar o processo de fermentação e reduzir perdas de alimento, uma vez que estes inoculantes bacterianos são qualificados como estimulantes da fermentação, na qual são adicionados nas silagens com o intuito de aumentar a concentração de bactérias responsáveis pela fermentação.

Neste sentido, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a qualidade nutricional da silagem de grão de sorgo processada e reidratada com água ou soro de leite.

Material e métodos

Local do experimento

O experimento foi conduzido na Faculdade de Agronomia da Universidade José do Rosário Vellano, Campus de Alfenas - MG.

Obtenção do soro de leite

O soro de leite utilizado no experimento foi resultante da coagulação enzimática do leite, derivado da fabricação do queijo, proveniente do laticínio do Instituto Federal do Sul de Minas Campus-Machado. Após a sua aquisição, o soro foi homogeneizado e analisado no Laboratório de Análises Físico-Químicas do Instituto Federal do Sul de Minas Campos-Machado – MG (Tabela 1), de acordo com os procedimentos indicados nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

Tabela 1. Composição nutricional do soro de leite integral

Componentes	Soro de leite integral	Soro de leite (MS)
Densidade, g/L a 15 °C	1031,2	
pH	3,83	
Matéria seca, %	7,40	100,00
Proteína bruta, %	0,97	13,22
Extrato etéreo, %	0,20	2,72
Matéria mineral, %	0,50	7,01

Fonte: IF Campus Machado - 2016

Obtenção do grão do sorgo

O grão de sorgo foi adquirido diretamente da Cooperativa Agropecuária de Alfenas, Alfenas-MG, no qual foi avaliado a sua umidade para posterior reidratação dos grãos. O grão de sorgo utilizado apresentou umidade de aproximadamente 14%.

Delineamento e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x2x2, sendo a reidratação do grão em quatro teores de umidade (25, 30, 35 e 40%); reidratado com água ou com soro e, com ou sem a adição de inoculante bacteriano, totalizando 16 tratamentos com quatro repetições em cada (Tabela 2).

Tabela 2. Esquema fatorial dos tratamentos de acordo com os fatores umidade, veículo de reidratação e com ou sem inoculante

Umidade %											
25%		30%				35%				40%	
Água		Soro		Água		Soro		Água		Soro	
SI	CI	SI	CI	SI	CI	SI	CI	SI	CI	SI	CI
SI= sem inoculante; CI= com inoculante											

Preparo do grão e ensilagem do material

Para a moagem dos grãos secos de sorgo foi utilizado um triturador Nogueira dpm 2 com motor elétrico, utilizando peneira de 4 mm. Após a moagem, o sorgo foi pesado e colocados em um recipiente de alumínio onde foi homogeneizado manualmente com a água ou soro de leite e, posteriormente, ensilado em silos de laboratório confeccionados em tubos de “PVC” com diâmetro de 100 mm e altura de 500 mm com capacidade aproximada de 4,5 kg cada. Para a compactação da silagem foram utilizados pêndulos de madeira. Depois de compactados, os silos foram novamente pesados.

A quantidade de líquido para a reconstituição da umidade desejada foi calculada de acordo com a equação adaptada de Ferreira (1983).

$$\Delta H_2O = [UM \times (U_f - U_i) / 100 - U_f] / p$$

Onde:

ΔH_2O = volume de água a ser adicionada,

UM = massa do produto úmido em kg,

Uf = umidade final, %,

Ui = umidade inicial, %,

p = massa específica da água, kg/l.

A quantidade de inoculante (Sil-All^{®4x4} WS) adicionada a silagem foi feita de acordo com a recomendação do fabricante (Alltech[®]), o qual foi pesado e, em seguida, misturado a água ou ao soro de leite no processo de reidratação e, posteriormente, foi feita a homogeneização do inoculante com o material a ser ensilado.

O inoculante tem a seguinte composição: *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus salivarius*, Xilanase, Amilase, Celulase, Hemicelulase, Dióxido de Silício e Sacarose. Com os seguintes níveis de garantia: Bactérias lácticas totais (mín): $1,89 \times 10^{10}$ UFC/g; *Enterococcus faecium* (mín): $2,10 \times 10^9$ UFC/g; Amilase (mín): 200 U/g; Hemicelulase (mín): 16 U/g; Xilanase (mín): 16 U/g; Celulase (mín): 10 U/g.

Após a homogeneização e compactação dos silos, estes foram fechados com tampas de “PVC” adaptadas com válvula do tipo Bunsen para que os possíveis gases escapem, e depois lacradas com fita. Os silos foram levados para uma sala onde permaneceram por um período de 90 dias.

Abertura dos silos e preparação das amostras

Decorridos 90 dias, os silos foram pesados e abertos. Para determinação da perda de gases foi feita a subtração do peso dos silos cheios na ensilagem e antes da abertura usando a equação (JOBIM et al., 2007):

$$PG = \{[(PCen - Pen) * MSen] - [(Pcab - Pen) * MSab]\} / [(PCen - Pen) * MSen] * 100$$

onde:

PG = perdas por gases (% da MS);

PCen = peso do silo cheio na ensilagem (kg);

Pen = peso do conjunto (tubo, tampa, areia e tela) na ensilagem (kg);

MSen = teor de MS da forragem na ensilagem (%);

PCab = peso do silo cheio na abertura (kg);

MSab = teor de MS da forragem na abertura (%).

Somente o terço mediano de cada silo foi utilizado, sendo descartados os outros dois terços. O material do terço médio foi colocado em bandeja plástica e, em seguida, homogeneizado. Uma amostra de 10 g foi retirada para determinação do pH (potenciômetro Beckmam Expandomatic SS-2). Outras duas amostras de 4 kg e 2,5 g foram retiradas para determinação da estabilidade aeróbia e a análise microbiológica da silagem. Por último foi retirada uma amostra de 200 g para determinação da composição químico-bromatológica.

A perda de efluentes foi quantificada pela diferença de peso da areia na abertura dos silos e antes da ensilagem usando-se a equação (JOBIM et al., 2007):

$$E = [(Pab - Pen) / (MVfen)] * 1000$$

onde:

E = produção de efluente (kg/t de massa verde);

Pab = peso do conjunto (tubo, areia e tela) na abertura (kg);

Pen = peso do conjunto (tubo, areia e tela) na ensilagem(kg);

MVfe = massa verde de forragem ensilada (kg).

Estabilidade Aeróbia

As amostras coletadas no momento da abertura do silo foram levadas para o laboratório de sementes da faculdade de Agronomia da UNIFENAS, as quais permaneceram por 66 horas para determinação da estabilidade aeróbia. As amostras foram mantidas em sala fechada, sendo que a temperatura das amostras e do ambiente foi aferida a cada 6 horas. Para isso, foram usados termômetros inseridos no centro da massa ensilada. A perda de

estabilidade aeróbia foi diagnosticada quando as repetições apresentaram temperatura 2 °C acima da temperatura ambiente (TAYLOR; KUNG Jr., 2002). A cada aferição da temperatura, foram colhidas 10 g de cada repetição, e nelas adicionadas 50 ml de água destilada para determinação do pH usando um potenciômetro Beckmam Expandomatic SS-2.

Análise microbiológica

A partir das amostras coletadas em cada repetição por tratamento, foi coletada uma amostra composta de 10 g, a qual foi levada ao Laboratório de Microbiologia para a contagem de microrganismos. As amostras de 10 g foram colocadas em erlenmeyers contendo 90 ml de solução salina (NaCl 0,85 %) e submetida à agitação (120 rpm) por 20 minutos para homogeneização. Da solução final, pipetou-se 1 ml, com diluições que variaram de 10^{-1} até 10^{-6} , usando-se tubos contendo 9 ml de solução salina (NaCl 0,85 %). Foram usados os seguintes meios de cultura semisseletivos: Ágar Rogosa para contagem de bactérias ácido-láticas; Agar BDA para contagem de leveduras e fungos e Agar Violeta Red Bile (VRB) para contagem de enterobactérias. O plaqueamento foi feito em triplicata para todos os tratamentos. As placas com Agar BDA foram colocadas em estufa incubadora (36 °C), enquanto as demais foram colocadas em estufa a 35,5 °C. A contagem das placas iniciou 48 horas após o primeiro plaqueamento. Foram consideradas passíveis de contagem apenas placas que apresentaram entre 30 e 300 UFC.

Análises químico-bromatológicas

As análises químico-bromatológicas foram realizadas no laboratório de análises de alimentos da faculdade de Agronomia da UNIFENAS.

As amostras coletadas foram pré-secas em estufa com circulação forçada de ar a 55° C por 72 horas. Posteriormente, estas amostras foram retiradas da estufa, colocadas à

temperatura ambiente por 30 minutos e, em seguida, pesadas para determinação da matéria pré-seca. Após a pré-secagem, estas amostras passaram pelo processo de moagem em moinho do tipo Willey, com peneira de crivos de 1 mm e guardadas em recipientes plásticos com tampas. O material moído foi utilizado para avaliação das características químico-bromatológicas da silagem.

A matéria seca total (MS) foi determinada através de estufa de circulação forçada de ar a 105 °C por 12 horas. A proteína bruta (PB) foi analisada por destilador a vapor do tipo micro-Kjedahl e o extrato etéreo (EE) foi analisado segundo a Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 1970). A porção fibrosa foi analisada quanto ao teor de fibra, em detergente ácido (FDA) com auxílio do aparelho Tecnal®, segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). As cinzas (MM) foram determinadas por incineração da amostra a 550° C por cinco horas.

Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análises de variância pelo programa estatístico SAS (9.2), sendo que os níveis de umidade foram avaliados por contrastes ortogonais lineares e quadráticos, o veículo de reidratação e inoculante foram comparados por teste F para avaliar os efeitos da estabilidade aeróbia, microbiológica e químico-bromatológica. Considerou-se 5% de significância para declarar diferença entre os tratamentos.

Resultados e Discussão

Perdas por gases, efluentes e matéria seca na silagem

O aumento de umidade promoveu aumento da perda por efluentes de maneira quadrática, sendo que o maior valor observado foi na silagem com umidade de 40% e o menor valor observado foi na silagem com 30% de umidade ($P < 0,05$; Tabela 3), independentemente

do líquido utilizado na reidratação dos grãos. O líquido utilizado para reidratar os grãos de sorgo (água *versus* soro de leite), apresentou efeito significativo para perda por gases, perda por efluentes e perda de matéria seca, sendo que o soro de leite apresentou as maiores perdas. A adição de inoculante bacteriano na silagem diminuiu as perdas de gases, matéria seca e promoveu o abaixamento do pH quando comparado ao tratamento sem adição de inoculante ($P < 0,05$; Tabela 3).

O volume de efluente produzido em um silo é influenciado principalmente pelo conteúdo de matéria seca da espécie ensilada e pelo grau de compactação (OLIVEIRA et al., 2010). As maiores perdas por efluentes foram obtidos quando utilizou o soro de leite (5,5 kg/ton.) comparado com a água (5,05 kg/ton., Tabela 3). O aumento das perdas de efluentes com a inclusão do soro de leite pode estar relacionado à sua composição bromatológica, podendo ter sido lixiviados pelo efluente produzido, durante o armazenamento da silagem ao invés de se agregarem à massa ensilada (SANTOS, 2014). O soro de leite pode apresentar algumas bactérias heterofermentativas que, quando presentes na massa ensilada, promovem a produção de CO_2 causando o aumento da produção de gases. Segundo Siqueira et al. (2007), a produção de gases durante o processo fermentativo em função da transformação das proteínas e carboidratos pelas bactérias heterofermentativas geram vários produtos como ácidos orgânicos, etanol, água, ATP e CO_2 .

A menor perda por gases na silagem que recebeu inoculante pode ser explicada devida à maior presença de *L. plantarum* no inoculante. Este microrganismo é homolático, o qual não produz CO_2 durante a fermentação comparado a outros microrganismos que produzem CO_2 , como no caso de bactérias heterofermentativas (BALIEIRO et al., 2010). Reis et al. (2008) trabalhando com bactérias heterofermentativas (*L. buchneri*) na silagem de grão úmido de milho, observou aumento na produção de gases, devido ao aumento da produção de CO_2 na fermentação pelas bactérias heterofermentativas. McDonald et al. (1991) atribuem maior

produção de CO₂ à fermentação realizada por bactérias heterofermentativas e enterobactérias, sendo que o CO₂ é perdido na forma de gases durante o armazenamento. Outra possível explicação para a menor perda de gases na silagem com inoculante deve-se a um baixo pH (OLIVEIRA et al., 2010), o baixo pH permite maior controle de microrganismo devido a maioria dos ácidos se encontrarem na forma não dissociada. Nesta pesquisa observou-se pH de 3,63 para tratamento com inoculante, sendo que este baixo pH pode ter proporcionado um ambiente desfavorável à atuação de microrganismos indesejáveis, e assim ter produzido menos CO₂. Portanto, conclui-se que nas silagens com inoculantes ocorre inibição dos microrganismos oportunistas, os quais são responsáveis pela produção de gases durante o período de armazenamento.

Tabela 3. Perda por gases (PG), perda de efluentes (PE), perda de matéria seca (PMS) e pH da silagem de grão de sorgo reidratado com diferentes umidades com e sem inoculante, com a adição de soro de leite ou água.

Umidade	25%				30%				35%				40%				Contraste		P-valor			
	Água		Soro		Água		Soro		Água		Soro		Água		Soro		EPM	Umidade		L	I	Interação
	Inoculante	Sim	Não	Sim		Q	L															
PG, %MS	10,6	11,0	10,3	11,6	9,4	12,8	10,3	10,6	9,2	10,6	10,0	12,0	5,4	9,2	8,5	10,6	0,007	0,40	0,80	0,05	<0,01	U _x L*
PE, kg/Ton	3,3	4,0	4,8	1,4	1,9	1,9	1,6	2,1	5,6	3,4	3,6	3,3	5,1	15,3	2,1	25,1	1,434	0,56	0,04	<0,01	0,11	U _x L*, U _x I*
PMS, %MS	10,9	11,3	10,7	11,7	7,7	12,9	9,9	10,8	9,7	10,8	10,3	12,3	5,9	10,6	10,4	12,8	0,938	0,58	0,25	0,02	<0,01	U _x L*
pH	3,8	3,7	3,8	3,8	3,6	3,7	3,5	3,9	3,7	3,7	3,5	3,9	3,6	3,9	3,7	3,9	0,062	0,03	0,10	0,17	<0,01	U _x L _x I*

*Efeito significativo quando (P<0,05) pelo teste de Tukey.

O inoculante utilizado nesta pesquisa possui bactérias *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium* e *Pediococcus acidilactice* que são classificadas em homofermentativas obrigatórias e heterofermentativas facultativas (HOLZER et al., 2003). A rota metabólica preferencial destas bactérias se refere à conversão de uma molécula de glicose em duas moléculas de ácido láctico, o que resulta em menores perdas de matéria seca e energia nas silagens inoculadas (MUCK, 2011), e também a presença de bactérias lácticas na silagem inibe o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis como as enterobactérias que consomem nutrientes que estariam disponíveis às bactérias ácido-láticas, além de degradar os aminoácidos presentes na silagem (BERNARDES, 2003). Em média, observou-se nesta pesquisa perdas de MS em torno de 10,5 % (Tabela 3), valores estes bem mais elevados em comparação aos estudos disponíveis na literatura, no qual Morais et al. (2012) trabalhando com silagens de grão úmido de milho com 34,3% de umidade observou perdas de MS de 1,2 % aos 64 dias de armazenamento.

Houve maior perda de matéria seca na silagem quando reidratada com soro de leite (11,12 %) do que silagem reidratada com água (9,97 %, Figura 1), devido às maiores perdas ocorridas por gases e efluentes, isso em consequência da não incorporação da composição do soro na massa ensilada.

O uso de inoculante em silagens de grão úmido, demonstrou que o valor final do pH após 90 dias foi influenciado pelo aporte adicional de microrganismos, diminuindo assim o pH da massa ensilada (SEBASTIAN et al., 1996).

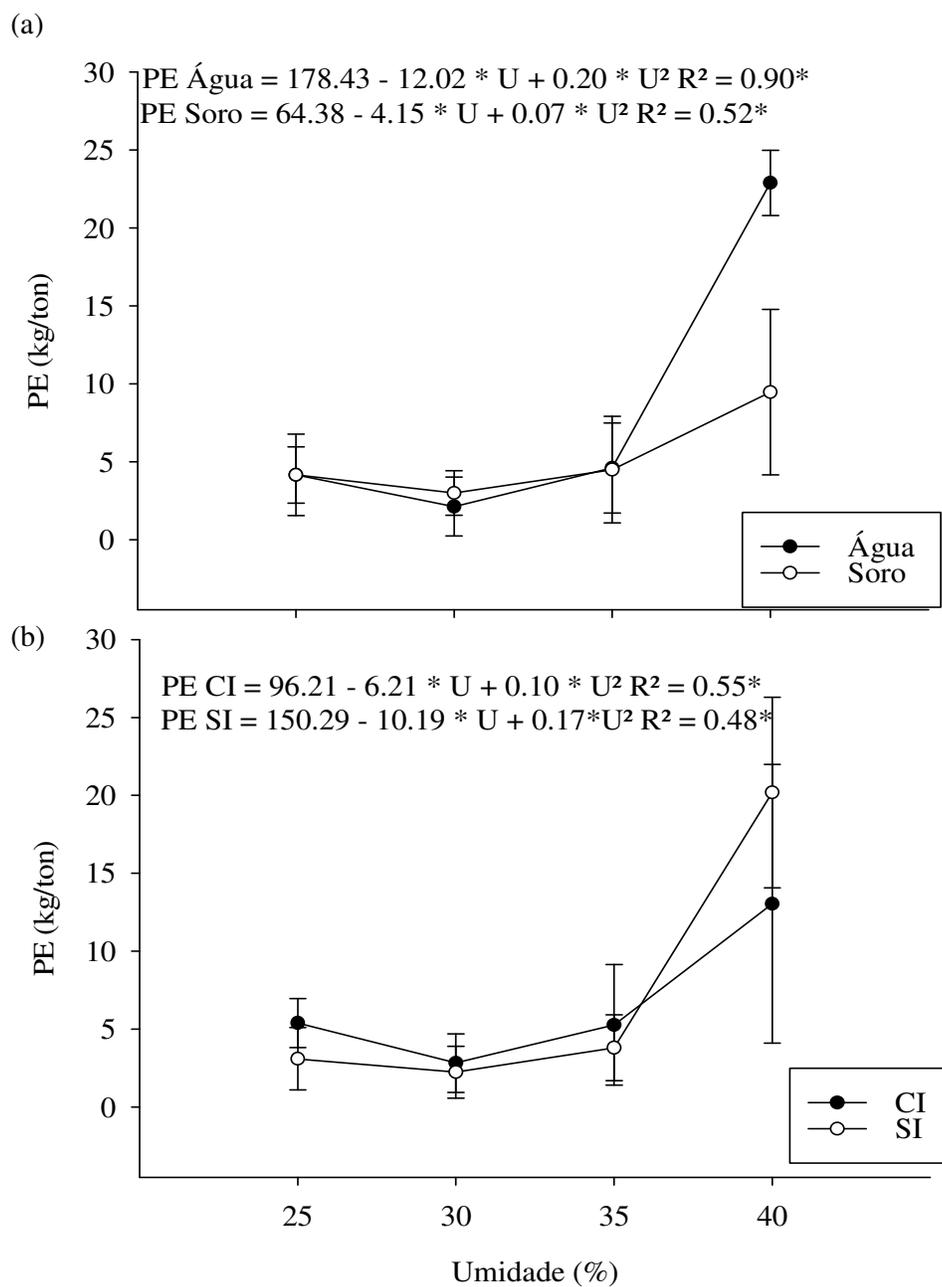


Figura 1. Perda de efluentes (%) na silagem de grão de sorgo reidratado a diferentes umidades, (a) PE para os tratamentos com água e soro de leite, (b) PE para os tratamentos com e sem inoculante bacteriano.

Estabilidade aeróbia da silagem de grãos reidratados

Logo após a abertura dos silos, os tratamentos apresentaram temperatura média de 25 °C, sendo que a temperatura ambiente no momento era de 25,5 °C (Figura 2). Patricio (2002) descreve que para maioria das silagens de grãos úmidos, a quebra da estabilidade, ou seja, o tempo em que a silagem levou para atingir 2 °C acima da temperatura ambiente, ocorrem com menos de 24 horas após a exposição ao oxigênio. Entretanto, nesta pesquisa, este comportamento foi observado a partir de 30 horas de exposição ao ambiente onde houve picos de temperatura ultrapassando em 2 °C a temperatura ambiente (Figura 2).

No tempo de 30 horas, o aumento da umidade promoveu aumento quadrático da temperatura (Tabela 4), sendo que a silagem com 35% de umidade apresentou maior temperatura. Silagem com água apresentou maior temperatura quando comparada às silagens com soro (25,1 vs. 24,8 °C; $P < 0,05$; Tabela 4), pois como a silagem reidratada com água apresentou menor perda de MS, conseqüentemente houve maior preservação de açúcar, ácidos orgânicos e amido, em que o ácido láctico e açúcar é utilizado como substrato por leveduras, e amido pode ser consumido por fungos filamentosos. O pH das silagens que recebeu inoculante bacteriano foi menor que das silagens que não receberam inoculante (3,6 vs. 3,8; Tabela 4), respectivamente. No tempo 66 horas, houve aumento linear da temperatura e pH, à medida que aumentou a umidade da silagem. Silagens com inoculante apresentaram menor pH comparadas às silagens sem adição de inoculante (4,0 vs. 4,3), respectivamente (Tabela 4).

Os tratamentos que apresentaram maiores temperaturas, possivelmente sofreram maior deterioração. Pelo fato do experimento ter sido conduzido em ambiente fechado, pode ter havido efeito deste ambiente sobre a temperatura das silagens, pois a temperatura e o tempo de exposição têm um efeito sobre a deterioração aeróbia da silagem, sendo que temperaturas ambientais acima de 30 °C favorecem o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis

(KOC et al., 2009). Nesse contexto, Ashbell et al. (2002) avaliaram a estabilidade aeróbia de silagens de trigo e de milho em diferentes temperaturas ambientais 10, 20, 30 e 40 °C e verificaram que amostras incubadas a 30 °C tiveram as maiores populações de leveduras, a maior produção de CO₂ e maiores aumentos no pH. Em temperaturas inferiores a 10 °C e superior a 40 °C, a silagem apresentou maior estabilidade pela inibição no crescimento de fungos. Entretanto, nesta pesquisa, a temperatura ambiente não ultrapassou esta temperatura ao longo das 66 horas de avaliação. Fato este, que pode ter aumentado a estabilidade aeróbia ao longo da avaliação.

O soro de leite é um subproduto rico em nutrientes (GHERI et al., 2003), desta maneira, possivelmente as bactérias ácido-láticas podem ter utilizado o soro de leite como uma fonte adicional de nutrientes (carboidratos fermentáveis) para seu crescimento (SCHGINGOETHE, 1976), já que as silagens reidratadas com soro de leite foram mais estáveis que as silagens reidratadas com água..

A silagem reidratada com soro de leite e a silagem reidratada com água quando inoculadas, obtiveram pH inferiores aos das silagens que não receberam a inoculação (Figura 3). O inoculante apresenta bactérias que acidificam o meio, deixando o pH da silagem abaixo de 4,2, não proporcionando ambiente favorável para o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (FILYA, 2003). Cabe ressaltar que, em todos os tratamentos, as silagens apresentaram pH abaixo de 4,2, demonstrando boa qualidade de fermentação.

O aumento do pH está correlacionado à presença de microrganismos oportunistas como as leveduras. As leveduras utilizam o ácido lático elevando o pH, e com isso liberam os microrganismos indesejados que foram inibidos pela acidez. Esses microrganismos degradam os nutrientes, interferindo na qualidade do alimento levando à perdas econômicas e baixo desempenho animal (GOBETTI et al., 2013). Adicionalmente, o elevado pH é um indicativo prático de que a silagem está sendo deteriorada, devido à degradação dos ácidos orgânicos

pela atuação indesejável de bactérias e fungos oportunistas, os quais reduzem a qualidade da silagem em contato com o ar (KLEINSCHMIT et al., 2005).

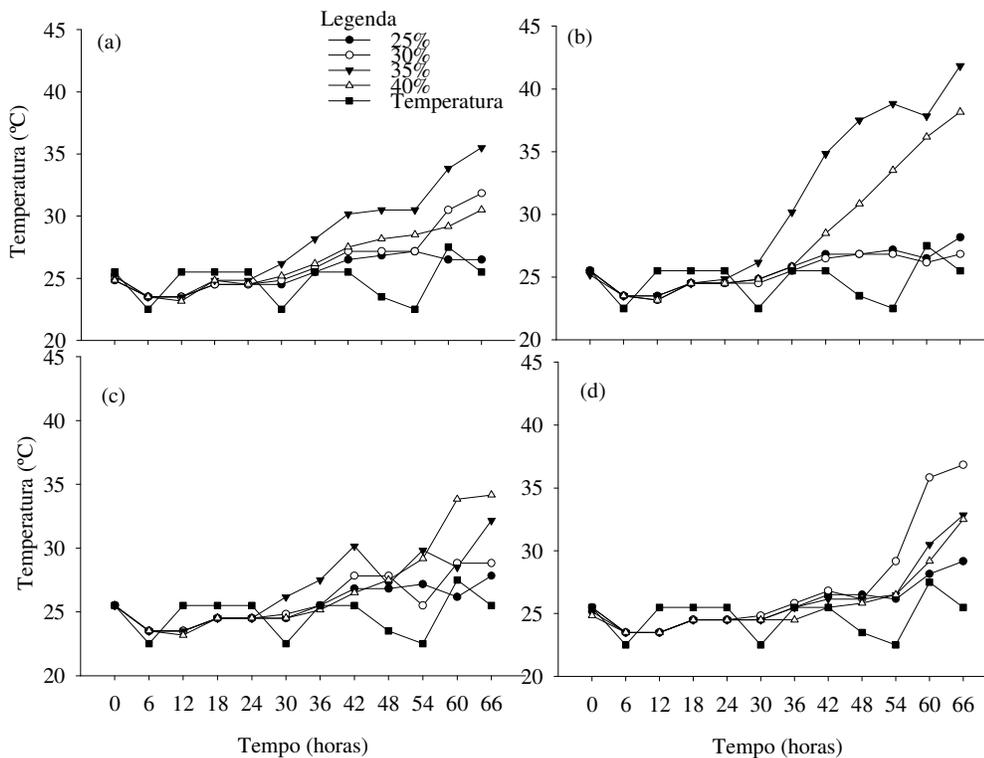


Figura 2. Mudanças das temperaturas da silagem de grão de sorgo reidratado com soro de leite ácido ou água em quatro níveis de umidade (25%, 30%, 35% e 40%) durante a exposição aeróbia ((a) água com inoculante; (b) água sem inoculante; (c) soro com inoculante, (d) soro sem inoculante).

Tabela 4. Valores de pH e temperatura em exposição aeróbia no tempo 30 e 66 horas após a abertura do silo das silagens de grão de sorgo reidratado com diferentes umidades, com a adição de soro de leite ou água, com e sem inoculante.

Umidade	25%				30%				35%				40%				EPM	Contraste		P-valor		
	Líquido		Soro		Água		Soro		Água		Soro		Água		Soro			Umidade		L	I	Interação
Inoculante	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	L	Q				
Temp. 30	24,5	24,8	24,5	24,5	24,8	24,5	24,8	24,8	26,2	26,2	26,2	24,5	25,2	24,8	24,5	24,5	0,289	<0,01	0,02	0,03	0,09	ns
pH 30	3,62	3,91	3,62	3,76	3,66	3,73	3,59	3,87	3,71	3,81	3,60	3,83	3,70	3,70	3,68	3,73	0,063	0,75	0,59	0,51	<0,01	ns
Temp. 66	26,5	28,2	27,8	29,2	31,8	26,8	28,8	36,8	35,5	41,8	32,2	32,8	30,5	38,2	32,5	32,5	2,831	<0,01	0,70	0,56	0,08	ns
pH 66	3,72	3,90	3,86	3,64	4,26	3,70	3,68	4,49	5,69	5,43	3,61	3,59	4,56	5,16	4,84	4,08	0,228	<0,01	0,29	<0,01	0,80	UxL* UxLxI*

*Efeito significativo quando (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) para crescimento de bactérias ácido-láticas nas silagens reidratadas com água ou soro de leite (4,85 e 4,74 log UFC/g) e nem na população de fungos e leveduras dessas silagens (1,69 e 1,57 log UFC/g respectivamente) (Tabela 5).

Os valores estimados para bactérias ácido-láticas pelo meio Rogosa foram superiores ($P<0,05$) quando houve adição de inoculante comparado à silagem sem inoculante, sendo que foi observado valores de 5,19 e 4,40 log UFC/g para silagem com e sem adição de inoculante, respectivamente (Tabela 5).

Esse comportamento deve-se ao fato do próprio inoculante conter bactérias e, além disso, corrobora com o observado por Kung Jr. et al. (1993) sobre a dinâmica fermentativa de silagens inoculadas com *Lactobacillus*, em que verificaram rápida elevação do número desses microrganismos em um curto período de tempo.

Tabela 5. Desenvolvimento de bactérias ácido-láticas (MRS), fungos e leveduras (BDA) e enterobactérias (VRB) (log UFC/g de silagem) nas silagens de grãos de sorgo reidratado.

Umidade Líquido Inoculante	25%				30%				35%				40%				EPM	Contraste		P-valor		
	Água		Soro		Água		Soro		Água		Soro		Água		Soro			Umidade		L	I	Interação
	Sim	Não		L	Q																	
MRS	4,8	3,7	4,7	4,3	5,5	4,6	5,4	4,4	5,5	4,4	5,3	4,2	5,5	4,8	4,8	4,9	0,33	0,05	0,12	0,50	<0,01	ns
BDA	0,0	4,6	0,0	4,2	0,0	3,8	0,0	2,5	0,0	3,4	0,0	4,1	0,0	1,8	0,0	1,8	0,26	0,10	<0,01	0,40	<0,01	U _X I*
VRB	4,5	6,7	0,0	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	7,1	5,8	0,0	0,0	8,0	8,8	0,0	0,0	0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	U _X L _X I*

*Efeito significativo (P<0,05); ns: não significativo para o teste de Tukey

As silagens que receberam inoculante não apresentaram o desenvolvimento de fungos e leveduras comparadas às sem inoculantes (Tabela 5). Provavelmente a produção de ácido lático pelas bactérias homofermentativas presente no inoculante, inibiram o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis. Lindgren et al. (1985) ponderou que há pouca informação disponível sobre o potencial de sobrevivência das leveduras em silagens com alto teor de ácido lático, sob condições anaeróbias.

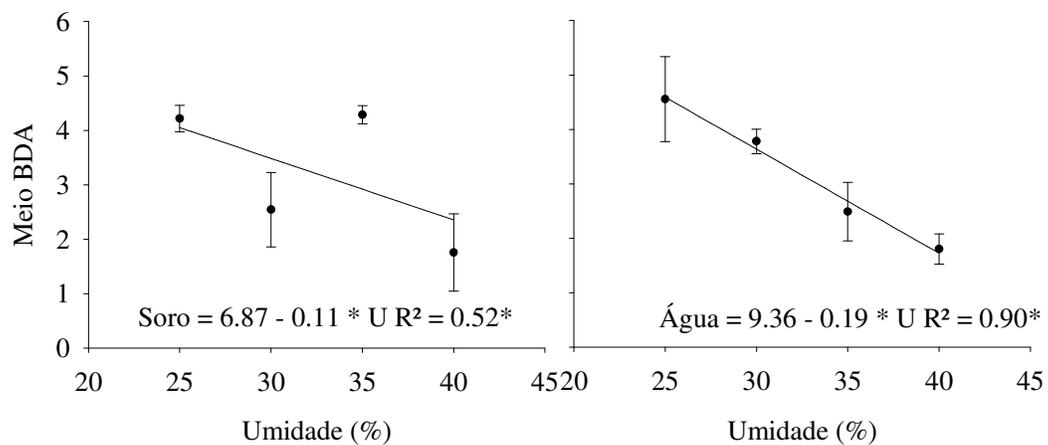


Figura 4. Desenvolvimento de fungos e leveduras (log UFC/g) em diferentes umidades com soro de leite e água.

As enterobactérias são microrganismos indesejáveis na silagem, pois consomem nutrientes que estariam disponíveis para as bactérias ácido-láticas, além de produzirem toxinas e grande quantidade de amônia, durante a ensilagem (HENDERSON, 1993). No presente estudo houve diferença significativa ($P < 0,05$) para líquido utilizado na reidratação e inoculante sobre o desenvolvimento de enterobactérias pelo meio VRB. Não houve crescimento de enterobactérias nas silagens reidratadas com soro de leite, enquanto que silagens reidratadas com água apresentaram 6,22 log UFC/g (Tabela 5). O baixo pH do soro de leite observado no presente experimento, pode ter inibido o desenvolvimento das enterobactérias na silagem. Segundo Bernardes (2003) a baixa

disponibilidade de oxigênio, o desenvolvimento de bactérias ácido-láticas e a queda no pH, levam a um decréscimo no número de enterobactérias na silagem.

As silagens que receberam inoculante apresentaram valores menores de enterobactérias (2,45 log UFC/g) em relação às silagens sem inoculante (3,77 log UFC/g; Tabela 5). A presença de bactérias homofermentativas presentes no inoculante pode ter contribuído para o baixo desenvolvimento de enterobactérias, pois estas bactérias produzem ácido lático e diminuem o pH da silagem, ambiente esse, não favorável para o desenvolvimento das enterobactérias. As enterobactérias são inibidas pela redução do pH da massa ensilada, porque o pH ótimo para seu crescimento está entre 6,0 e 7,0, sendo que a maioria das linhagens não se desenvolvem em pH abaixo de 5,0 (ASSIS, 2013).

Composição bromatológica da silagem de grãos

A porcentagem de MS na silagem diminuiu linearmente com a inclusão de umidade na silagem de grão de sorgo, resultado esse já esperado (Figura 5). Pinto et al. (2012) cita que o teor de matéria seca da silagem pode aumentar ou diminuir em função da umidade nos grãos no momento da ensilagem. Andrade et al. (2010) citam que os grãos devem ser ensilados quando o teor de umidade estiver entre 30 e 35% de umidade, para evitar perdas por formação de efluentes e processos biológicos que produzem gases, água e calor, visando ter adequada fermentação láctica para a manutenção do valor nutritivo da silagem.

O uso de inoculante promoveu maior acúmulo de MS das silagens e menor teor de FDA (Tabela 6). Resultados semelhantes foram observados por Cândido et al. (2004), os quais verificaram 65,75% MS com a presença de inoculantes e 63,9% MS em silagem de grão úmido de sorgo sem inoculante.

Tabela 6. Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente ácido (FDA) das silagens de grão de sorgo reidratados com água ou soro de leite, com ou sem inoculante. Os dados estão expressos em % de MS.

Umidade Líquido Inoculante	25%				30%				35%				40%				Contraste		P-valor			
	Água		Soro		Água		Soro		Água		Soro		Água		Soro		EPM	Umidade		L	I	Interação
	Sim	Não		L	Q																	
MS	69,2	68,9	70,1	68,0	64,7	63,8	65,0	64,6	61,8	59,7	60,6	60,2	56,6	56,3	57,9	56,1	0,36	<0,01	0,24	0,38	<0,01	UxLxI*
MM	1,2	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,2	1,4	1,3	1,3	1,2	1,4	1,5	0,04	0,77	0,67	<0,01	0,49	UxLxI*
MO	98,7	98,6	98,5	98,6	98,7	98,6	98,6	98,5	98,5	98,7	98,5	98,7	98,6	98,7	98,5	98,4	0,04	0,58	0,94	<0,01	0,42	UxLxI*
PB	13,1	13,5	13,0	13,5	13,4	12,7	13,2	12,9	11,5	12,4	13,0	13,8	12,1	13,4	13,0	13,1	0,50	0,12	0,77	0,09	0,15	ns
EE	3,0	3,0	3,7	3,2	3,1	3,5	3,2	3,4	3,1	3,1	3,4	3,3	3,4	3,6	3,6	3,6	0,18	0,99	0,73	0,03	0,82	ns
FDA	9,1	9,1	8,8	8,4	7,9	10,0	8,3	8,6	6,8	7,5	6,9	7,6	6,1	7,1	7,2	7,3	0,40	<0,01	<0,01	0,66	<0,01	ns

*Efeito significativo (P<0,05); ns: não significativo para o teste de Tukey

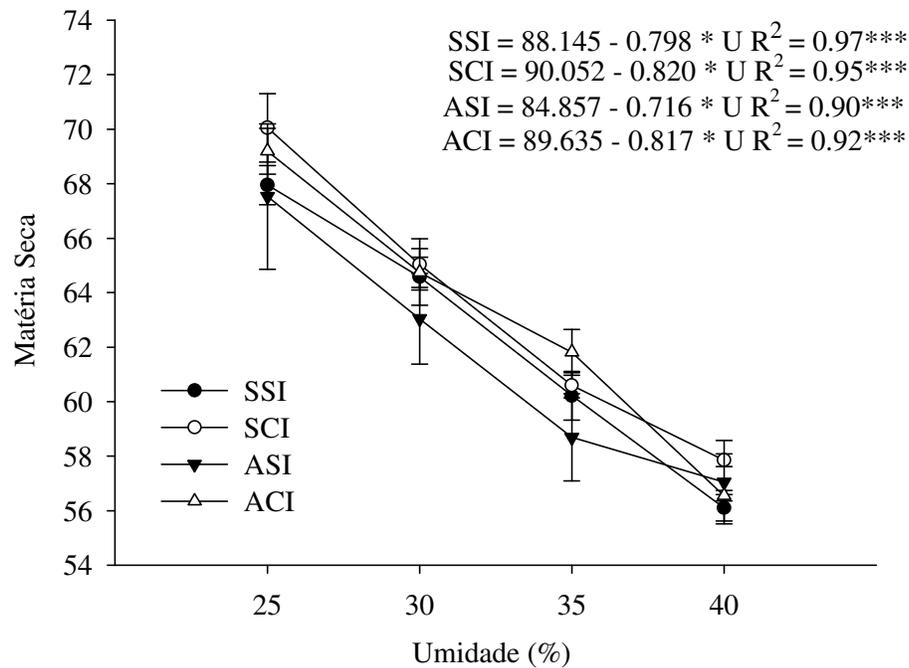


Figura 5. Matéria seca em silagens de grão de sorgo reidratado em diferentes porcentagens. Abreviações: SSI: soro sem inoculante; SCI: soro com inoculante; ASI: água sem inoculante; ACI: água com inoculante.

O soro de leite utilizado no experimento apresentava 7,4% de MS na sua composição, e este não agregou valor na massa ensilada, não obtendo diferença entre o teor de MS das silagens reidratadas com água ou soro (Tabela 6). Isso pelo fato das maiores perdas de MS nas silagens reidratadas com soro de leite comparado à água. Além disso, pode ter ocorrido lixiviação das partículas do soro de leite por meio da perda por efluentes. Diferente do resultado encontrado nesta pesquisa, Rezende et al. (2014) observaram que houve diferença significativa ($P < 0,05$) para silagem de grão de milho reidratado com soro de leite, pois este aumentou o teor de MS na silagem.

Embora o soro de leite apresente em torno de 0,97% de proteína na sua composição, a reidratação dos grãos de sorgo feita com soro de leite não resultou em

acréscimo de proteína bruta na silagem, quando comparada com a reidratação feita com água ($P>0,05$; Tabela 6). Em média a PB entre os tratamentos nesta pesquisa foi de 13,0% de PB. Os valores observados nesta pesquisa são ligeiramente superiores aos obtidos por Cação et al. (2012), trabalhando com grãos de sorgo processado de alto e baixo tanino, que apresentaram 11,1% de PB, e Cândido et al. (2004) trabalhando com silagem de grão úmido de sorgo relataram valor de 9,7% de PB, mas ainda sim estão dentro da normalidade uma vez que a concentração de proteínas pode variar de acordo com variedade e época de colheita.

A concentração de fibra em detergente ácido (FDA) diminui de forma quadrática com o aumento da umidade, sendo o menor valor observado para silagens com 40% de umidade (Figura 6). Além disso, a adição de inoculante possibilitou a diminuição do teor de FDA na silagem, comparada à silagem sem o inoculante ($P<0,05$; Tabela 6). Cândido et al. (2004) avaliando a silagem de grão úmido de sorgo, relatou valor de 6,5% de FDA com umidade de 33%, valor este inferior ao observado neste experimento.

O teor médio de FDA da silagem de grão de sorgo reidratado teve diferença significativa em relação à utilização de inoculante ($P<0,05$; Tabela 6), sendo que os valores encontrados foram de 7,64% para silagem com inoculante e 8,19% para silagem sem inoculante. A redução de FDA pode estar associada a menores perdas ocorridas durante o processo fermentativo, com isso os valores ficam mais diluídos na silagem. Menores teores de fibra em detergente ácido caracterizam silagens de melhor qualidade, pois este componente da parede celular é inversamente correlacionado à digestibilidade da matéria seca (MERTENS, 1982).

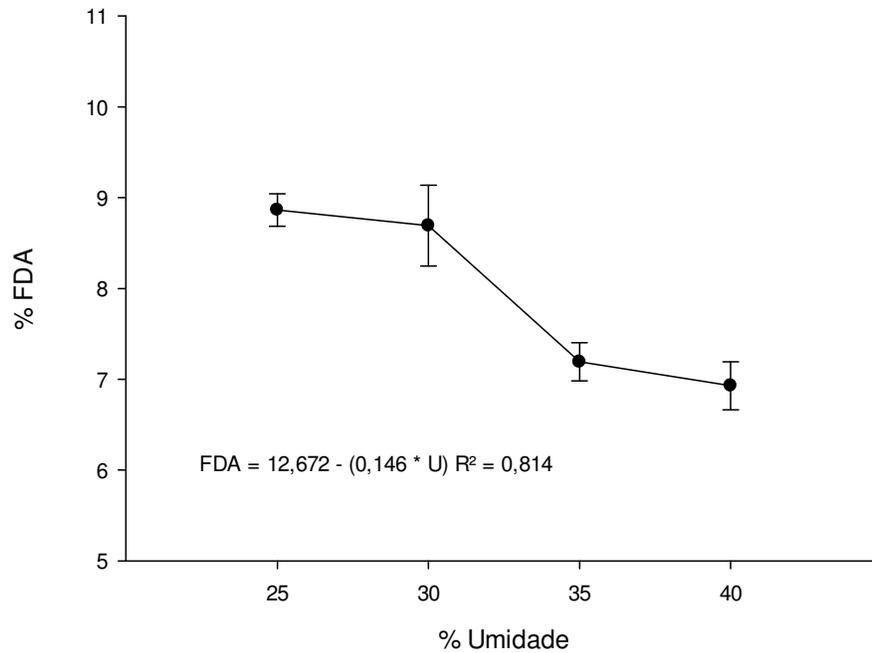


Figura 6. Concentração de fibra em detergente ácido (FDA) na silagem de grão de sorgo reidratado a diferentes teores de umidade.

O uso de soro promoveu aumento da matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e extrato etéreo (EE) quando comparado às silagem reidratada com água ($P > 0,05$; Tabela 6).

Os teores de MM encontrados na silagem de grão de sorgo reidratado com soro de leite foram de 1,35%, enquanto na silagem reidratada com água foi de 1,29% (Tabela 6). A presença de 0,5% de matéria mineral na composição do soro de leite contribuiu para o aumento de MM na silagem. Os resultados obtidos nessa pesquisa foram inferiores ao relatado por Passini et al. (2002), que trabalhando com silagem de grão úmido de sorgo verificaram valores médios de 1,66% de MM.

Conclusão

A utilização de soro de leite na reidratação de grãos de sorgo para ensilagem é uma boa estratégia para evitar seu descarte no meio ambiente, sendo recomendada sua adição até o ponto que o grão de sorgo atinja 30% de umidade. Além disso, recomenda-se a utilização do inoculante bacteriano por assegurar menores perdas fermentativas no processo com maior estabilidade aeróbia das silagens.

Referências

- ANDRADE FILHO, R. et al. Degradabilidade ruminal in situ de grãos de milho maduros do tipo flint ou dentado, secos ou reconstituídos e ensilados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010.
- ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G.; HEN, Y.; FILYA, I. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v.28, p.261-263, 2002.
- ASSIS, F. G. V. **Efeitos de novos inoculantes na fermentação de silagens de Milho**. 2013.. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. A. O. A. C. **Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 11. ed. Washington, 1970. v. 1, 1015p.
- BALIEIRO, G. C.; ALMEIDA, G. B. S.; SIQUEIRA, G. R. ; Resende, F. D.; PAZDIORA, R. D.; PEREIRA, A. H. C. Perdas fermentativas da silagem de milho utilizando inoculante bacteriano e diferentes tamanhos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA , 47., 2010. Salvador. **Anais...** Salvador: Embrapa. 2010.
- BERNARDES, T.F. **Características fermentativas, micro-biológicas e químicas do capim-Marandu (Brachiaria Brizantha (Hochst. Ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada**. 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- CÂNDIDO, M.J.D.; POMPEU, R.C.F.F.; PITOMBEIRA, J.B. et al. Valor nutritivo e características fermentativas de silagens de grãos úmidos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.

FERREIRA, W. A. Armazenamento de grãos de cereais. In: CEREDA, M.; SANCHES, L. **Manual de armazenamento e embalagem de produtos agropecuários**. Botucatu: UNESP, 1983. p.96-128.

FILYA, I. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 3575-3581, out. 2003.

GHERI, E. O.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 753-760, 2003.

GOBETTI, S. T. G.; NEUMANN, M.; OLIBONI, R. et al. Utilização de silagem de grão úmido na dieta de animais ruminantes Use of humid grains silage in the diet of ruminants. **AMBIÊNCIA**, v. 9, n.1, p.225-239, 2013.

HENDERSON, N. Silage additives. **Anim. Feed Sci. and Technol.**, v.45, n.1, p.35-56, 1993.

HOLZER, M. et al. The role of *Lactobacillus buchneri* in forage preservation. **TRENDS in Biotechnology**, v. 21, n.6, p. 282-287, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimento**. 3. ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 1985.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, suplemento especial, p.101-119, jul. 2007.

KLEINSCHMIT, D.H. et al. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.2130-2139, 2005.

KOC, F.; COSKUNTUNA, L.; OZDUVEN, M.L. et al. The effects of temperature on the silage microbiology and aerobic stability of corn and vetch-grain silages. **Acta Agricultura e Scandinavica**, v.59, n. 2, p.239-246, nov. 2009.

KUNG JR, L.; CHEN, J. H.; KRECK, E. M. Effect of microbial inoculants on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3763-3770, 1993

LINDGREN, S.; PETTERSSON, K.; KASPERSON, A. et al. Microbial Dynamics during aerobic deterioration of silages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 36, n.9, p. 765-774, sept. 1985.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, 1991. 340 p.

- MERTENS, D.R. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations. In: NUTRITION CONFERENCE PROCESS GANT CONFERENCE FOR THE FEED INDUSTRY, 1982, Athens. **Proceedings...** Athens: University of Georgia, 1982. p.116-126.
- MORAIS, M. D. G., ÍTAVO, C. C. B. F., ÍTAVO, L. C. V. et al. Inoculation of corn high moisture silages, in different processing. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.4, p. 969-981, 2012.
- MUCK, R.E. Potential of Energy Production from Conserved Forages. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS, 2., ESALQ, 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2011.15 p..
- OLIVEIRA, L. B. D., et al. Losses and nutritional value of corn, Sudan sorghum, forage sorghum and sunflower silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 61-67, 2010.
- PASSINI, R; SILVEIRA, A. C.; TITTO, E. A. L. et al. Silagem de grãos úmidos de milho e de sorgo e níveis protéicos sobre desempenho e características da carcaça de novilhos superprecoces. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.24, n.4, p. 1133-1140, 2002.
- PATRICIO, V.M.I. **Avaliação Nutricional da Silagem de Grãos Úmidos de Sorgo de Alto e Baixo Conteúdo de Taninos para Leitões na Fase de Creche**. 2002. 47 f. Dissertação (Mestrado.)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.
- PINTO, R. S.; SANTOS DIAS, F. J. S.; COSTA, K. A. P. et al. Qualidade da silagem de grãos úmidos de diferentes forrageiras. **Gl. Sci Technol.**, v. 5, n. 3, p. 124–136, 2012.
- REIS, R.A. et al. Efeito de doses de Lactobacillus buchneri“CEPA NCIMB 40788” sobre as perdas nos períodos de fermentação e pós-abertura da silagem de grãos úmidos de milho. **Ciência Animal Brasileira**, Rio de Janeiro, v.9, n.4, p.923-934, out./dez. 2008.
- REZENDE, A.V. et al. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, n.2, p. 01-09, nov. 2014.
- SANTOS, T. M. ; LEFFERS NETO, L. ; PORTELA, B. L. et al. Losses and dry matter recovery of Pioneiro grass (Pennisetum purpureum) and maize silages in mixtures. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, Cali. v. 2, n. 1, p. 140-141, 2014.
- SCHINGOETHE, D. J. Whey utilization in animal feeding: A summary and evaluation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 59, p. 556-570, 1976.
- SEBASTIAN, S. et al. Comparative Assessment of Bacterial Inoculation and Propionic Acid Treatment on Aerobic Stability and Microbial Populations of Ensiled High-Moisture Ear Corn. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 5, p. 447-456, 1996.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SIQUEIRA, G.R. et al. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2000-2009, 2007.

TAYLOR, C.C.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.6, p.1526-1532, 2002.