

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**VALOR NUTRICIONAL DE SILAGENS DE SORGO COLHIDAS
PRECOCEMENTE E REENSILADAS EM DIFERENTES TEMPOS**

VINÍCIUS SILVEIRA RAPOSO

Belo Horizonte

2019

VINÍCIUS SILVEIRA RAPOSO

**VALOR NUTRICIONAL DE SILAGENS DE SORGO COLHIDAS
PRECOCEMENTE E REENSILADAS EM DIFERENTES TEMPOS**

**Tese apresentada ao Departamento
de Zootecnia da escola de Veterinária
da Universidade federal de Minas
Gerais, como requisito parcial para o
título de Doutor em Zootecnia. Área
de concentração: Nutrição de
Ruminantes.**

Orientador: Professor Diogo Gonzaga Jayme

Belo Horizonte – Minas Gerais

Escola de Veterinária – UFMG

2019

Ficha Catalográfica

R219v

Raposo, Vinícius Silveira, 1989-

Valor nutricional de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas em diferentes tempos / Vinícius Silveira Raposo. – 2019.

55 p. : il.

Orientador: Diogo Gonzaga Jayme

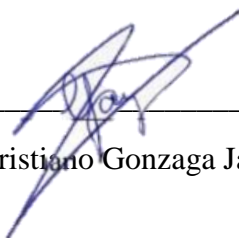
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Zootecnia.

Inclui bibliografia

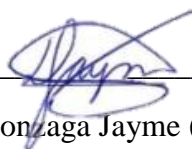
1. Sorgo – Silagem – Teses. 2. Silagem – Qualidade – Teses. 3. Valor nutricional – Teses. 4. Degradabilidade – Teses. 5. Digestibilidade – Teses. I. Jayme, Diogo Gonzaga. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Zootecnia. III. Título.

CDD – 633.2

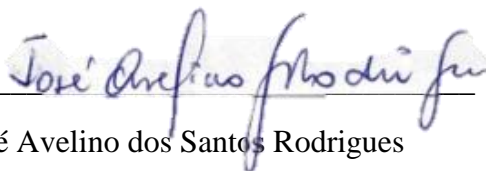
Folha de aprovação/Banca examinadora



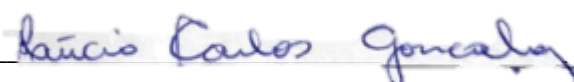
Cristiano Gonzaga Jayme



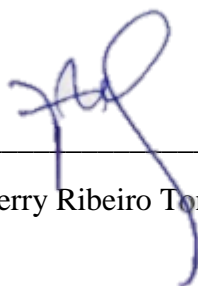
Diogo Gonzaga Jayme (Orientador)



José Avelino dos Santos Rodrigues



Lúcio Carlos Gonçalves



Thierry Ribeiro Tomich

“A vida é uma pedra de amolar: desgasta-nos ou afia-nos, conforme o metal de que somos feitos. ”

George Bernard Shaw

AGRADECIMENTOS

À Deus pela oportunidade da vida;

Aos meus pais, Luiz Roberto Tedesco Raposo e Iara de Lourdes Queiroz Silveira, pelo amor incondicional, apoio e incentivo;

Às minhas irmãs Larissa e Melissa, pelo exemplo e apoio incondicionais;

À Raquel por toda ajuda, companheirismo e amor em todos os momentos;

Aos professores Diogo Gonzaga Jayme e Lúcio Carlos Gonçalves, pela oportunidade, amizade, confiança, exemplo e ensinamentos;

Aos Pesquisadores José Avelino e Thierry Ribeiro Tomich pelos ensinamentos e por toda contribuição na execução deste trabalho;

Aos amigos Eduardo, Pedro e João Pedro por toda ajuda;

Ao grupo de Forragicultura e Alimentos, em especial à Fabiana Paiva pela contribuição na realização deste projeto;

Aos funcionários do LabNutri, e da EMBRAPA – Gado de Leite pela execução dos experimentos e análises das amostras;

À Escola de veterinária da UFMG e às amigas que ela me possibilitou, pelos momentos ao longo de mais esta etapa;

À Embrapa Milho e Sorgo, pela execução da parte de campo deste projeto;

A todos que de alguma forma participaram na execução deste trabalho.

À CAPES pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

Resumo Geral	10
Abstract	11
Capítulo I – Revisão Bibliográfica	12
1.1 A planta de sorgo	12
1.2 Produção de silagem de sorgo de qualidade	13
1.3 Confeção de silagens colhidas precocemente	14
1.4 A reensilagem	15
1.5 Consumo e digestibilidade aparente	17
1.6 Degradabilidade ruminal <i>in situ</i>	20
Referências bibliográficas	23
Capítulo II (Artigo) – Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo com alta umidade reensiladas em diferentes tempos	29
Capítulo III (Artigo) – Degradabilidade ruminal de silagens de sorgo com alta umidade reensiladas em diferentes tempos	45

LISTA DE TABELAS

Capítulo II	Pag.
Tabela 1. Temperaturas máxima, mínima e média aferidas durante o processo de reensilagem	31
Tabela 2. Composição química das silagens utilizadas no ensaio de consumo e digestibilidade de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar	35
Tabela 3. Parâmetros de qualidade das silagens utilizadas no ensaio de consumo e digestibilidade de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar	36
Tabela 4. Consumo de matéria seca (CMS), consumo de proteína bruta (CPB) e consumo de fibra insolúvel em detergente neutro (CFDN), fibra insolúvel em detergente ácido (CFDA), hemiceluloses (CHEL) e celulosas (CCEL) por quilograma de peso vivo metabólico por ovinos de silagens colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar	37
Tabela 5. Eficiência de alimentação (EAL), eficiência de ruminação em função da matéria seca (ERUMS), eficiência de ruminação em função da fibra insolúvel em detergente neutro (ERUFDN), tempo de mastigação total (TMT) de silagens colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar consumidas à vontade por ovinos	38
Tabela 6. Distribuição em peneiras em função do tamanho médio de partículas de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar consumidas à vontade por ovinos	39
Tabela 7. Digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), digestibilidade aparente da proteína bruta (DPB), digestibilidade da fibra insolúvel em detergente neutro (DFDN), digestibilidade da fibra insolúvel em detergente ácido (DFDA), digestibilidade das hemiceluloses (DHEL) e digestibilidade da celulose (DCEL) de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos	40
Tabela 8. Balanço de nitrogênio (BN), nitrogênio absorvido (Nabs) nitrogênio retido em função do nitrogênio absorvido (Nret), nitrogênio retido por unidade de peso metabólico (Nret/Kg PV0,75), nitrogênio retido em função do nitrogênio ingerido (Nret/Ning) por ovinos de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos	41

Capítulo III	Pág.
Tabela 1. Temperaturas máxima, mínima e média aferidas durante o processo de reensilagem	47
Tabela 2. Composição química das silagens utilizadas no ensaio de consumo e digestibilidade de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição	50
Tabela 3. Parâmetros de qualidade das silagens utilizadas no ensaio de consumo e digestibilidade de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição	50
Tabela 4. Parâmetros de cinética ruminal e degradabilidade efetiva da matéria orgânica de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas em diferentes tempos de exposição	51
Tabela 5. Parâmetros de cinética ruminal e degradabilidade efetiva da fibra insolúvel em detergente neutro de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas em diferentes tempos de exposição	52

RESUMO GERAL

Objetivou-se em dois experimentos, avaliar o efeito da reensilagem sobre a digestibilidade aparente e a degradabilidade *in situ* de silagens de sorgo colhidas precocemente. Em lavouras de sorgo pode ser necessária a colheita precoce devido à ataques de pássaros, bem como objetivando colher plantas com grãos menos duros e mais digestíveis. Colheitas precoces resultam em silagens com alta umidade, que estão mais propensas a perdas. Outra prática comum que predispõe a perdas é a reensilagem, que tem sido realizada na busca por soluções criativas para sanar falhas, mas também vem sendo prática que acompanha a tendência moderna de especialização de fazendas na produção de alimentos volumosos. Não houve efeito ($p < 0,05$) da reensilagem de silagens de sorgo colhidas precocemente sobre o balanço de nitrogênio, que apresentaram valores médios de 6,7 g/dia, bem como não houve efeito ($p < 0,05$) da reensilagem de silagens de sorgo colhidas precocemente sobre o consumo de MS, PB, FDN, FDA, HEM e CEL que apresentaram valores médios de 66,0, 4,5, 41,4, 26,6, 16,8, 24,5 g/kg PV^{0.75}, respectivamente. Também não foi observado efeito ($p < 0,05$) da reensilagem na digestibilidade de silagens de sorgo colhidas precocemente. A digestibilidade da MS, PB, FDN, FDA, HEM e CEL apresentaram valores médios de 65,4; 64,8; 65,1; 65,4; 63,7 e 69,2%, respectivamente. Embora por muito tempo tenha se assumido pelo senso comum que a reensilagem estava associada a perdas, esta hipótese não foi comprovada no presente trabalho. O mesmo foi observado no ensaio *in situ*, em que a reensilagem não foi capaz de alterar a cinética de degradação ruminal nem a degradabilidade efetiva da matéria orgânica e frações fibrosas de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição.

ABSTRACT

The aim of two experiments was to evaluate the effect of early harvesting and re-sowing on apparent digestibility and in situ degradability of sorghum silages. In sorghum crops, it may be necessary to harvest early due to bird attacks, as well as to harvest plants with less hard and more digestible grains. Early harvests result in silages with high humidity, which are more prone to losses. Another common practice that predisposes to losses is silage re-location, which has either search for creative solutions to remedy crop failures or been a practice that accompanies the modern trend of specialization of farms in the production of bulky foods. There was no effect ($p < 0,05$) of the sorghum silages re-location harvested early, on nitrogen balance, which show average values of 6.7 g/day. As well as no silage re-location effects of sorghum silages harvested early on the consumption of DM, CP, NDF, FDA, HEM and CEL that presented mean values of 66.0, 4.5, 41.4, 26.6, 16.8, 24.5 g/kg $PV^{0.75}$, respectively. The effect of silage re-location on the digestibility of sorghum silages harvested early was also not observed ($p < 0.05$). The digestibility of DM, CP, NDF, FDA, HEM and CEL presented mean values of 65.4; 64.8; 65.1; 65.4; 63.7 and 69.2%, respectively. Although for a long time, it was common sense that silage re-location was associated with losses, this hypothesis was not proven in the present work. The same was observed in the in situ test for silage re-relocation. The re-location was not able to alter the ruminal degradation kinetics nor the effective degradability of the organic matter and fibrous fractions of sorghum silage harvested early and reallocated after different exposure times.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1.1 A planta de sorgo

O sorgo (*Shorgum bicolor* (L.) Moench) é o quarto cereal mais cultivado no mundo, e o segundo na lista dos mais utilizados para produção de silagem segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2018).

A planta de sorgo é uma gramínea C4 menos dependente de luz e umidade para crescimento quando comparado com outros cereais, sobretudo com o milho. Além disso, é mais tolerante a estresses hídricos, seja por déficit ou por excesso de água. Tem sua faixa fotossintética ótima entre 21 e 38 °C e necessita em média de 500 a 800 mm anuais para realizar o ciclo produtivo (Magalhães *et al.*, 2003) (Sans *et al.*, 2012).

Segundo esses mesmos autores, sua utilização e aceitação em ampla faixa climática, principalmente em países em desenvolvimento são justificadas pela combinação do potencial genético e facilidade nas práticas de cultivo, o que tem propiciado altos rendimentos de forragem e grãos, em regiões de condições ambientais desfavoráveis para a maioria dos cereais.

O ciclo da planta de sorgo é variável em função do híbrido, podendo ser desde 60 dias em híbridos precoces até 120 dias ou mais para híbridos tardios (Rodrigues *et al.*, 2012). O ciclo se torna ponto fundamental para o planejamento da lavoura, pois a partir da utilização de determinado híbrido pode-se prever e organizar as operações de manejo.

A gama de acessos de sorgo é vasta, entretanto essa planta normalmente não tem como característica a união de valor nutricional e produtividade. Os sorgos classificados como forrageiros são os que apresentam maior rendimento de matéria seca, porém com valor nutricional mais baixo quando comparados aos graníferos e de duplo propósito. Ao passo que híbridos graníferos, ou de duplo propósito, apresentam produtividades menores, porém com maior valor nutricional por possuírem maior participação de grãos na massa ensilada (Berenji e Dahlberg, 2004).

Dentre as várias opções de híbridos utilizados para ensilagem, o híbrido BRS 655 é amplamente comercializado e reúne produtividade e valor nutricional, sendo preconizado para produção de silagem de alta qualidade. Este híbrido apresenta produção de matéria verde, aproximadamente 50 t ha⁻¹ e apresenta boa adaptação aos diversos sistemas de produção, possui porte alto (2,5m), resistência ao acamamento, alta participação de grãos na massa (~30%), boa digestibilidade (~55%), além de alta sanidade foliar (Rodrigues *et al.*, 2008).

Contudo, a característica mais importante deste híbrido é a alta ensilabilidade, ou seja, presença de carboidratos solúveis (superior a 6-8% na MS) para promover fermentação adequada da massa ensilada, baixa capacidade tampão e colmos secos de forma a atingir valores de pH abaixo de 4,2 após 56 dias de ensilado e ácido lático como predominante nos produtos de fermentação, indicando o domínio de bactérias homofermentativas na massa ensilada. Características que segundo McDonald *et al.*, (1991) são essenciais para que a conservação do alimento ocorra de forma rápida e eficiente.

1.2 Produção de silagem de sorgo de qualidade

A conservação de forragens na forma de silagem visa preservar a composição química da forrageira ao corte, para utilizá-la nos períodos de escassez (McDonald *et al.*, 1991). Sendo a ensilagem a forma de conservação mais utilizada no mundo, esta técnica consiste no armazenamento de forragens úmidas, picadas em um local denominado silo e tem como produto final a silagem.

Segundo Woolford (1984) silagem é o produto formado, quando culturas com alta concentração de umidade, sujeitas à ação de microrganismos deterioradores, são armazenadas de forma anaeróbica.

Wilkinson *et al.*, (2003), apontaram três fatores cruciais que influenciam fortemente na fermentação da forragem no silo, são eles: a cultura utilizada, a umidade da cultura no momento da ensilagem e a rapidez com que o O₂ é eliminado da massa ensilada.

A confecção de silagem é resultante da execução de várias etapas e o sucesso na ensilagem está condicionado à rapidez com que cada etapa é realizada. A ensilagem se

inicia na escolha do híbrido, posteriormente no momento do corte da lavoura, seguida da redução do tamanho da partícula, armazenamento e compactação para promover anaerobiose e por fim vedação eficiente (McDonald, 1991).

O teor de matéria seca da forragem no momento da ensilagem deve estar na faixa de 28 a 40%. Vale aqui ressaltar que para os teores de matéria seca serem considerados adequados, o pH deve ser levado em consideração. Quando o teor de matéria seca é inferior a 28% aumenta-se as perdas por meio de efluentes, além de propiciar um ambiente adequado para a proliferação de microrganismos indesejáveis, como clostrídios e bactérias heterofermentativas. A perda por efluentes em silagens, apesar de quantitativamente não ser elevada, tem grande reflexo na qualidade da silagem, sobretudo pela natureza do material que é perdido, em geral açúcares, nitrogênio, minerais e vitaminas. O valor de pH também influenciará no controle do crescimento da flora na massa ensilada (Rotz e Muck, 1994).

Outra influência importante do teor de matéria seca da massa ensilada é na densidade da silagem. A densidade da massa vegetal no silo aliada ao teor de matéria seca indica a porosidade do material, que condiciona a taxa de movimentação do ar e consequentemente o potencial de deterioração aeróbica do silo (Holmes, 2009). A porosidade pode ser definida como o número de poros entre as partículas sólidas de um material. Em silagens a porosidade é muito influenciada pela densidade da matéria verde da planta, de modo que Holmes (2009) recomendou que a densidade de matéria verde de uma silagem deve ser próxima de 705 kg/m³ e a porosidade deve ser de aproximadamente 0,40. Para tal o material deve ser ensilado com teor de matéria seca entre 30 e 40%.

1.3 Confeção de silagens colhidas precocemente

Durante o ciclo fisiológico da planta, é comum que a mesma perca água e atinja sua maturidade com maior teor de matéria seca do que possuía quando mais jovem. O planejamento e a execução das operações que serão realizadas na lavoura ocorre neste intervalo e deseja-se que o corte ocorra quando a planta atinja o teor de matéria seca ideal.

Ocorre que, durante este ciclo, a perda de água pela planta pode variar de acordo com as características e condições de clima, sendo uma fonte de variação no planejamento de

colheita. Eventualmente desvios neste planejamento devido a intempéries climáticas resultam em colheita precoce ou tardia da planta (Rosenzweig *et al.*, 2001 e Kung Jr. *et al.*, 2015). No caso do sorgo pode ainda ser necessária a colheita precoce devido à ataques de pássaros, bem como objetivando colher plantas com grãos menos duros e mais digestíveis.

Silagens com alta umidade estão mais propensas a perdas de matéria seca, devido a perdas por efluentes, bem como podem apresentar modificação no perfil de fermentação devido às espécies de bactérias que predominam na fermentação dessas silagens. Quando o pH não diminui suficientemente para inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, bactérias do gênero *Clostridium*, por exemplo, podem proliferar (Kobaiashi, *et al.*, 2017). Este gênero é capaz de converter açúcares e ácido láctico em ácido butírico, além de catabolizar aminoácidos e amidas o que aumenta substancialmente a perda de matéria seca (McDonald, 1991).

1.4 A reensilagem

A prática da reensilagem é fato notório no Brasil, esta prática ocorre por diversos fatores como desvios no dimensionamento de silos e lavouras, falta de área de plantio na propriedade, falta de recursos financeiros no momento certo de plantio, alto risco na condução das lavouras, sobretudo em sequeiro ou simplesmente o planejamento forrageiro é feito de forma equivocada. Há ainda a tendência de especialização por parte de alguns agricultores em produzir volumoso e fornecer para aqueles que são bons pecuaristas, porém têm dificuldades em produzir volumoso em quantidade e qualidade. Motivados pelos fatores mencionados, diversos produtores precisam lançar mão da compra de silagem pronta em uma unidade produtora e posterior reensilagem em outra de destino (Lima *et al.*, 2017). O inconveniente desta prática é que ao desensilar e expor o material ao ar por tempos variados, a deterioração aeróbica pode começar a ocorrer. Esta deterioração ocorre com pela presença de O₂ na massa, que proporciona ambiente favorável à proliferação de microrganismos oportunistas presentes na silagem, como fungos filamentosos, leveduras e bactérias aeróbias. Estes se desenvolvem a partir da fermentação de nutrientes da forragem, resultando em mudanças na composição química e perdas no valor nutritivo da silagem (Lindgren *et al.*, 1985).

Michel *et al.*, (2016) trabalharam com silagens de sorgo reensiladas com e sem uso de inoculantes e não observaram diferença na composição química, embora tenham mostrado efeito negativo da reensilagem na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). Estes autores justificaram esta diminuição da digestibilidade pela maior perda por efluentes resultante da prática da reensilagem, que embora tenha sido em pequena quantidade, a perda do conteúdo rico em nutrientes foi capaz de alterar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em 5,35% ($p < 0,05$) o que aumenta o custo do kg da matéria seca digestível produzida. .

Lima *et al.*, (2017) avaliaram silagens de milho reensiladas após exposição ao ar por até 48 horas e embora tenham observado diferenças ($p < 0,05$) nos teores de lignina, estas não foram suficientes para resultar em diminuição na digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Coelho *et al.*, (2018), avaliaram silagens de milho reensiladas com e sem inoculantes microbianos e encontraram o mesmo comportamento dos dados citados no ensaio acima. Porém estes autores relataram maiores perdas por efluentes e gases como efeito da reensilagem, com aumento nas concentrações de frações fibrosas e consequente diminuição da digestibilidade *in vitro* da matéria seca em 6,15% ($P < 0,05$).

Dos Anjos *et al.*, (2018) trabalharam com silagens de sorgo reensiladas com e sem uso de inoculantes e também observaram diminuição da digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Embora coincida com os outros resultados, estes autores atribuíram a diminuição da DIVMS à alta extensão de fermentação da forragem dentro do silo, sobretudo em função do uso do inoculante. Dado também descrito por Fyfia *et al.*, (2000) que encontraram menor concentração de carboidratos não fibrosos em silagens inoculadas em comparação às silagens não inoculadas.

Em unidades produtoras que utilizam silagem como suplemento volumoso no período da seca, na maioria das vezes, só se dá importância à perda da silagem quando há presença visível de fungos, deste modo a perda por oxidação da massa não é contabilizada, resultando em subestimação das perdas totais. Por este motivo, outras metodologias de avaliação de valor nutricional de forrageiras devem ser utilizadas, principalmente no que tange à digestibilidade do material.

1.5 Consumo e digestibilidade aparente

O aumento do consumo de matéria seca juntamente com o aumento da digestibilidade dos alimentos e da eficiência metabólica dos animais tende a aumentar os índices de produtividade animal. Contudo, os mecanismos que controlam o consumo de matéria seca em ruminantes são complexos, inter-relacionados e ainda não totalmente compreendidos (Church, 1993).

O suprimento de nutrientes para os tecidos é regulado por uma cascata de retroalimentação gerada pela visão, gosto, cheiro do alimento e seus efeitos gástrico e intestinal aliados às respostas hepáticas e sinalizadores de deposição ou mobilização de reservas (Silva, 2011).

Por muito tempo foi considerado que o único limitante de consumo de ruminantes era o enchimento do rúmen, hipótese sustentada por observações em que a redução do tamanho de partícula e aumento da digestibilidade estavam relacionados à aumentos de consumo (Allen, 2000). No entanto, esta hipótese não tem sido capaz de explicar todas as variações de consumo, que em ruminantes parecem ser dependentes de vários mecanismos que atuam em curto e médio prazo (NRC, 2001).

O primeiro local sistêmico de controle de consumo é o Sistema Nervo Central (SNC), embora muitos mecanismos ainda não são totalmente compreendidos. Peptídeos encontrados no SNC parecem ter influência direta sobre o consumo de matéria seca, principalmente no que tange ao comportamento ingestivo relacionado ao status metabólico do animal (NRC, 2001).

Fatores locais, como espaço físico do rúmen já tem seu mecanismo um pouco mais conhecido. O enchimento ruminal está relacionado ao fluxo da digesta pelo trato digestivo, que nos ruminantes parece estar relacionado a uma percepção metabólica de receptores sensíveis ao aumento de pressão e volume (Allen, 2000).

Segundo Mertens, (1987) o tempo de retenção no trato gastrointestinal é influenciado pelo consumo de matéria seca. Trabalhos realizados por Allen (2000), compararam diferentes dietas com mesmos teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), porém com

variação na digestibilidade, e observaram que os consumos eram maiores daqueles animais que ingeriram fibras mais digestíveis. Nestes trabalhos, o aumento de uma unidade percentual na digestibilidade resultou em 0,17 kg a mais de consumo de MS por dia.

Segundo Forbes, (1993), há ainda o mecanismo quimiostático de regulação do consumo que atua por meio da presença de receptores sensíveis ao aumento de alguns metabólitos, mudança de pH e osmolaridade no lúmen do trato gastrointestinal, bem como pela quantidade de metabólitos que chegam ao fígado durante e após as refeições.

De forma mais complexa, fatores neuro-hormonais podem influenciar o consumo, sobretudo influenciando o comportamento ingestivo, por meio do estímulo ou desestímulo do centro de saciedade (NRC, 1987). Hormônios como leptina, insulina, adrenalina, LH, seus análogos e outros peptídeos opióides já foram identificados como inibidores ou estimuladores de consumo, que podem atuar dependendo do estágio fisiológico do animal (Delavaud et al., 2002).

Juntamente com o consumo, a composição química do alimento também interfere na digestibilidade dos alimentos, que por sua vez pode ser definida como a proporção do alimento que é digerida ou aproveitada, ou ainda a porção que foi ingerida e não foi excretada nas fezes (Berchielli et al., 2011).

Segundo o modelo original de Waldo et al., (1972), citado por Poppi et al., (2000), existe uma interação entre consumo, digestibilidade e taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal. Este modelo envolve o conceito de digestibilidade potencial (DP), taxa de digestão (Kd) e taxa de passagem (Kp).

Os ensaios de digestibilidade aparente são a forma mais precisa de medir o valor nutricional de um alimento. Embora mais acurados, estes ensaios são mais trabalhosos e exigem uma estrutura elaborada, gaiolas metabólicas com divisões específicas para coleta de excretas e normalmente maior tempo de experimento, o que os torna mais onerosos e trabalhosos (Berchielli et al, 2011).

Esta técnica considera para alguns componentes a digestibilidade aparente, pois não levam em consideração a matéria fecal metabólica excretada, que segundo Minson (1990), pode variar de 0,098 a 0,129 g/g de matéria seca ingerida. Berchielli (2011) chamou atenção para as frações fibrosas, que apresentam digestibilidade verdadeira, uma vez que não há compostos desta natureza na matéria fecal metabólica.

Quando se desconta a matéria fecal metabólica obtêm-se o valor da digestibilidade verdadeira, que por sua vez é sempre maior do que a digestibilidade aparente.

Em geral a digestibilidade da matéria seca (DMS) é determinada pela fórmula:

$$\text{DMS (\%)} = \frac{\text{MS ingerida} - \text{MS excretada}}{\text{MS ingerida}} \times 100$$

A digestibilidade de qualquer nutriente de interesse (DN) pode ser determinada, da mesma forma, pela equação:

$$\text{DN (\%)} = \frac{(\text{MS ingerida} \times \% \text{ nutriente}) - (\text{MS excretada} \times \% \text{ nutriente})}{(\text{MS Ingerida} \times \% \text{ nutriente})} \times 100$$

Vários fatores podem interferir nos valores de digestibilidade de um alimento volumoso como o nível de alimentação, tamanho de partícula do alimento, idade da forrageira, composição química, processamento do alimento, uso de aditivos e a técnica utilizada na sua mensuração (Khan et al, 2003). Outros fatores que precisam ser considerados são a espécie, raça, sexo, idade, peso e condições sanitárias dos animais utilizados, além das condições de ambiente.

Vale ressaltar que Van Soest, (1994) afirma que em alimentos volumosos a fração fibrosa assume papel importante. Enquanto a fração de fibra insolúvel em detergente neutro está diretamente ligada ao consumo, a fibra insolúvel em detergente ácido está diretamente ligada à digestibilidade do volumoso, por isso cada alimento de interesse deve ser estudado de forma específica.

1.6 Degradabilidade ruminal *in situ*

A técnica de degradabilidade *in situ* possibilitou mais clareza às interações que ocorrem entre os alimentos e os microrganismos do retículo-rúmen (Thiago, 1994). O conhecimento desta interação permite maior precisão e eficiência nas dietas para máximo aproveitamento ruminal e desempenho animal (Nocek, 1988). Outro ponto fundamental discutido por Mertens (1987) é a interação entre a degradação das frações dos alimentos no rúmen e sua relação com o consumo de matéria seca.

A técnica de degradabilidade ruminal *in situ* permite a descrição do comportamento da degradação dos alimentos no rúmen, de forma menos onerosa e trabalhosa do que outras técnicas. A técnica consiste em incubar quantidades conhecidas de alimentos em sacos de nylon no rúmen de animais fistulados e medir seu desaparecimento ao longo de tempos conhecidos (Nocek, 1988).

Para os mesmos autores, o ensaio de degradabilidade *in situ* permite o íntimo contato das partículas do alimento com o ambiente ruminal, sobretudo enzimas, substratos, microrganismos, temperatura, pH e osmolaridade.

Para Mertens (1993), esta metodologia permite conhecer com precisão a extensão e a taxa de degradação dos nutrientes, permitindo conhecer a cinética de degradação dos alimentos.

Embora a técnica tenha muitos pontos positivos, ela também tem suas limitações. Os alimentos colocados nos sacos de nylon não são sujeitos à mastigação, nem a passagem pelos outros compartimentos do trato gastrointestinal e há ainda alguma variação relacionada à técnica propriamente dita (Van Soest, 1994).

Uma das fontes de variação da técnica é a porosidade do saco de incubação, que pode ser determinante nos resultados, pois interfere diretamente na entrada de microrganismos degradadores, bem como na saída de material pelos poros do saco (Michalet-Doreau e Ould-Bah, 1992). Gonçalves *et al* (2012) em revisão de literatura recomendaram a padronização da técnica com a utilização de sacos de material não degradável no rúmen e monofilamentosos com porosidade entre 40 e 60 μm .

Outra fonte de variação importante é a dieta basal dos animais que participam dos ensaios (Valadares Filho, 1994). Segundo Nocek, (1988), a dieta utilizada deve ser a mais próxima possível do alimento avaliado, ou ainda que não seja um fator limitante para a degradação potencial do alimento avaliado no ensaio. O tamanho de partícula médio da dieta deve ser capaz de fazer fricção nos sacos de incubação, de forma que se evite a oclusão dos poros e o acúmulo de material dentro dos sacos (Marinucci *et al*, 1992).

Além disto a relação de quantidade de amostra com a área do saco também é fonte de variação, pois deve-se manter espaço suficiente no saco de incubação para que a degradação aconteça e ao mesmo tempo colocar uma quantidade suficiente para que sobre material para realização de análises posteriores à incubação (Nocek, 1985). Após alguns ensaios a padronização entre 10 a 20 mg/cm² foi considerada a melhor relação a ser utilizada para a maioria dos experimentos de degradabilidade *in situ* com forragens (Nocek, 1988).

Outro fator que deve ser abordado é a ordem de incubação das amostras. Nocek, (1985) confrontou dados de ensaios com incubação de todos os sacos ao mesmo tempo e retirada em tempos pré-determinados com incubação em tempos pré-determinados e retirada de todos ao mesmo tempo. A incubação simultânea apresentou menor variação dos dados, embora com taxas de degradação mais lentas, fato atribuído à interrupção dos processos devido à retirada dos sacos de dentro do ambiente ruminal e exposição ao ambiente externo. Por outro lado, se os sacos não forem colocados juntos, podem ficar sujeitos a condições de incubação diferentes em função da rotina e frequência de alimentação dos animais utilizados no ensaio.

Para entender a dinâmica de degradabilidade dos alimentos os dados obtidos nos ensaios são estudados em modelos matemáticos. Orskov e McDonald (1979), propuseram o seguinte modelo para descrever a dinâmica de degradação ruminal:

$$p = a + b (1 - e^{-ct}), \text{ em que:}$$

p é a porcentagem de degradação após um tempo (t) de incubação no rúmen;

a é o intercepto da curva de degradação no tempo zero, representando a fração rapidamente degradada do substrato (fração completamente degradado);

b é a degradabilidade potencial do material que permaneceu na sacola de incubação após o tempo zero, que será degradado a partir deste momento e representa o substrato insolúvel potencialmente degradável (fração lentamente degradada);

c é a taxa constante de degradação da fração b (%/hora);

t é o tempo de incubação em horas.

A fração a (solúvel) é determinada pela lavagem de sacolas contendo amostras do alimento avaliado sem que essa sejam incubadas no rúmen, enquanto o substrato não degradável é representado por $1 - (a + b)$.

Sampaio *et al* (1995), sugeriram uma simplificação do modelo e chegaram no seguinte:

$$p = A + B * e^{-ct}, \text{ em que:}$$

p é a porcentagem de degradação após um tempo (t) de incubação no rúmen;

A é a porcentagem máxima de degradação do material contido na sacola de incubação em um tempo t (somatório dos parâmetros a e b do modelo anterior);

B é a degradabilidade potencial do material a partir do momento da incubação;

c é a taxa constante de degradação da fração que permanece na sacola de incubação após o tempo zero (%/hora);

t é o tempo de incubação em horas.

Com a padronização deste modelo, os autores sugeriram que o alimento deve ser avaliado principalmente pelo parâmetro A e pela taxa de degradação c . O maior valor de A indica uma forrageira mais degradável no rúmen e o maior valor de c significa menor tempo necessário para atingir o máximo potencial de degradação desta forrageira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. Champaign. v. 83, p. 1598-1624. 2000.

BELL, M.J.; WALL, E.; SIMM, G.; *et al.* Effects of genetic line and feeding system on methane from dairy systems. **Animal Feed Science Technology**, v. 167, p. 699-707, 2011.

BERCHIELLI, T. T.; VEJA GARCIA, A.; OLIVEIRA, S. G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudos de nutrição. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, G. O. **Nutrição de ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap. 14 p. 415-438.

BERENJI, J.; DHALBERG, J. Perspectives of sorghum in Europe. **Journal of Agronomy and Crop Science**. v. 190, p. 332-338, 2004.

CHURCH, D. C. (Ed.). **The Ruminant Animal: digestive physiology and nutrition**. 5.ed. New Jersey: Englewood, Cliffs, 1993. p.145-171.

COELHO, M.M, GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S. *et al.* Chemical characteristics, aerobic stability, and microbiological counts in corn silage re-ensiled with bacterial inoculant. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.9, p.1045-1052. 2018.

COTTON, W.R.; PIELKE, R.A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University, 1995, 288p.

DELAVAUD, C., A. FERLAY, Y. FAULCONNIER, F. BOCQUIER, G. KANN, AND Y. CHILLIARD. Plasma leptin concentration in adult cattle: Effects of breed, adiposity, feeding level, and meal intake. **Journal of Animal Science**, 80:1317-1328. 2002.

DOS ANJOS, G.V.S., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S. *et al.* Effect of re-ensiling on the quality of sorghum silage. **Journal of Dairy Science**. 101:6047–6054. 2018.

FILYA, I., G. ASHBELL, Y. HEN, AND Z. G. WEINBERG. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. **Animal Feed Science and Technology**. 88:39–46. 2000.

FORBES, J. M.; FRANCE, J. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: University Press. 1993. P. 479-494.

GONÇALVES, L. C.; TOMICH, T. R.; JAYME, D. G.; *et al.* Avanços e desafios tecnológicos na avaliação de forrageiras tropicais. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 29, 2012, Brasília. Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2012]. (CD-ROM)

HEGARTY, R. **Greenhouse gas emissions from the Australian livestock sector what do we know, what can we do?** Canberra, NSW Agriculture Australian Greenhouse Office, 2001. 35p

HOLMES, B. Software applications for sizing silos to maximize silage quality. In: **PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF FORAGE QUALITY AND CONSERVATION**, Piracicaba, 2009. *Proceedings...* Piracicaba: ESALQ – USP, 2009. p. 189-208.

ISHINO, Y.; KOMORI, K.; CANN, I.K.O. *et al.* A novel DNA polymerase family found in *Archaea*. **Journal of Bacteriology**, v.180, p.2232-2236, 1998.

JANSSEN, P. H.; KIRS, M. Structure of the archaeal community of the rumen. **Applied Environment Microbiology**. v. 74, p. 3619-3625, 2008.

JOHNSON, D.E.; WARD, G.M. Estimates of animal methane emissions. **Environmental Monitoring and Assessment**. v.42, p.133-141, 1996.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane Emissions from Cattle. **Journal of Animal Science**. v.73, p.2483- 2492, 1995.

KOBAIASHI H., NAKASATO, T., SAKAMOTO, M. *et al.* Clostridium pabulibutyricum sp. nov. a butyric-acid-producing organism isolated from high-moisture grass silage. **International Journal Systematic and Evolutionary Microbiology**. 2017;67: 4974–4978.

KUNG, L. JR., J. M. LIM, D. J. HUDSON, J. M. SMITH, R. D. JOERGER. Chemical composition and nutritive value of corn silage harvested in the northeastern United States after Tropical Storm Irene. **Journal of Dairy Science**. 98:2055-2062. 2015.

LIMA, E. M., GONÇALVES, L. C., KELLER, K. M. *et al.* Re-ensiling and its effects on chemical composition, in vitro digestibility, and quality of corn silage after different lengths of exposure to air. **Canadian Journal of Animal Science**. 97: 250–257. 2017.

LINDGREN, S.; PETTERSSON, K.; KASPERSSON, A. *et al.* Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. London, v. 36, p. 765-774. 1985.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da planta de sorgo**. Comunicado técnico 86 – EMBRAPA, 4p. 2003.

MARINUCCI, M.T.; DEHORITY, B.A.; LOERCH, S.C. *In vitro* and in situ studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic fiber bags. **Journal of Animal Science**. v.70, p. 296-307, 1992.

MCALLISTER, T.A.; NEWBOLD, C.J. Redirecting rumen methane to reduce methanogenesis. **Australian Journal Experience Agricultural**, v. 48, p. 7-13, 2008.

MCALLISTER, T.A; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W.; CHENG, *et al.* Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 76, p.231-243, 1996.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2 ed. Chalcombe Publications, 1991. p. 305.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v.64, p.1548-1558, 1987.

MERTENS, D.R. **Rate and extent of digestion**. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Londres: CAB International, 1993. Cap. 2, p.14-51.

MICHALET-DOREAU, B., OULD-BAH, M.Y. In vitro and in sacco methods for estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.40, p.57-86, 1992.

MICHEL, P.H.F., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S. *et al.* Re-ensiling and inoculant application with *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium acidipropionici* on sorghum silages. **Grass and Forage Science**, 72:3. 432-440. 2016.

MINSON, D. J. **Forage in ruminant nutrition**. New York, Academic press. 1990. 483p.

MORVAN, B.; RIEU-LESME, F.; FONTY, G.; *et al.* In vitro interactions between rumen H₂-producing cellulolytic microorganisms and H₂-utilizing acetogenic and sulfate-reducing bacteria. **Anaerobe**. v. 2, p. 175-180, 1996.

MURRAY, R. M.; BRYANT, A. M.; LENG, R. A. Rates of production of methane in the rumen and large intestines of sheep. **British Journal Nutrition**, v. 36, p.1-14, 1976.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th Ed. (rev.). Washington: National Academy Press. 381p. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals**. Washington, DC: The National Academies Press. 1987.

NOCEK, J.E. Evaluation of specific variables affecting in situ estimates of dry matter and protein digestion. **Journal of Animal Science**, v.60, p.1347-1358, 1985.

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2051-2069, 1988.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, J. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed in weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science** (Cambridge), v.92, p.499-503, 1979.

PEDREIRA, M. S.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T.; *et al.* Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 3, p. 24-32, 2005.

POPPI, D.P. *et al.* **Intake, passage and digestibility**. In: THEODOURO, M.K.; FRANCE, J. (Eds.). *Feed systems and feed evaluation models*. New York: CAB International, 2000. p.35-52.

RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. G.; SHAFFERT, R. E.; *et al.* **BRS 655 – Híbrido de sorgo forrageiro para produção de silagem de alta qualidade**. Circular técnica 107. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2008. p. 2.

RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; MENEZES, C. B. *et al.* Potencial forrageiro de híbridos de sorgo avaliados em Sete Lagoas-MG e Sinop-MT. **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**. In: *Anais...* Águas de Lindóia. p. 2383-2388. 2012.

ROSENZWEIG, C., A. IGLESIAS, X. YANG, P. R. EPSTEIN, E. CHIVIAN. Climate change and extreme weather events; Implications for food production, plant diseases, and pests. **Global Change Human Health**. 2:90-104. 2001.

ROTZ, C. A.; MUCK, R. E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHET JR, G.; COLLINS, M. **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 828-868.

SAMPAIO, I.B.M.; PIKE, D.J.; OWEN, E. Optimal design for studying dry matter degradation in the rumen. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 47, p.373-383, 1995.

SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. Época de plantio de sorgo. Clima. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2).

SMEDMAN A., LINDMARK-MÅNSSON H., DREWNOWSKI A. E EDMAN A. M. Nutrient density of beverages in relation to climate impact. **Food & Nutrition Research**. 54:1, 5170. 2010.

THIAGO, L.R.L.S. Utilização da técnica de degradação *in situ* para a avaliação de forragens e alimentos concentrados. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES**, 1994, Maringá. Anais..., Maringá: EDUEM, 1994, p.89-93.

VALADARES FILHO, S.C. Utilização da técnica *in situ* para avaliação dos alimentos. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES**, 1994, Maringá. Anais..., Maringá: EDUEM, 1994, p.95-118.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

WILKINSON, J. M; BOLSEN, K. K. LIN, C. J. History of silage. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E. HARRISON, J. H. (Ed). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 1-30.

WOLIN, M.J. The rumen fermentation: a model for microbial interactions in anaerobic ecosystems. **Advances Microbiology Ecology**, v. 3, p. 49-77, 1979.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. 4. ed. New York: Marcel Dekker, 1984 p. 350.

CAPÍTULO II

Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas em diferentes tempos

Resumo – Objetivou-se avaliar se a reensilagem compromete o consumo e a digestibilidade aparente de silagens de sorgo colhidas precocemente. Em lavouras de sorgo, normalmente, é necessária a colheita precoce, devido ao ataque de pássaros, bem como a tentativa de colher materiais com maior digestibilidade. Da mesma forma a reensilagem tem sido solução comum para baixas produtividades de lavouras, bem como vem sendo prática moderna de fazendas especializadas na produção de alimentos volumosos. A forragem foi ensilada em 80 silos experimentais. Após 56 dias 60 tambores foram expostos ao ar e reensilados após 12, 24 e 48 horas e 20 tambores foram mantidos fechados, totalizando quatro tratamentos (0, 12, 24 e 48). Vinte carneiros adultos foram avaliados por 21 dias, 14 de adaptação e 5 de coleta, sendo 24 horas de coleta de dados do comportamento ingestivo destes animais. Foram determinados o consumo e a digestibilidade aparente da MS e de cada nutriente, bem como feito o balanço de nitrogênio (BN) dos animais. Não houve efeito ($p < 0,05$) da reensilagem sobre o BN, comportamento ingestivo, consumo de matéria seca, proteína bruta, FDN e FDA que apresentaram médias de 6,57 g/dia, 0,33 gMS/hora, 68,15, 4,7, 45,25 e 27,72 g/Kg PV^{0,75}, respectivamente. Não houve efeito da reensilagem ($p < 0,05$) sobre a digestibilidade de MS, PB, FDN e FDA, que apresentaram valores médios de 65,4; 64,8; 65,1; 65,4%, respectivamente. O processo de reensilagem não altera o consumo e a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e das frações fibrosas de silagens de sorgo colhidas precocemente.

Termos para indexação: frações fibrosas, forrageiras, hemiceluloses, matéria seca, realocação de silagem.

Introdução

No processo de ensilagem as perdas pós-abertura são comuns e podem ser significativas, sobretudo em lavouras colhidas precocemente que resultam em silagens de alta umidade, com teores de matéria seca abaixo de 25%, o que pode modificar a composição da silagem e resultar em alterações do consumo e da digestibilidade pelos animais (Bernardes et al., 2012). Ocorre que eventualmente lavouras de sorgo precisam ser colhidas precocemente, seja por ataques de pássaros, seja objetivando colher a planta com grãos menos duros e mais digestíveis, mesmo que resulte em silagens com alta umidade.

Para solucionar outros problemas, como baixas produtividades, ou mesmo como objetivo de comercialização de alimentos volumosos, tem sido praticada de forma intuitiva a reensilagem, que consiste na compra da silagem pronta em uma propriedade para ser reensilada na propriedade de destino (Erickson et al., 2012) e (Chen et al., 2014).

Pouco se sabe sobre este processo em silagens de sorgo, que Segundo Michel et al., (2016) promove perdas resultantes da exposição ao ar e dos dois processos de compactação aos quais o material é submetido.

As mudanças na composição química podem alterar o consumo e a digestibilidade, que são fatores determinantes no desempenho dos animais, uma vez que são o ponto de partida da quantidade de nutrientes ingeridos e reduzidos à tamanhos de partícula passíveis de serem aproveitados (Teixeira et al., 2014).

Ensaio de digestibilidade aparente com silagens reensiladas, sobretudo no Brasil, são inéditos. Portanto, objetivou-se neste experimento avaliar se o processo de reensilagem altera o consumo e a digestibilidade aparente de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar.

Material e Métodos

Ensilagem

O plantio da lavoura do cultivar de sorgo BRS655, foi realizado em 20 canteiros, sendo cinco para cada tratamento (controle e reensilagem após 12, 24 e 48 horas de exposição ao ar).

A adubação do plantio foi feita com 400 kg de adubo ha⁻¹, (formulação de 8-28-16 + 0,5% de Zn), posteriormente foi feita adubação por cobertura com 100 kg de N ha⁻¹, aos 40 dias após o plantio.

A forragem foi colhida quando o grão apresentava consistência de leitoso para pastoso. O material produzido foi picado e ensilado em 80 silos experimentais (tambores com capacidade de 200 L forrados com sacos de plástico). As quantidades colocadas em cada tambor foram semelhantes e a compactação do material foi padronizada com prensa acoplada ao hidráulico do trator. Após 56 dias 60 tambores foram abertos e tiveram seu material exposto ao ar. Este mesmo material foi reensilado em 20 tambores para cada tratamento, após 12, 24 e 48 horas de exposição ao ar. Compondo desta forma os quatro tratamentos (0-controle, 12, 24 e 48). As análises foram realizadas após 56 dias contados a partir da reensilagem.

Os dados de temperatura máxima, mínima e média nos dias que a reensilagem foi realizada foram obtidos na estação meteorológica do local onde o experimento foi realizado (Tabela 1).

Tabela 1. Temperaturas máxima, mínima e média aferidas durante o processo de reensilagem

Dia da reensilagem	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura média (°C)
Abertura (8:00)	29,2	9,6	17,6
Reensilagem após 12h (20:00)	29,2	9,6	17,6
Reensilagem após 24h (8:00)	28,9	9,1	18,7
Reensilagem após 48h (8:00)	27,5	11,8	18,8

Fonte: Estação meteorológica EMBRAPA – Milho e Sorgo

Ensaio de consumo e digestibilidade

O presente trabalho foi aprovado pela comissão de ética e uso de animais (CEUA) da Universidade Federal de Minas Gerais, sob o protocolo nº 183/2013.

Vinte carneiros adultos, saudáveis, com peso médio de 40 kg foram utilizados neste ensaio. Os animais foram distribuídos aleatoriamente no número de cinco para cada tratamento, representando cinco repetições. Os animais foram pesados no início e no final do período experimental e alojados em gaiolas metabólicas individuais confeccionadas em cantoneira de ferro, piso ripado, dispendo de comedouros automáticos (Intergado®),

com sensores de presença e célula de carga em cada um, para mensuração do peso e monitoramento do consumo, bebedouros e cocho para sal.

O período experimental foi composto por período inicial de adaptação às gaiolas e à alimentação de 21 dias, seguido por período de coleta de amostras de cinco dias. As silagens foram oferecidas em quantidade suficiente para que se obtivesse aproximadamente 15% de sobras no cocho, caracterizando-se, dessa forma, a ingestão voluntária pelos animais. A água e a mistura mineral comercial também foram disponibilizadas para consumo à vontade. As quantidades de silagens (oferecidos e sobras) foram mensuradas diariamente durante todo o período experimental, enquanto as produções de fezes e de urinas foram mensuradas somente no período de coleta.

Das silagens oferecidas aos animais foram coletados aproximadamente 300g por tratamento por dia. As sobras foram recolhidas diariamente e armazenadas por cada animal experimental (repetição). Foi realizada a coleta total das fezes todos os dias do período de coleta, posteriormente foi feito um pool com todas as amostras, retirando-se 20% do total de cada animal, a amostragem de urina foi obtida no período da manhã equivalente a 20% do volume total produzido por cada animal. Nos baldes coletores de urina foram adicionados, diariamente, 100 ml de HCl 2N para se evitar perda de nitrogênio por volatilização ou por decomposição.

As amostras de silagens, sobras, fezes e de urina produzidas a cada dia, após serem devidamente identificadas, foram armazenadas em freezer com temperatura de -17°C, e com elas, ao final do período experimental foram produzidas amostras compostas por tipo de material coletado para cada animal. Cada amostra composta foi pré-seca e processada em moinho com peneira de 1 mm. Foram determinados os teores de matéria seca a 105°C, proteína bruta (PB) por meio do método Kjeldhal e dos componentes da parede celular pelo método sequencial com amilase (fibra insolúvel em detergente neutro – FDN, fibra insolúvel em detergente ácido – FDA e lignina), adaptado de Van Soest et al. (1991). Os teores de FDN e FDA foram corrigidos quanto às cinzas e nitrogênio insolúveis em detergente neutro e ácido, respectivamente.

O consumo de matéria seca e de cada nutriente foi calculado pela ingestão de matéria seca e concentração de cada nutriente na matéria seca ingerida e nas sobras recolhidas durante o período de coleta.

Os coeficientes de digestibilidade (CD) dos componentes nutricionais das silagens foram determinados empregando-se a seguinte fórmula de acordo com Da Silva e Leão (1979):

$$CD = \frac{NI (\text{Kg de MS}) - NF (\text{kg de MS}) \times 100}{NI (\text{kg de MS})}$$

NI = nutriente ingerido

NF = nutriente nas fezes

Ensaio de comportamento ingestivo

Esta etapa do experimento foi conduzida durante a semana de coleta total do ensaio de digestibilidade aparente. No primeiro dia os animais foram avaliados visualmente de cinco em cinco minutos durante 24 horas, totalizando 288 observações. Neste período foram realizadas as seguintes avaliações para o animal deitado: ruminação, ócio, e outra atividade; já para o animal em pé, foram realizadas as seguintes observações: ruminação, ócio, alimentação (ingestão de silagem ou sal mineral) e outra atividade. Já no segundo dia foi realizada a avaliação do número de mastigações merícicas por bolo ruminal e a média do tempo despendido de mastigação merícica por bolo ruminal, que foi obtida em 3 períodos de 2 horas cada (10:00 as 12:00 h; 17:00 as 19:00 h; e 21:00 as 23: h), por um dia, registrando 3 valores observados por período de observação, com auxílio de um cronometro digital.

Os resultados referentes aos fatores do comportamento ingestivo foram obtidos conforme Burguer (2000), pelas relações:

$$\begin{aligned} EAL &= CMS/TAL \\ ERU &= CMS/TRU \\ ERU &= CFDN/TRU \\ TMT &= TAL+TRU \\ BOL &= TRU/MMtb \\ MMnd &= BOLMMnb] \end{aligned}$$

Em que: EAL (g MS/h) é eficiência de alimentação; CMS (g MS/dia), consumo de MS; TAL (h/dia), tempo de alimentação; ERU (g MS/h; g FDN/h), eficiência de ruminação; TRU (h/dia) e tempo de ruminação; TMT (h/dia).

Avaliação do tamanho de partículas

Foi utilizado o conjunto de peneiras (Penn State Particle Size Separator[®]), foram colocados 200 gramas de forragem na primeira peneira e feitas duas séries de movimento. Em cada seção de movimento o conjunto de peneiras foi movimentado 5 vezes na direção norte-sul, depois rotacionado em um quarto e novamente movimentado 5 vezes na direção norte-sul. Desta forma após cada série de mistura o conjunto de peneiras passou por 4 seções de 5 movimentos totalizando 20 movimentos. A série foi repetida e no total cada amostra passou por 8 seções de 5 movimentos, totalizando 40 movimentos do conjunto de peneiras. Os movimentos foram realizados em velocidade e distâncias constantes para que o material se distribuísse homogeneamente na superfície das peneiras.

Análises estatísticas

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente ao acaso, com o grupo controle (0) e três tempos de reensilagem (12, 24 e 48 horas) e cinco repetições (carneiros). Para a análise dos resultados foi utilizado o procedimento “GLM” do SAS[®] de acordo com o seguinte modelo: $Y_{ij} = \mu + T_j + e_{ij}$, em que: Y_{ij} = valor referente à observação do tempo de reensilagem j na repetição i ; μ = média geral; T_j = efeito do tempo de reensilagem j ($j = 1, 2, 3, 4$); e_{ij} = erro aleatório associado à observação. Polinômios ortogonais foram usados para determinar se o tempo de reensilagem resultou em um efeito linear ou quadrático sobre os parâmetros medidos. As diferenças foram consideradas significativas quando $P < 0.05$. De acordo com as necessidades, foram realizadas correlações de Pearson entre as variáveis.

Resultados e discussão

A colheita precoce da lavoura coincide com estágio reprodutivo inicial, compatível com presença de panícula, porém com pouca participação de grãos na matéria seca, justificando a baixa proporção desta fração em relação as folhas e colmos (Raposo, 2015). Optou-se pela colheita precoce do material para simular condições de campo em climas tropicais, em que na maioria das vezes é necessária a colheita precoce das lavouras de sorgo devido à ataques de pássaros, bem como à necessidade de colher o material que mesmo que com menor quantidade de grãos, possuam grãos menos duros e mais digestíveis.

Embora o tratamento controle tenha apresentado 18% a mais de matéria seca do que a média dos tratamentos reensilados (Tabela 2), observa-se pelos teores de matéria seca aliados aos teores de pH, e demais indicadores de qualidade (Tabela 3) que as silagens de todos os tratamentos foram bem conservadas e atendem aos padrões de classificação de silagens de boa qualidade sugeridos por Tomich, (2003).

Tabela 2. Composição química das silagens utilizadas no ensaio de consumo e digestibilidade de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar

Item	Tratamentos (tempos de exposição ao ar)			
	0	12	24	48
Matéria Seca (%)	31,63	25,83	28,32	25,76
Fibra Insolúvel em Detergente Neutro (%)	55,58	65,91	64,05	65,44
Fibra Insolúvel em Detergente Ácido (%)	33,63	40,46	37,85	41,09
Proteína Bruta (%)	7,02	6,95	7,12	6,77
Hemiceluloses (%)	21,94	25,44	26,20	24,35
Matéria Mineral (%)	5,82	6,38	7,28	6,53
Carboidratos não fibrosos (%)	17,64	12,51	14,66	13,31

Tabela 3. Parâmetros de qualidade das silagens utilizadas no ensaio de consumo e digestibilidade de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar

Item	Tratamentos (tempos de exposição ao ar)				EPM	p-Valor
	0	12	24	48		
pH	3,79	3,69	3,43	3,96	0,10	NS
N-NH ³	7,11	6,57	6,82	6,88	0,57	NS
Lático (%)	4,02	6,15	6,96	4,41	0,57	NS
Acético (%)	0,94	1,40	1,95	2,09	0,15	**
Propiônico (%)	0,26	0,29	0,17	0,36	0,03	NS
Butírico (%)	1,16	0,84	0,62	0,47	0,18	NS

¹Erro padrão da média, ²Valores de p do teste de ANOVA. -, não se aplica, *, p<0,05 **, p<0,01 e NS, não significativo.

Não foi observado efeito da reensilagem de lavouras de sorgo colhidas precocemente sobre o consumo de matéria seca, proteína bruta e frações fibrosas em função do peso vivo metabólico de ovinos (p<0,05) (Tabela 4).

Os valores de consumo de matéria seca variaram entre 64,9 e 67,3 gramas por quilograma de peso metabólico (g/Kg PV^{0,75}), estes são valores maiores do que os encontrados por Teixeira et al., (2014) que avaliaram consumo e digestibilidade aparente de silagens de diferentes híbridos de sorgo por ovinos e encontraram valores próximos de 60 g/Kg PV^{0,75}.

Tal fato pode se justificar pelo estágio fenológico da planta na colheita, uma vez que plantas colhidas precocemente apresentam alta digestibilidade (Tabela 6), e conseqüentemente alto consumo de matéria seca. O consumo dos outros nutrientes, como proteína bruta e frações fibrosas, embora semelhantes entre os tratamentos (p<0,05), também apresentaram médias de consumo elevadas. Possivelmente este efeito se deu apenas por consequência do alto consumo de matéria seca (Tabela 4).

Tabela 4. Consumo de matéria seca (CMS), consumo de proteína bruta (CPB) e consumo de fibra insolúvel em detergente neutro (CFDN), fibra insolúvel em detergente ácido (CFDA), hemiceluloses (CHEL) e celulose (CCEL) por quilograma de peso vivo metabólico por ovinos de silagens colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar.

Item	Tempos de exposição ao ar (horas)				EPM ²	p-valor ¹
	0	12	24	48		
CMS (g/Kg PV ^{0,75} /dia)	69,8	69,3	67,3	67,6	0,001	NS
CPB (g/Kg PV ^{0,75} /dia)	4,7	4,6	4,6	4,5	0,0001	NS
CFDN (g/Kg PV ^{0,75} /dia)	42,6	48,2	43,5	46,7	0,004	NS
CFDA (g/Kg PV ^{0,75} /dia)	25,4	29,3	27,0	29,2	0,003	NS
CHEL (g/Kg PV ^{0,75} /dia)	15,3	17,6	15,0	16,5	0,001	NS
CCEL (g/Kg PV ^{0,75} /dia)	23,2	26,7	25,2	27,0	0,002	NS

¹Valores de p dos contrastes testados para efeitos linear (L) e quadrático (Q). -, não se aplica, *, p<0,05, **, p<0,01 e NS, não significativo. ²Erro padrão da média.

De acordo com Reis et al., (2003), o consumo potencial de silagem é dependente, entre outros fatores, da composição química e digestibilidade do material fresco no momento da ensilagem e a extensão do alcance deste potencial é dependente das mudanças ocorridas no processo fermentativo.

Embora nos tratamentos reensilados houve aumento dos teores da fração fibrosa por efeito de concentração (Tabela 2), não foi suficiente para modificar o consumo destas frações em função do peso vivo metabólico por ovinos (Tabela 4).

Vale chamar atenção que na reensilagem, a exposição das silagens ao ar interrompe a premissa de conservação da forragem que é a anaerobiose, logo cria ambiente favorável para o crescimento de microrganismos capazes de deteriorar a massa ensilada (Borreani et al., 2007). De acordo com os mesmos autores o crescimento dos microrganismos é condicionado pelo consumo de ácidos orgânicos, carboidratos solúveis, e outros componentes da silagem, e que mesmo sem haver deterioração propriamente dita, sua composição pode ser alterada. O principal componente que sofre alteração é a fração

fibrosa, uma vez que o consumo e a perda de carboidratos não fibrosos ocorrem, e por efeito de concentração os teores de fibra insolúvel em detergente neutro normalmente aumentam (Michel et al., 2016).

Este fato pôde ser observado no presente ensaio, em que os teores de matéria seca diminuíram, acompanhados pela diminuição dos teores de carboidratos solúveis e pela concentração das frações fibrosas (Tabela 2).

Para confirmar que não houve alteração do consumo das silagens reensiladas, os dados de comportamento ingestivo confirmam a semelhança ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Eficiência de alimentação (EAL), eficiência de ruminação em função da matéria seca (ERUMS), eficiência de ruminação em função da fibra insolúvel em detergente neutro (ERUFDN), tempo de mastigação total (TMT) de silagens colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar consumidas à vontade por ovinos.

Item	Tempos de exposição ao ar (horas)				EPM ²	p-valor ¹
	0	12	24	48		
EAL (g MS/h)	0,347	0,214	0,573	0,21	0,059	NS
ERUMS (g MS/h)	0,086	0,072	0,073	0,096	0,005	NS
ERUFDN (g FDN/h)	0,056	0,051	0,051	0,053	0,002	NS
TMT (h/dia)	11,35	13,86	11,81	12,43	0,535	NS

¹Valores de p dos contrastes testados para efeitos linear (L) e quadrático (Q). -, não se aplica, *, $p < 0,05$, **, $p < 0,01$ e NS, não significativo. ²Erro padrão da média.

A semelhança dos dados observados no ensaio de comportamento ingestivo pode ser explicado pela semelhança das características físicas entre os tratamentos, sobretudo do tamanho de partículas (Tabela 6).

Tabela 6. Distribuição em peneiras em função do tamanho médio de partículas de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar consumidas à vontade por ovinos

Malha da peneira ¹	Tempos de exposição ao ar (horas)			
	0	12	24	48
> 19 mm (%)	1	2	2	0
> 8 mm (%)	39	33	41	41
> 4mm (%)	58	63	56	57
Fundo (%)	2	3	1	2

¹Penn State Particle Separator (Penn State Extension).

No presente estudo, não foi observado efeito ($p < 0,05$) da reensilagem sobre a digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, FDN, FDA, hemiceluloses e celulose observando-se valores médios de 65,4; 64,8; 65,1; 65,4; 63,7 e 69,2%, respectivamente (Tabela 7).

Os resultados encontrados neste trabalho refutam os dados já publicados por Chen et al., (2014) e Michel et al., (2016) com milho e sorgo, respectivamente que reportaram diminuição da digestibilidade *in vitro* da matéria seca de silagens que foram expostas ao ar.

Observa-se, em primeiro momento, que os valores de digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes são altos para o padrão de digestibilidade de silagens de sorgo, mais comuns em torno de 60%. Este fato pode ser justificado em função do estágio de colheita da planta, que quando jovem apresenta menores teores de lignina e consequentemente frações fibrosas mais digestíveis.

Tabela 7. Digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), digestibilidade aparente da proteína bruta (DPB), digestibilidade da fibra insolúvel em detergente neutro (DFDN), digestibilidade da fibra insolúvel em detergente ácido (DFDA), digestibilidade das hemiceluloses (DHEL) de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos

Item	Tempos de exposição ao ar (horas)				EPM ²	p-valor ¹
	0	12	24	48		
DMS (%)	65,7	64,8	67,2	64,2	0,009	NS
DPB (%)	65,0	65,1	67,4	61,9	0,008	NS
DFDN (%)	62,1	66,7	66,4	65,5	0,009	NS
DFDA (%)	62,5	66,9	65,0	67,5	0,008	NS
DHEL (%)	60,4	66,4	64,9	63,4	0,010	NS
DCEL (%)	66,3	69,9	69,1	71,8	0,007	NS

¹Valores de p dos contrastes testados para efeitos linear (L) e quadrático (Q). -, não se aplica, *, p<0,05, **, p<0,01 e NS, não significativo. ²Erro padrão da média.

Não foi observado efeito da reensilagem sobre o balanço de nitrogênio, nitrogênio absorvido, nitrogênio retido em função do peso metabólico, absorvido ou mesmo em função do nitrogênio ingerido de ovinos alimentados com silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar (Tabela 8).

Tabela 8. Balanço de nitrogênio (BN), nitrogênio absorvido (Nabs) nitrogênio retido em função do nitrogênio absorvido (Nret), nitrogênio retido por unidade de peso metabólico (Nret/Kg PV^{0,75}), nitrogênio retido em função do nitrogênio ingerido (Nret/Ning) por ovinos de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos

Item	Tempos de exposição ao ar (horas)				EPM ²	p-valor ¹
	0	12	24	48		
BN (g/dia)	6,41	6,36	7,19	6,33	0,7609	NS
Nabs (g/dia)	8,19	8,03	8,81	7,78	0,8645	NS
Nret/Nabs (%)	78,59	78,10	81,77	81,43	2,4884	NS
Nret/Kg PV ^{0,75} (g/dia)	0,37	0,37	0,41	0,36	0,0276	NS
Nret/Ning (%)	49,71	50,89	55,20	51,54	1,9735	NS

¹Valores de p dos contrastes testados para efeitos linear (L) e quadrático (Q). -, não se aplica, *, p<0,05, **, p<0,01 e NS, não significativo. ²Erro padrão da média.

Embora não tenha sido observado efeito da reensilagem, os balanços de nitrogênio observados foram maiores do que os reportados por Teixeira et al., (2014), possivelmente em função do maior consumo de matéria seca e conseqüentemente maior consumo de nitrogênio. Além disto, assim como as frações fibrosas, as frações nitrogenadas têm maior potencial de digestibilidade em plantas jovens, o que pode justificar a alta digestibilidade da proteína bruta no presente estudo (Tabela 7).

A prática de reensilagem vêm sendo utilizada como forma comum de corrigir falhas no planejamento forrageiro ou como alternativa comercial para fazendas especializadas na condução de lavouras destinadas à produção de silagem (Lima et al., 2017). Entretanto, o tempo de exposição ao ar, a temperatura ambiente no momento de exposição e a população epífita de fungos e leveduras da silagem determinam o quanto este material irá sofrer com esta exposição (Chen et al., 2014). Embora muitos trabalhos tenham sido feitos objetivando-se avaliar deterioração de silagens pela exposição ao ar (Gerlach et al., 2013), poucos têm sido realizados na linha de avaliação em que após a exposição estas mesmas silagens sejam reensiladas e avaliadas não só quanto à composição química e digestibilidade in vitro, mas em ensaios mais robustos para que se ajuste, caso pertinente,

não só os processos no campo, mas também o preço praticado no mercado de silagens reensiladas.

Conclusões

1- O consumo de matéria seca e de nutrientes não foi alterado em silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar.

2- A digestibilidade da matéria seca e de nutrientes não foi alterada em silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar.

Referências bibliográficas

- BERNARDES, T. F.; NUSSIO, L. G.; AMARAL, R. C. Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different oxygen permeabilities. *Grass and Forage Science*. v. 67, n. 1, p. 34-42. 2012.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; CAVALLARIN, L. A New Oxygen Barrier Film Reduces Aerobic Deterioration in Farm-Scale Corn Silage. *Journal of Dairy Science*. v. 90, p. 4701-4706. 2007.
- BURGUER, P.J.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C.; et al. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 29 (1):236-242, 2000.
- CHEN, T. e WEINBERG, Z.G. The effect of relocation of whole-crop wheat and corn silages on their quality. *Journal of Dairy Science*. v. 97, p. 406-410. 2014.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380 p.
- ERICKSON, P.S.; WHITEHOUSE, N.L.; SPANGLER, D.A. Adding a bacterial inoculant to corn silage removed from a bunker silo and stored in piles. Case Study. *The Professional Animal Science*. v. 28, p. 244-247. 2012.
- GERLACH, K.; ROß, F.; WEIß, K.; BÜSCHER, W.; SÜDEKUM, K. Changes in maize silage fermentation products during aerobic deterioration and effects on dry matter intake by goats. *Agricultural food Science*. v. 22, p. 168-181. 2013.
- LIMA, E. M.; GONÇALVES, L. C.; KELLER, K. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. P. C.; MICHEL, P. H. F.; RAPOSO, V. S.; JAYME, D. G. Re-ensiling and its effects on chemical composition, in vitro digestibility and quality of corn silage after different lengths exposure to air. *Canadian Journal of animal Science*. v. 97, p. 250-257. 2017.

MERTENS, D. R., and L. O. ELY. 1982. Relationship of Rate and Extent of Digestion to Forage Utilization-A Dynamic Model Evaluation. *Journal of Animal Science*. 54:895-905.

MICHEL, P. H. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER, K. M.; RAPOSO, V. S.; LIMA, E. M.; SANTOS, F. P. C.; JAYME, D. G. Re-ensiling and inoculant application with *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium acidipropionici* on sorghum silages. *Grass and Forage Science*. V. 72, 432-440. 2016.

RAPOSO, V.S. *Qualidade de silagens de sorgo com alta umidade reensiladas após diferentes tempos de exposição ao ar*. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Dissertação, mestrado. p.52. 2015.

REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R.; ROTH, M. T. P.; ROTH, A. P. T. *Fatores que afetam o consumo de forragem conservada*. 1 ed. FUNEP- Jaboticabal. p. 27-50. 2003.

TEIXEIRA, A. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, G. O.; VESLASCO, F. O; FARIA JÚNIOR, W. G.; RODRIGUEZ, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; McALLISTER, T.; GONÇALVES, L. C. Intake and digestibility of Sorghum (*Sorghum bicolor*, L. Moench) silages with different tannin contents in sheep. *Revista Brasileira de Zootecnia*. V. 43, n. 1, p.14-19. 2014.

TOMICH, T. R. et al. *Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação*. Embrapa Pantanal- Documentos (INFOTECA-E), 2003.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. v.74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WEISS, W. P.; CHAMBERLAIN, D. G.; HUNT, C. W. *Feeding silages*. American Society of Agronomy, Crop Science of America, Soil Science of America. Madison, Wisconsin. p. 469-504. 2003.

CAPÍTULO III

Degradabilidade ruminal de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas em diferentes tempos após exposição ao ar

Resumo – A reensilagem tem sido prática comum na busca por soluções criativas na produção de alimentos volumosos. As investigações acadêmicas dos efeitos dessas práticas de campo são escassas em todo mundo. Objetivou-se avaliar se a reensilagem altera a cinética ruminal e a degradabilidade efetiva de silagens de sorgo colhidas precocemente. A forragem foi ensilada em 60 silos experimentais. Após 56 dias 40 silos tiveram seu material exposto ao ar e reensilado após 12, 48 horas de exposição, totalizando três tratamentos (0-controle, 12 e 48). Para o estudo da degradabilidade *in situ* utilizou-se quatro vacas fistuladas no rúmen. Os tempos de avaliação foram 6, 12, 24, 48, 96 e 120 horas. Para cálculo da degradabilidade efetiva foi utilizado o modelo $y = a + [(b*c) / (c+k)]$, sendo k a taxa de passagem de 5%/h para simular a dinâmica de um consumo médio de alimento. Os parâmetros foram submetidos à análise de variância em delineamento inteiramente ao acaso e foi considerada significância estatística quando $p < 0,05$. Os valores da fração solúvel da matéria seca e da FDN foram semelhantes entre os tratamentos com média de 17,2 e 3,30%, respectivamente. Assim como os valores de fração potencialmente degradável da matéria seca e da FDN, que apresentaram valor médio de 68,6 e 65,08%, respectivamente. Outro parâmetro importante que não variou entre os tratamentos foi a taxa fracional de desaparecimento da matéria seca e da FDN, que apresentaram valores de 2,7 e 2,4%/hora, respectivamente. A reensilagem não foi capaz de alterar a cinética de degradação ruminal nem a degradabilidade efetiva da matéria orgânica e frações fibrosas de silagens de sorgo colhidas precocemente.

Termos para indexação: deterioração aeróbica, frações fibrosas, forrageiras, hemiceluloses, realocação de silagem.

Introdução

As forragens são a principal fonte e alimento para ruminantes e o que mais interfere no desempenho dos animais é indigestibilidade da parede celular destas forragens (Wattiaux *et al.*, 1991).

Jung e Allen (1995) relataram que a qualidade da forragem está intimamente relacionada com a degradação das frações fibrosas, que por sua vez compõem aproximadamente 80% da matéria orgânica da forragem que será degradada no rúmen. Embora este seja um dos parâmetros mais importantes para o desempenho animal, a degradabilidade da forragem pode ser influenciada por vários fatores, com destaque para as mudanças de composição química que podem resultar em maior resistência das frações fibrosas à degradação ruminal (Wilson e Mertens, 1995).

Em lavouras de sorgo pode ser necessária a colheita precoce do material a ser ensilado devido à ataques de pássaros, bem como objetivando colher um grão mais macio e conseqüentemente mais digestível. Essa prática pode resultar em maiores perdas, sobretudo em função da alta umidade que a planta pode apresentar. Outra solução de campo frequente na pecuária brasileira, principalmente para desvios no planejamento forrageiro ou impossibilidade de cultivo de volumosos pelos pecuaristas é a reensilagem (Rosenzweig *et al.*, 2001 e Kung Jr. *et al.*, 2015). Esta prática consiste na compra da silagem pronta em uma propriedade para ser reensilada em outra propriedade de destino (Erickson *et al.*, 2012) e (Chen *et al.*, 2014).

Objetivou-se neste experimento avaliar por meio da técnica de degradabilidade *in situ* se o processo de reensilagem altera a degradabilidade ruminal de silagens de sorgo colhidas precocemente.

Material e métodos

Ensilagem

O plantio da lavoura do cultivar de sorgo BRS655, foi realizado em 20 canteiros, sendo cinco para cada tratamento (controle e reensilagem após 12, 24 e 48 horas de exposição ao ar).

A adubação do plantio foi feita com 400 kg de adubo ha⁻¹, (formulação de 8-28-16 + 0,5% de Zn), posteriormente foi feita adubação por cobertura com 100 kg de N ha⁻¹, aos 40 dias após o plantio.

A forragem foi colhida quando o grão apresentava consistência de leitoso para pastoso. O material produzido foi picado e ensilado em 60 silos experimentais (tambores com capacidade de 200 L forrados com sacos de plástico). As quantidades colocadas em cada tambor foram semelhantes e a compactação do material foi padronizada com prensa acoplada ao hidráulico do trator. Após 56 dias 40 tambores foram abertos e tiveram seu material exposto ao ar. Este mesmo material foi reensilado em 20 tambores para cada tratamento, após 12 e 48 horas de exposição ao ar. Compondo desta forma os quatro tratamentos (0-controle, 12 e 48). As análises foram realizadas após 56 dias contados a partir da reensilagem.

Os dados de temperatura máxima, mínima e média nos dias que a reensilagem foi realizada foram obtidos na estação meteorológica do local onde o experimento foi realizado (Tabela 1).

Tabela 1. Temperaturas máxima, mínima e média aferidas durante o processo de reensilagem

Dia da reensilagem	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura média (°C)
Abertura (8:00)	29,2	9,6	17,6
Reensilagem após 12h (20:00)	29,2	9,6	17,6
Reensilagem após 24h (8:00)	28,9	9,1	18,7
Reensilagem após 48h (8:00)	27,5	11,8	18,8

Fonte: Estação meteorológica EMBRAPA – Milho e Sorgo

Ensaio de digestibilidade *in situ*

O presente trabalho foi aprovado pela comissão de ética e uso de animais (CEUA) da Universidade Federal de Minas Gerais, sob o protocolo nº 183/2013.

O estudo da degradabilidade *in situ* foi realizado utilizando-se 4 vacas fistuladas no rúmen. Os animais recebiam silagem de milho *ad libitum* mais 3 kg de concentrado comercial com 18% de PB.

As amostras de silagens foram pré-secas, durante 72 horas, em estufa de ventilação forçada regulada a 55°C e moídas em moinho com peneiras de 5mm de crivo. Posteriormente, 4,2 gramas de cada tratamento foram incubados em sacos de náilon de 18 cm de altura e 9,5 cm de largura (16,67 mg de amostra/cm², considerando 13 cm de altura livre), com poros de 40 mm e ancorados em uma corrente.

Os tempos de avaliação foram 6, 12, 24, 48, 96 e 120 horas, sendo que nos tempos de 0, 6 e 12 horas foram incubados 3 saquinhos com amostras e nos outros tempos 4 saquinhos, esses foram distribuídos ao longo da extensão da corrente que foi fixada na alça da fístula ruminal. Afim de que cada um estivesse em um estrato diferente do rúmen.

O tempo zero não foi incubado, enquanto os demais foram incubados após 3 horas do fornecimento da alimentação da manhã e retirados nos tempos descritos anteriormente.

Imediatamente após a retirada, os sacos foram lavados até que a água saísse límpida. Após a lavagem, os mesmos foram secos em estufa de ventilação forçada regulada a 55°C, por 72 horas, transferida para um dessecador por 15 minutos e pesados.

Posteriormente as amostras foram moídas a 1mm para análise de matéria seca, de acordo com a AOAC (1990) e teor de fibra insolúvel em detergente neutro de acordo com Van Soest et al. (1991).

As análises estatísticas foram realizadas em três etapas. O desaparecimento *in situ* das frações de matéria orgânica e fibra insolúvel em detergente neutro foram submetidos a um modelo misto considerando os efeitos fixos de tratamento, tempo de incubação, da interação tratamento x tempo e repetição (animal) como efeito aleatório. Como não houve diferença, os dados de degradabilidade da matéria seca e da FDN de cada vaca foram submetidos ao modelo proposto por Orskov e McDonald (1979):

$$Y = a + b (1 - e^{-c*t})$$

Em que:

a é a fração solúvel em %;

b é a fração lentamente degradada em %;

c é a taxa fracional de desaparecimento (%/h);

t é o tempo de incubação em horas.

A fração potencialmente degradável foi calculada pela soma das frações solúveis e lentamente degradada (a+b);

A fração não degradável (U) foi calculada como $100 - (a+b)$;

Para cálculo da degradabilidade efetiva foi utilizado o modelo $y = a + [(b*c) / (c+k)]$, sendo k a taxa de passagem de 5%/h para simular a dinâmica de um consumo médio de alimento.

Realizou-se a comparação dos parâmetros do modelo em delineamento inteiramente ao acaso e foi considerada significância estatística quando $p < 0,05$.

Resultados e discussão

As frequentes mudanças climáticas e de distribuição de chuvas aumentam substancialmente o risco na condução de lavouras de cereais, sobretudo em sequeiro. Para lidar com os desafios da agropecuária, soluções inovadoras precisam ser estudadas e validadas pela pesquisa acadêmica. Por muitos anos acreditou-se que a abertura dos silos, exposição ao ar e reensilagem em outra propriedade poderia ser uma causa importante de perdas e transtornos à silagem reensilada. De fato, é real a possibilidade do processo de reensilagem ser capaz de modificar a composição química ou alterar os padrões de consumo e digestibilidade de silagens reensiladas (Michel *et al.*, 2016) (Dos Anjos *et al.*, 2018), porém há que se entender com mais clareza as possíveis causas destas modificações, uma vez que nem sempre elas acontecem (Lima *et al.*, 2017).

Observa-se pelos teores de matéria seca (Tabela 2) aliados aos teores de pH, e demais indicadores de qualidade (Tabela 3) que as silagens de todos os tratamentos foram bem conservadas e atendem aos padrões de classificação de silagens de boa qualidade sugeridos por Tomich, (2003).

Tabela 2. Composição química das silagens utilizadas no ensaio de consumo e digestibilidade de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição

Item	Tratamentos (tempos de exposição ao ar)			
	0	12	24	48
Matéria Seca (%)	31,63	25,83	28,32	25,76
Fibra Insolúvel em Detergente Neutro (%)	55,58	65,91	64,05	65,44
Fibra Insolúvel em Detergente Ácido (%)	33,63	40,46	37,85	41,09
Proteína Bruta (%)	7,02	6,95	7,12	6,77
Hemiceluloses (%)	21,94	25,44	26,20	24,35
Matéria Mineral (%)	5,82	6,38	7,28	6,53
Carboidratos não fibrosos (%)	17,64	12,51	14,66	13,31

Tabela 3. Parâmetros de qualidade das silagens utilizadas no ensaio de consumo e digestibilidade de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas após diferentes tempos de exposição

Item	Tratamentos (tempos de exposição ao ar)				EPM	p-Valor
	0	12	24	48		
pH	3,79	3,69	3,43	3,96	0,10	NS
N-NH ³	7,11	6,57	6,82	6,88	0,57	NS
Lático (%)	4,02	6,15	6,96	4,41	0,57	NS
Acético (%)	0,94	1,40	1,95	2,09	0,15	**
Propiônico (%)	0,26	0,29	0,17	0,36	0,03	NS
Butírico (%)	1,16	0,84	0,62	0,47	0,18	NS

¹Erro padrão da média, ²Valores de p do teste de ANOVA. -, não se aplica, *, p<0,05 **, p<0,01 e NS, não significativo.

No presente estudo, não foi observada influência dos tempos de exposição ao ar nos parâmetros de cinética de fermentação ruminal e nem na degradabilidade efetiva da matéria orgânica (p<0,05) (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros de cinética ruminal e degradabilidade efetiva da matéria orgânica de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas em diferentes tempos de exposição

Item	Tempos de exposição ao ar			EPM ¹	p-Valor ²
	0	12	48		
a (%)	17,46	16,25	18,09	0,642	NS
b (%)	51,95	50,26	51,98	0,756	NS
c (%/h)	2,9	2,4	2,2	0,002	NS
a+b (%)	69,41	66,51	70,07	0,988	NS
U (%)	30,59	33,49	29,93	0,988	NS
Degradabilidade efetiva ³ (%)	36,40	32,92	34,05	0,589	NS

¹Erro padrão da média, ²Valores de p do teste de ANAVA. -, não se aplica, *, p<0,05 **, p<0,01 e NS, não significativo. a = fração solúvel; b = fração lentamente degradada; a+b = fração potencialmente degradável; U = fração não degradável; c = taxa fracional de desaparecimento. ³Calculada assumindo-se a taxa fracional de passagem (k) de 0.05 h⁻¹.

Optou-se por expor os dados de cinética ruminal e degradabilidade efetiva da matéria orgânica, pois esta poderia ser uma fonte de variação na degradabilidade do material de lavouras colhidas precocemente.

Apesar de semelhantes, vale chamar atenção para os valores da fração solúvel (a), que apresentou valores semelhantes aos relatados por outros autores (Cardoso *et al.*, 2012 e Costa *et al.*, 2016). Este parâmetro é um dos mais importantes a ser avaliado neste tipo de estudo, pois reflete o quanto este material pode ser rapidamente degradado no rúmen, permitindo desta forma o melhor sincronismo dos diferentes componentes a serem adicionados na dieta. Não menos importante, a avaliação do parâmetro da taxa fracional de desaparecimento (c) reflete a velocidade com que a degradação do alimento ocorre no rúmen. No presente estudo os valores deste parâmetro foram mais baixos do que os valores encontrados por Cardoso *et al.*, (2012) que variaram de 5,25 até 7,75%/h em silagens de três genótipos de sorgo e por Costa *et al.*, (2016) cujos valores variaram de 4,25 até 7,75%/h para silagens de híbridos de sorgo com e sem tanino. A diferença nos resultados entre diferentes estudos segue a lógica das diferenças nas composições químicas dos materiais originalmente ensilados e da condução de cada experimento. O intuito aqui não é de comparar os valores pura e simplesmente, e sim buscar validação para o comportamento dos dados, uma vez que não há outros trabalhos de avaliação *in situ* de silagens reensiladas.

Tabela 5. Parâmetros de cinética ruminal e degradabilidade efetiva da fibra insolúvel em detergente neutro de silagens de sorgo colhidas precocemente e reensiladas em diferentes tempos de exposição

Item	Tempos de exposição ao ar			EPM ¹	p-Valor ²
	0	12	48		
a (%)	1,88	4,10	3,94	0,676	NS
b (%)	64,16	59,91	61,27	1,109	NS
c (%/h)	2,4	2,4	2,4	0,001	NS
a+b (%)	66,04	64,01	65,21	1,341	NS
U (%)	33,96	35,99	34,79	1,341	NS
Degradabilidade efetiva ³ (%)	23,18	22,72	22,64	1,198	NS

¹Erro padrão da média, ²Valores de p do teste de ANOVA. -, não se aplica, *, p<0,05 **, p<0,01 e NS, não significativo. a = fração solúvel; b = fração lentamente degradada; a+b = fração potencialmente degradável; U = fração não degradável; c = taxa fracional de desaparecimento. ³Calculada assumindo-se a taxa fracional de passagem (k) de 0.05 h⁻¹.

Também não foi observada influência dos tempos de exposição ao ar nos parâmetros de cinética de fermentação ruminal, nem na degradabilidade efetiva da fibra insolúvel em detergente neutro (p<0,05) (Tabela 5). Embora sem diferença, os valores de potencial de degradação (a+b) e degradabilidade efetiva encontrados são menores do que os encontrados em outras avaliações de silagens de sorgo (Molina *et al.*, 2002). Tal diferença pode ser explicada pelos teores de fibra insolúvel em detergente neutro contidos em cada material originalmente ensilado, uma vez que a colheita precoce da lavoura resulta em baixa participação de grãos na massa ensilada e em altos teores de FDN por efeito de concentração. Por outro lado, Campos *et al.*, (2003) avaliaram genótipos de sorgo com e sem tanino e encontraram resultados de degradabilidade efetiva da FDN semelhantes aos do presente estudo. A degradabilidade da fração fibrosa assume importância relevante no processo de ajuste nutricional de rebanhos, pois a FDN corresponde à maior porção da fração lentamente degrada (b), e é a que mais interfere no consumo e na taxa de passagem do alimento pelo rúmen. Embora a reensilagem não tenha sido capaz de influenciar a cinética ruminal e a degradabilidade efetiva da FDN, alimentos com degradabilidade efetiva da FDN baixos podem significar maiores tempos de retenção ruminal e menores taxas de passagem. Este padrão de dinâmica pode refletir em diminuição do consumo e da produtividade animal.

Conclusão

A cinética de degradação ruminal e a degradabilidade efetiva da matéria orgânica e frações fibrosas não foram alteradas pela reensilagem de silagens de sorgo colhidas precocemente.

Referências bibliográficas

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 15th ed. Arlington: AOAC, 1990.

CAMPOS, W. E.; SATURNINO, H. M.; SOUSA, B. M.; GONÇALVES, L.C. Degradabilidade in situ da silagem de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino. II - Fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, hemiceluloses e celulose. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária*. v,55, n4. 2003.

CARDOSO, R. M.; PIRES, D. A. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R. *et al.* AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE SORGO PARA SILAGEM. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.11, n.1, p. 106-114, 2012.

CHEN, T. e WEINBERG, Z. G. The effect of relocation of whole-crop wheat and corn silages on their quality. *Journal of Dairy Science*. v. 97, p. 406-410. 2014.

COSTA, R. F.; PIRES D. A. A.; MOURA, M. M. A. *et al.* Degradabilidade in situ da matéria seca e fração fibrosa da silagem de sorgo. *Acta Scientiarum, Animal Science*. vol.38 n.2. 2016.

DOS ANJOS, G.V.S., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S. *et al.* Effect of re-ensiling on the quality of sorghum silage. *Journal of Dairy Science*. 101:6047–6054. 2018.

ERICKSON, P.S.; WHITEHOUSE, N.L.; SPANGLER, D.A. Adding a bacterial inoculant to corn silage removed from a bunker silo and stored in piles. Case Study. *The Professional Animal Science*. v. 28, p. 244-247. 2012.

JUNG, H.J.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell wall affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v.73, p.2774-2790, 1995.

KUNG, L. JR., J. M. LIM, D. J. HUDSON, J. M. SMITH, R. D. JOERGER. Chemical composition and nutritive value of corn silage harvested in the northeastern United States after Tropical Storm Irene. *Journal of Dairy Science*. 98:2055-2062. 2015.

LIMA, E. M.; GONÇALVES, L. C.; KELLER, K. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. P. C.; MICHEL, P. H. F.; RAPOSO, V. S.; JAYME, D. G. Re-ensiling and its effects on chemical composition, in vitro digestibility and quality of corn silage after different lengths exposure to air. *Canadian Journal of animal Science*. v. 97, p. 250-257. 2017.

MICHEL, P. H. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER, K. M.; RAPOSO, V. S.; LIMA, E. M.; SANTOS, F. P. C.; JAYME, D. G. Re-ensiling and inoculant application with *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium acidipropionici* on sorghum silages. *Grass and Forage Science*. V. 72, 432-440. 2016.

MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M *et al.* Digestibilidade in situ das frações fibrosas de silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária*. v.54, n2. 2002.

ØRSKOV, E.R.; MCDONALD, J. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed in weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, v.92, p.499-503, 1979.

ROSENZWEIG, C., A. IGLESIAS, X. YANG, P. R. EPSTEIN, E. CHIVIAN. Climate change and extreme weather events; Implications for food production, plant diseases, and pests. *Global Change Human Health*. 2:90-104. 2001.

TOMICH, T. R. et al. *Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação*. Embrapa Pantanal-Documentos (INFOTECA-E), 2003.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. v.74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WATTIAUX, M.A.; MERTENS, D.R.; SATTER, L.D. Effect of source and amount of fiber on kinetics of digestion and specific gravity of forage particles in the rumen. *Journal of Dairy Science*, v.74, p.3872-3883, 1991.

WILSON, J.R.; MERTENS, D.R. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. *Crop Science*, v.35, p.251-259, 1995.