

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**TIAGO VENTURINI**

**CARACTERIZAÇÃO DA SILAGEM DO SORGO FORRAGEIRO AGRI 002E E  
UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**2019**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**TIAGO VENTURINI**

**CARACTERIZAÇÃO DA SILAGEM DO SORGO FORRAGEIRO AGRI 002E E  
UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Zootecnia para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Maximiliane Alavarse Zambom

Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Marcela Abbado Neres

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**2019**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Venturini, Tiago

Caracterização da silagem do sorgo forrageiro AGRI 002E e utilização na alimentação de bovinos / Tiago Venturini; orientador(a), Maximiliane Alavarse Zambom; coorientador(a), Marcela Abbado Neres , 2019.  
148 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2019.


1. Bovinos. 2. Nutrição. 3. Silagem. 4. Sorgo. I. Zambom, Maximiliane Alavarse. II. , Marcela Abbado Neres. III. Título.

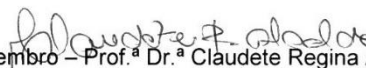
## TIAGO VENTURINI

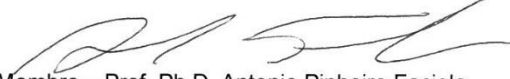
### Caracterização da silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E e utilização na alimentação de bovinos

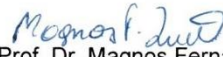
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de "Doutor em Zootecnia", Área de Concentração "Produção e Nutrição Animal", Linha de Pesquisa "Produção e Nutrição de Ruminantes/Forragicultura", APROVADO pela seguinte Banca Examinadora:

  
Orientadora – Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maximiliane Alavarse Zambom  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Campus de Mal. Cândido Rondon

  
Membro – Prof. Dr. Eriton Egídio Lisboa Valente  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Campus de Mal. Cândido Rondon

  
Membro – Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Claudete Regina Alcalde  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

  
Membro – Prof. Ph.D. Antonio Pinheiro Faciola  
Universidade da Flórida

  
Membro – Prof. Dr. Magnos Fernando Ziech  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus de Santa Helena

Marechal Cândido Rondon, 28 de março de 2019.

A **Deus**, pelo dom da vida.

À minha namorada, **Andressa Radtke Baungratz**, por todo apoio, incentivo, confiança, paciência, companheirismo e, acima de tudo, amor sincero e verdadeiro que muitas vezes, mesmo longe, foi meu porto seguro.

Aos meus pais, **Adroaldo Venturini e Marlene Vancin Venturini**, a quem tanto amo e admiro. Obrigado por todo amor, respeito, confiança, incentivo e por estarem ao meu lado em todos os momentos, de maneira afetiva e financeiramente.

Aos meus sogros, **Nelson Baungratz e Enaide Radtke Baungratz**, a quem tanto amo e admiro. Obrigado por todo amor, respeito, confiança e principalmente incentivo e ajuda desde o início da minha caminhada.

Aos meus padrinhos **Valdocir Favretto e Ilse Venturini Favretto**, aos quais tenho muita admiração e respeito, obrigado pelo apoio, incentivo, desejos de boa sorte, boa viagem, sucesso.

A toda minha família, em especial à tia **Janice Venturin Temczuk**, que sempre me apoiou e mesmo passando por sérios problemas, a vida tem sempre lhe dado um novo motivo para permanecer sorrindo, o meu muito obrigado.

E a todos os meus **Amigos** de longe e aos novos amigos que o doutorado me proporcionou, obrigado pela ajuda e por sempre acreditarem em mim.

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de tudo, por sempre me guiar em todos os momentos.

Aos meus pais, Adroaldo Venturini e Marlene Vancin Venturini, à minha fiel companheira Andressa Radtke Baungratz, pela compreensão e companheirismo que tiveram durante os momentos felizes e difíceis que compartilhei com vocês e a minha família.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pelo espaço e disponibilidade de execução do projeto da minha tese.

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

À minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maximiliane Alavarse Zambom, por todo apoio, incentivo, cobrança e acima de tudo amizade, agradeço por ter aberto as portas para me orientar, espero ter correspondido à altura. À professora Dr.<sup>a</sup> Marcela Abbado Neres, pela co-orientação e pelas contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Paulo Henrique Morsch, secretário do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNIOESTE, pela presteza, dedicação e por sempre estar à disposição para quaisquer dúvidas e pendências.

Em especial aos funcionários da fazendinha da UNIOESTE pela disponibilidade, disposição, respeito e auxílio na realização do experimento e, acima de tudo, por sua amizade.

Ao grande amigo, Rodrigo Cesar dos Reis Tinini e sua namorada Jéssica Gabi, agradeço imensamente por toda a ajuda, ensinamentos, palavras de amizade e parceria na condução dos experimentos, análises, trabalhos, enfim, por todos os momentos.

Ao amigo Cleison de Souza, agradeço a amizade, companheirismo e acima de tudo confiança e respeito por todo esse tempo de convivência, o meu muito obrigado.

Ao amigo, Dieisson Grunevald, pelo qual tenho muita admiração, muito obrigado pela amizade, companheirismo e ombro amigo nos bons e maus momentos.

A todos os colegas e amigos do grupo QUALHADA (André Sanches de Ávila, Andressa Faccenda, Luana Muxfeldt, Cibele Regina Schneider, Pamela Schneider, Ana Carla de Souza, Maria Luiza Fischer, Angela Storti, Josias Fornari, Fernando Anschau, Thyelle Tomiazzi, Ana Luiza Andreoni, Dieisson Grunevald, Gabriele Larissa Hoelscher, Luciane Stumpf, Maichel Lange e Samantha Sunahara) que me auxiliaram nas escalas de trabalho, análises laboratoriais, enfim, por toda e qualquer ajuda prestada, meu muito obrigado.

Aos amigos de Dois Vizinhos, agradeço imensamente todo apoio e amizade.

## EPÍGRAFE

*“Faça as coisas o mais simples que você puder, porém não se restrinja às mais simples.”*

*Albert Einstein*

## CARACTERIZAÇÃO DA SILAGEM DO SORGO FORRAGEIRO AGRI 002E E UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso de aditivos no perfil fermentativo e na qualidade da silagem do sorgo forrageiro e a sua utilização na alimentação de bovinos leiteiros em substituição à silagem de milho. Realizou-se a avaliação nutricional da silagem de sorgo forrageiro *in natura*, e após ensilagem (28 e 56 dias) com adição de inoculante bacteriano e ureia. Determinou-se o perfil fermentativo, as perdas e as populações microbianas da silagem de sorgo forrageiro com inclusão de inoculante bacteriano e ureia ao longo do processo fermentativo (0, 1, 3, 7, 14, 28 e 56 dias de abertura). Os teores de MS, MO, carboidratos totais, CNF, DIVMS, DIVMO e as concentrações de ácidos orgânicos aumentaram com os tempos de ensilagem. Por outro lado, houve redução nas concentrações de taninos condensados, FDN, CEL, FDA e CS. A ureia contribuiu para aumentar os teores de PB e DIVPB e redução nas concentrações de FDN, HEM e CNF em relação às silagens com inoculante bacteriano e testemunha. A adição de ureia na silagem de sorgo contribuiu para a melhora do valor nutritivo do material. O inoculante bacteriano não altera a qualidade fermentativa da silagem nas condições testadas. As silagens com 28 dias de ensilagem mostraram-se estáveis e prontas para utilização. A recuperação de matéria seca (RMS), perdas por efluentes (PE) e por gases (PG) aumentaram ao longo dos dias de abertura, além disso, a RMS foi menor com a inclusão de ureia. O pH e a temperatura reduziram e estabilizaram após a ensilagem, sendo que o pH aumentou nos tratamentos com ureia. As BAL aumentaram a população em função dos dias de abertura, contudo, a população de enterobactérias e leveduras reduziram. Os clostrídios reduziram em função dos aditivos com maior tempo de abertura. Sete gêneros de fungos foram identificados no material ensilado e reduziram ao longo do processo fermentativo. Em um estudo com vacas, o objetivo foi avaliar a ingestão e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes em função da substituição (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) da silagem de milho pela silagem de sorgo forrageiro na dieta de vacas em lactação. A silagem de sorgo forrageiro reduz a ingestão e digestibilidade da MS e dos nutrientes, porém, não altera a produção e a composição do leite, síntese microbiana e os metabólitos sanguíneos indicam ausência de problemas hepáticos. Avaliou-se que a digestibilidade e os parâmetros ruminais em bovinos em função da substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo, não altera a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, mantendo os parâmetros ruminais normais.

**Palavras chave:** digestibilidade, perfil fermentativo, parâmetros ruminais, síntese microbiana.



## CHARACTERIZATION OF AGRI 002E FORAGE OF SORGHUM SILAGE AND USE IN CATTLE FEEDING

This work aimed to evaluate the effect of the use of additives on the fermentation profile and on the quality of forage sorghum silage and its use in feeding dairy cattle to corn silage. Nutritional evaluation of forage sorghum silage *in natura*, and after silage (28 and 56 days) with addition of bacterial inoculant and urea were performed. The fermentation profile, losses and microbial populations of forage sorghum silage with inclusion of bacterial inoculant and urea were determined along the fermentation process (0, 1, 3, 7, 14, 28 and 56 days of opening). The contents of DM, OM, total carbohydrates, NFC, IVDDM, IVDOM and organic acid concentrations increased with ensiling times. On the other hand, there was a reduction in the concentrations of condensed tannins, NDF, cellulose, ADF and WSC. The urea contributed to increase CP and IVDCP contents and reduction in NDF, hemicellulose and NFC concentrations in relation to the bacterial inoculant and control silages. The addition of urea to sorghum silage contributes to the improvement of the nutritive value of the material. The bacterial inoculant does not alter the fermentative quality of the silage under the conditions tested. Silages with 28 days of silage are stable and ready for use. The DM recovery, EL and GL increased during the opening days; in addition, the DM recovery was smaller with the inclusion of urea. The pH and temperature were reduced and stabilized after ensiling, and the pH increased in urea treatments. The LAB increased the population according to the opening days, however, the population of enterobacteria and yeasts reduced. Clostridia reduced as a function of the additives with longer opening times. Seven genera of fungi were identified in the ensiled material and reduced throughout the fermentation process. In a study with cows, the objective was to evaluate the intake and digestibility of dry matter and nutrients as a function of the replacement (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) of corn silage by forage sorghum diet of lactating cows. Fodder sorghum silage reduces the intake and digestibility of DM and nutrients, but doesn't alter milk production and composition, microbial synthesis and blood metabolites indicate absence of liver problems. Evaluating the digestibility and ruminal parameters in cattle due to the replacement of corn silage for sorghum silage doesn't alter the digestibility of dry matter and nutrients and maintain the ruminal parameters under normal conditions.

**Keywords:** digestibility, fermentative profile, ruminal parameters, microbial synthesis.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 4

- Figura 1. Dados meteorológicos determinados durante o ciclo produtivo do sorgo forrageiro AGRI 002E (setembro/2016 a janeiro/2017). Fonte: INMET (2018) .....71
- Figura 2. Matéria seca (MS) da silagem de sorgo forrageiro em função dos dias de abertura ..75
- Figura 3. Potencial hidrogeniônico (pH) da silagem de sorgo forrageiro com aditivos em função dos dias de abertura.....78
- Figura 4. Temperatura ambiente e da silagem de sorgo forrageiro com aditivos e em função dos dias de abertura.....79

### Capítulo 6

- Figura 1. Concentração de ácidos graxos voláteis do fluído ruminal da dieta de bovinos substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo em função do tempo após a alimentação. ....134
- Figura 2. Potencial hidrogeniônico (pH) do fluído ruminal de bovinos alimentados com silagem de sorgo em substituição à silagem de milho em função do tempo após a alimentação. ....135
- Figura 3. Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) do fluído ruminal de bovinos alimentados com silagem de sorgo em substituição à silagem de milho em função do tempo após a alimentação. ....136

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 3

Tabela 1. Matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE) e taninos condensados (TC) da silagem de sorgo forrageiro com aditivos <i>in natura</i> e após ensilagem .....	40
Tabela 2. Frações fibrosas da silagem de sorgo forrageiro com aditivos <i>in natura</i> e após ensilagem .....	42
Tabela 3. Carboidratos totais (CT), carboidratos solúveis (CS) e fracionamento de carboidratos (A, B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> e C) da silagem de sorgo com aditivos <i>in natura</i> e após ensilagem .....	43
Tabela 4. Proteína bruta, nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH <sub>3</sub> /NT) e fracionamento de proteínas (A, B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> e C) da silagem de sorgo forrageiro com aditivos <i>in natura</i> e após ensilagem.....	45
Tabela 5. Ácidos orgânicos (mmol L <sup>-1</sup> ) da silagem de sorgo forrageiro com aditivos <i>in natura</i> e após ensilagem .....	47
Tabela 6. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca e dos nutrientes da silagem de sorgo forrageiro com aditivos <i>in natura</i> e após ensilagem.....	48

### Capítulo 4

Tabela 1. Avaliação agrônômica da cultivar de sorgo forrageiro AGRI 002E utilizada para ensilagem .....	72
Tabela 2. Valores médios das características químico-bromatológicas, das perdas e microbiológicas da silagem de sorgo forrageiro em função da incorporação de aditivos e dos dias de abertura.....	76
Tabela 3. Matéria orgânica (MO) na silagem de sorgo forrageiro com aditivos em função dos dias de abertura .....	77
Tabela 4. Perdas de efluentes (PE) e de gases (PG) na silagem de sorgo forrageiro em função dos dias de abertura.....	77
Tabela 5. Contagem das populações de bactérias ácido-láticas (BAL), enterobactérias e leveduras na silagem de sorgo forrageiro em função dos dias de abertura.....	80
Tabela 6. População de clostrídios (log UFC g <sup>-1</sup> ) na silagem de sorgo forrageiro com aditivos em diferentes dias de abertura .....	80
Tabela 7. Ocorrência de fungos (log UFC g <sup>-1</sup> ) na silagem de sorgo forrageiro com aditivos em diferentes dias de abertura .....	81

## Capítulo 5

Tabela 1. Composição química, digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) da matéria orgânica (DIVMO), fracionamento de carboidratos e proteínas dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais .....	100
Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais (g kg <sup>-1</sup> de MS) .....	101
Tabela 3. Discriminação dos custos por hectare para confecção da silagem .....	105
Tabela 4. Ingestão diária de matéria seca e dos nutrientes da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo .....	106
Tabela 5. Digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes (g kg <sup>-1</sup> de MS) da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo .....	106
Tabela 6. Produção e composição do leite da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo .....	107
Tabela 7. Excreções de derivados de purinas e síntese microbiana da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo .....	107
Tabela 8. Concentrações séricas da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo, antes e após a alimentação .....	109
Tabela 9. Análise econômica da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo .....	110

## Capítulo 6

Tabela 1. Composição química, digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS), da matéria orgânica (DIVMO), fracionamento de carboidratos e proteínas dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais .....	129
Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais (g kg <sup>-1</sup> de MS) .....	130
Tabela 3. Ingestão diária de matéria seca e dos nutrientes da dieta de bovinos substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo .....	133
Tabela 4. Digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes (g kg <sup>-1</sup> de MS) da dieta de bovinos substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo .....	133
Tabela 5. Ácidos graxos voláteis, potencial hidrogeniônico e nitrogênio amoniacal do fluido ruminal da dieta de bovinos substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo ....	134

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1 Alimentos alternativos para bovinocultura leiteira .....	16
2.2 Cultura do Sorgo .....	16
2.3 O Processo de ensilagem.....	18
2.4 Aditivos para silagem.....	22
2.5 Utilização da silagem de sorgo na alimentação de bovinos .....	23
2.6 Perfil metabólico em ruminantes.....	25
Referências Bibliográficas .....	26
3. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO AGRI 002E IN NATURA E ENSILADA COM ADITIVOS .....	34
3.1 Introdução.....	36
3.2 Material e Métodos.....	37
3.3 Resultados .....	40
3.4 Discussão.....	49
3.5 Conclusão .....	59
Referências Bibliográficas .....	59
4. PERFIL FERMENTATIVO E POPULAÇÕES MICROBIANAS DA SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO AGRI 002E COM ADITIVOS.....	67
4.1 Introdução.....	69
4.2 Material e Métodos.....	70
4.3 Resultados .....	75
4.4 Discussão.....	82
4.5 Conclusão .....	89
Referências Bibliográficas .....	89
5. SUBSTITUIÇÃO DA SILAGEM DE MILHO PELA SILAGEM DE SORGO NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM LACTAÇÃO .....	96
5.1 Introdução.....	98
5.2 Material e métodos .....	99
5.3 Resultados .....	105
5.4 Discussão.....	110
5.5 Conclusão .....	118
Referências Bibliográficas .....	118
6. DIGESTIBILIDADE DA MATÉRIA SECA E DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS ALIMENTADOS COM SILAGEM DE SORGO EM SUBSTITUIÇÃO A SILAGEM DE MILHO .....	125
6.1 Introdução.....	127
6.2 Material e métodos .....	128
6.3 Resultados .....	132
6.4 Discussão.....	136
6.5 Conclusão .....	141
Referências Bibliográficas .....	141
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	148

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de leite brasileira expandiu-se fortemente na última década, apresentando crescimento superior a 60%, elevando o país no patamar mundial de produção de leite, sendo atualmente o 4º maior produtor (LADEIRA, 2015). O aumento da produção está ligado ao aumento do número de animais ordenhados e ao aumento da eficiência dos sistemas produtivos. A melhora na qualidade, produção e produtividade dos animais é de fundamental importância para a inserção do Brasil no mercado mundial de lácteos (VILELA et al., 2017).

A nutrição é um dos pontos-chaves para a eficiência produtiva, visto que representa o maior custo de produção da atividade leiteira (MOREIRA et al., 2001), dessa forma, é necessário a disponibilidade de alimento com qualidade e em quantidade suficiente para atender a demanda nutricional dos animais, principalmente nas propriedades com maior tecnificação (BUMBIERIS JUNIOR et al., 2009).

O clima no Brasil apresenta condições favoráveis ao cultivo de pastagens ao longo do ano, entretanto, em algumas épocas a sazonalidade da produção de forragens provoca redução na disponibilidade de alimento, elevando os custos de produção, sendo necessárias alternativas suplementares (JOBIM et al., 2007; ZOUGMORÉ et al., 2016).

Uma das principais alternativas para armazenamento e conservação dos alimentos mantendo o valor nutritivo semelhante à planta fresca é a ensilagem, que consiste em preservar a forragem picada e/ou triturada, compactada em um silo por meio de fermentação anaeróbica.

Para obter-se uma silagem de qualidade, a forrageira deve apresentar elevado valor nutricional e potencial produtivo por área, apresentando características fermentativas essenciais a uma boa fermentação, ou seja, possuir um teor elevado de carboidratos solúveis (8-10%), baixo poder tampão (3%) e teor de matéria seca ao redor de 30 a 35% (ZHANG et al., 2015).

Dentre as forrageiras que apresentam as melhores características para a ensilagem destacam-se o milho (*Zea mays* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (ZAGO, 1991). O milho é a forrageira de maior destaque na produção de silagem, em virtude de sua elevada produção por área e principalmente por suas características produtivas e seu valor nutritivo. Porém, a cultura do milho é um produto nobre com elevado custo de produção por sua utilização em larga escala na alimentação de não ruminantes e na alimentação humana, sendo necessários alimentos alternativos que possam ser substitutos ao milho com valor nutritivo semelhante, entretanto com menor custo de produção.

O sorgo forrageiro é uma cultura adaptada às mais variadas mudanças edafoclimáticas, apresentando rusticidade, alta capacidade de perfilhamento e tolerância à deficiência hídrica, solos úmidos e de baixa fertilidade (DAN et al., 2010; TEETOR et al., 2011; SANI et al., 2011) o que favorece o seu uso nas mais variadas condições e regiões. Destaca-se, por ser uma cultura mecanizável do plantio à colheita, com elevado valor nutritivo e concentração de carboidratos solúveis (CS), alto rendimento de massa seca (MS) por área (NEUMANN et al., 2002), favorecendo a ocorrência da fermentação láctica, preconizada para uma boa silagem (VAN SOEST, 1994).

Assim sendo, a utilização de forragens alternativas é uma necessidade na produção animal. Diversos experimentos já conduzidos com vacas em lactação demonstraram que a substituição total da silagem de milho pela silagem de sorgo em dietas balanceadas não influenciou a produção e composição do leite (COLOMBINI et al., 2010; COLOMBINI et al., 2012; CATTANI et al., 2017).

A fermentação láctica é o processo que define a qualidade fermentativa da silagem, dessa maneira, proporcionar um ambiente anaeróbico, fonte de substrato e população de bactérias ácido-láticas é de fundamental importância para uma fermentação adequada. A limitação de alguma das características citadas anteriormente implica em perdas no processo fermentativo até fermentações indesejadas (fermentação butírica), provocado pela elevada presença de leveduras (OLIVEIRA et al., 2010), reduzindo a aceitabilidade e a ingestão por parte dos animais.

Visando diminuir esses riscos de perdas na silagem, surge a alternativa de realizar um pré-tratamento, com o uso de aditivos, visando assegurar superioridade no número de bactérias ácido-láticas e conseqüentemente fermentação desejável (McDONALD et al., 1991).

A hipótese do trabalho é a de que a incorporação de aditivos no material ensilado irá reduzir as populações indesejáveis de microrganismos, melhorar o processo fermentativo e incremento do valor nutritivo. Além disso, que a utilização da silagem do sorgo forrageiro na alimentação das vacas em lactação e de bovinos machos atende os requisitos necessários para manutenção e produção.

O sorgo forrageiro utilizado no presente trabalho é de uma variedade com elevada produção de massa por hectare, desenvolvida para ser utilizada na alimentação dos ruminantes, visto que apresenta elevada proporção de colmo, ocasionando altos teores de fibra na dieta. Justifica-se o estudo para avaliar a qualidade da fibra sobre os parâmetros fermentativos ao longo do armazenamento e sua degradabilidade e aproveitamento por parte do animal quanto aos parâmetros ingestivos, digestivos e produtivos.

A conservação de forragens surgiu como alternativa para suprir a demanda de alimento em períodos críticos, porém existem algumas lacunas que podem determinar a qualidade fermentativa do material armazenado. Desta maneira, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do uso de aditivos no perfil fermentativo e na qualidade da silagem do sorgo forrageiro e a sua utilização na alimentação de bovinos leiteiros em substituição à silagem de milho.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Alimentos alternativos para bovinocultura leiteira**

O emprego de alimentos alternativos na alimentação dos bovinos está se tornando uma prática frequente, visto que os alimentos habitualmente utilizados (milho e soja) são commodities agrícolas e apresentam grande oscilação de preços. O interesse no emprego de alimentos alternativos está atrelado principalmente à questão econômica, seja pela redução no custo da alimentação ou pela melhora na eficiência alimentar.

Um fator importante que define a utilização ou não de fontes alternativas é a disponibilidade na região, fornecendo uma maior diversidade de alimentos e maior flexibilidade para balancear a dieta, complementando ou substituindo os ingredientes já existentes, proporcionando um ajuste adequado e possibilitando maior eficiência produtiva (BARLETTA et al., 2012).

A utilização de fontes alimentares alternativas, principalmente o milho (grão e silagem) e soja (farelo), na alimentação de ruminantes, tem se tornado objeto de estudo sob vários aspectos (nutricionais e digestíveis dos alimentos), buscando determinar os melhores níveis de inclusão e/ou substituição nas dietas, buscando otimizar o desempenho produtivo, sem efeitos negativos sobre os parâmetros sanguíneos e ruminais, aprimorando a qualidade do produto final e a viabilidade econômica da sua utilização (OLIVEIRA et al., 2012).

### **2.2 Cultura do Sorgo**

O sorgo é uma planta nativa do Noroeste Africano, modificada cientificamente por gerações, apresentando mais de 7.000 genótipos e nomenclaturas distintas, com diferentes aptidões (KANGAMA & RUMEI, 2005). Os biotipos de sorgo são classificados pela sua taxionomia em (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), subespécie *bicolor*, constituído por um



genótipo diploide de 20 cromossomos, diferindo fenotipicamente de acordo com a origem e funcionalidade (KIMBER et al., 2013).

A cultura do sorgo é caracterizada como plantas de dias curtos com altas taxas de fotossíntese, espécies do grupo C4, necessitando de temperaturas superiores a 21°C para seu máximo desenvolvimento (MAGALHÃES et al., 2003).

O sorgo é o quinto cereal de maior importância na alimentação humana e animal em grande parte do território mundial, apresentando-se distribuído principalmente nas regiões semiáridas dos trópicos e subtropicais (PEERZADA et al., 2017), juntamente com as culturas do trigo (*Triticum spp*), arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*) e da cevada (*Hordeum vulgare*) (PATERSON, 2008; GIZZI & GAMBI, 2016; ZHONG et al., 2016; HAMZA et al., 2016).

Nos países africanos, sua maior utilização é na alimentação humana, por ser uma fonte importante de amido, ao contrário do Brasil, onde seu uso principal é necessariamente na alimentação animal, tanto na forma de grãos, incluso na formulação de rações de ruminantes e monogástricos, quanto na utilização da planta inteira (colmo, folha e panículas), sendo armazenado na forma de silagem ou realizado o pastejo pelos animais (BORGHI et al., 2013).

O sorgo forrageiro é uma cultura que se assemelha nutricionalmente e agronomicamente ao milho (PESCE et al., 2000), contudo, apresenta condições que favorecem sua utilização em áreas de baixa fertilidade e que são susceptíveis a déficits hídricos (BORBA et al., 2012).

O sorgo apresenta uma vasta quantidade de cultivares sendo dividido em quatro grupos principais: granífero, forrageiro, sacarino e vassoura. O sorgo granífero caracteriza-se por apresentar plantas de baixa estatura com presença de panícula e elevada produção de grãos. O sorgo forrageiro é caracterizado por plantas de porte alto, podendo atingir quatro metros, com presença ou ausência de panícula e baixa produção de grãos, utilizado principalmente na produção de silagem, fenação, pastejo e cobertura de solo. O terceiro grupo também se assemelha ao sorgo forrageiro, porém, pela característica de possuir elevados teores de carboidratos solúveis é comumente utilizado na produção de açúcar e álcool. O grupo denominado de vassoura tem finalidade artesanal, cujas panículas são apropriadas para confecção de vassouras, como o nome sugere (RIBAS, 2010).

Segundo Von Pinho et al. (2010), existe um intermediário entre os sorgos denominados de granífero e forrageiro, pois apresentam porte médio e elevada produção de grãos, possuindo alta qualidade no material produzido, sendo caracterizado como sorgo de duplo propósito ou sorgo forrageiro de alta qualidade.

A cultura do sorgo forrageiro apresenta características agronômicas que o difere na sua classificação em sorgo de porte alto com elevada produção de matéria verde e baixa produção de grãos (<10%), apresentando ciclo fenológico longo; sorgo de porte médio ou duplo propósito com menor produção de massa, porém, produção intermediária de grãos (30%) em sua constituição; e sorgo granífero de baixo porte, com baixa produção de massa e elevada produção de grãos (60%) (CÂNDIDO et al., 2002).

O sorgo AGRI 002E é um novo híbrido de sorgo de genética boliviana (AGRICOMSEEDS) com finalidade de duplo propósito, servindo como cobertura de solo e alternativa alimentar animal na forma de silagem. Tem como principais características agronômicas o porte elevado (3,5-4m), perfilhamento e fotossensibilidade, requerendo dias de maiores horas-luz para o não florescimento, visto que é uma variedade com inexpressível produção de grãos (CARAFFA, et al., 2017).

O híbrido surge como uma alternativa alimentar interessante, devido às suas características agronômicas e nutricionais apresentarem parâmetros necessários para um processo fermentativo de qualidade, que determinam adequado teor de MS, alta concentração de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão (FERNANDES et al., 2009). O ciclo fenológico apresenta variação de 100 a 120 dias.

### **2.3 O Processo de ensilagem**

Os volumosos são um componente essencial na dieta dos ruminantes, principalmente nos bovinos leiteiros, visto que representam a maior parte da matéria seca consumida e a principal fonte de fibra para a ruminação e manutenção das condições adequadas do trato gastrointestinal (COSTA et al., 2005).

A Região Sul do Brasil apresenta clima subtropical, característico por apresentar verões quentes e chuvosos sem estação seca definida e baixa frequência de geadas, contribuindo para que ocorra a estacionalidade das pastagens (CAVIGLIONE et al., 2000), caracterizado por períodos de elevada disponibilidade e qualidade da forragem com períodos de comprometimento no crescimento forrageiro.

Uma alternativa difundida entre os produtores para atenuar os efeitos da escassez de alimento e tornar a produção sustentável é conservar o excedente de forragem produzido em períodos de abundância, para posterior utilização na alimentação dos animais em épocas de escassez. Outro fator que contribui para o crescimento da conservação de alimentos é a substituição dos sistemas leiteiros extensivos por sistemas intensivos, buscando maximizar a

produção leiteira dos animais, visto que a exigência do animal aumenta e faz-se necessário o uso de alimentos de qualidade ao longo de todo o ano (RODRIGUES, 2006).

A prática da conservação consiste em manter a qualidade nutricional dos alimentos com o mínimo de perdas possíveis para posterior utilização (NEUMANN et al., 2010). As principais alternativas utilizadas para conservar os volumosos são a fenação, por meio de desidratação da planta, e o processo de ensilagem realizado por bactérias ácido-láticas (BAL) que fermentam o material sem a presença de oxigênio, reduzindo o seu pH para inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, preservando o material por um longo período (GIMENES et al., 2005).

O processo de fermentação do material ensilado caracteriza-se propriamente em quatro fases. A primeira fase é a aeróbia, com duração curta de algumas horas, onde ocorre o consumo do oxigênio atmosférico presente devido à respiração celular da forragem ensilada. Paralelamente, ocorre a ação dos microrganismos aeróbios (fungos, leveduras e bactérias) e de enzimas da planta (proteases e carboidratases) que consomem os carboidratos solúveis resultando na produção de calor, água e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Após o fechamento, inicia-se a fase de fermentação realizada pelas bactérias ácido-láticas (BAL), microrganismos autóctones que necessitam de condições ideais de temperatura, pH (3,8-5,0) e fonte de substrato no material ensilado para poder colonizar e dar início à fermentação. Com a ausência de oxigênio no ambiente, os microrganismos convertem os açúcares presentes na forragem (glicose, frutanos e frutose) em ácidos orgânicos (lático, acético, butírico e propiônico) ocasionando a queda do pH (SANTOS et al., 2010).

A fermentação normalmente varia entre 10 e 14 dias, sendo dependente do teor de carboidratos solúveis, capacidade tampão e teor de matéria seca do material ensilado (VAN SOEST, 1994). Passado esse período fermentativo, as BAL vão diminuir lentamente tornando-se inativas em razão da redução do pH e da fonte de substrato (ROTZ & MUCK, 1994).

A terceira fase é a estabilidade, que consiste em manutenção do pH ácido e da anaerobiose, impedindo a ação de microrganismos e fermentações indesejáveis na silagem até o momento de abertura.

Finalmente, a última fase é a de degradação aeróbica que ocorre pós-abertura do silo. O material é exposto ao oxigênio, contribuindo para o desenvolvimento e ação de leveduras e bactérias acéticas que degradam os ácidos orgânicos. Ocorre elevação do pH, aumento de temperatura e ação de microrganismos facultativos (fungos e enterobactérias) promovendo putrefação do material ensilado (SANTOS & ZANINE, 2006).

A qualidade da silagem é determinada pelo processo de conservação promovido pela microflora presente. Os microrganismos encontrados nesta são divididos de maneira geral em dois grupos: microrganismos desejáveis (bactérias lácticas) que produzem os ácidos orgânicos e os indesejáveis (*Clostridium* sp., enterobactérias, leveduras e fungos aeróbios) que ocasionam perdas de MS e comprometem a qualidade e o consumo de silagem pelos animais (McDONALD et al., 1991).

A população de BAL que compõe a microflora da silagem é geralmente pertencente aos gêneros *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* e *Streptococcus* (PAHLOW et al., 2003). Sua proliferação ocorre quando há disponibilidade de conteúdo celular (açúcares) e ambiente anaeróbico, reduzindo o pH, inibindo a ação de microrganismos que competem pelo substrato e iniciando os processos fermentativos que originam os ácidos orgânicos (MUCK, 1988). Além dos carboidratos solúveis, as BAL necessitam de aminoácidos e vitaminas para que ocorra maior desenvolvimento e consequente inibição de microrganismos indesejáveis (PAHLOW et al., 2003).

De forma geral, estas são caracterizadas em dois grupos conforme seus produtos a partir da fermentação da glicose, podendo ser homofermentativas, responsáveis pela produção de ácido láctico, e heterofermentativas, que juntamente com o ácido láctico produzem etanol, dióxido de carbono e ácido acético (TOMICICH et al., 2003).

Existem determinados microrganismos considerados indesejáveis na silagem. Estes se desenvolvem quando o material ensilado apresenta baixo teor de matéria seca e de carboidratos solúveis, elevada capacidade de tamponamento, temperatura e pH elevados e reduzida população de BAL. Os clostrídios são os principais microrganismos responsáveis por uma silagem com má fermentação, apresentando pH elevado, produção de ácido butírico e amônia e influenciando no consumo dos animais (JOBIM et al., 1997).

As bactérias do gênero *Clostridium* são classificadas em sacarolíticas, quando realizam a fermentação de carboidratos solúveis resultando na produção de ácido butírico, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e hidrogênio; em proteolíticas quando degradam aminoácidos em amônia e aminas; e sácaro-proteolíticas que promovem fermentação e proteólise resultando na produção de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) (SANTOS et al., 2013).

As enterobactérias são bacilos gram-negativos anaeróbios facultativos e se desenvolvem nos primeiros dias após o fechamento do silo quando o pH do material ensilado se encontra elevado. As enterobactérias fermentam os açúcares disponíveis diminuindo a disponibilidade de substrato para as BAL, reduzindo a produção de ácidos orgânicos e consequentemente a qualidade da silagem.

Outra consequência significativa da presença de enterobactérias é a degradação de proteínas, pois resulta em produção de aminas e ácidos graxos ramificados influenciando diretamente na palatabilidade, valor nutricional da silagem e reduzindo o consumo voluntário dos animais (SÁ NETO, 2012). Entretanto, a atividade dessas bactérias fica restrita a pH superior a 5,0, dessa forma uma rápida acidificação do meio contribui para inibição da ação das enterobactérias (MUCK, 1996).

As leveduras têm elevada importância na qualidade da silagem em condições de aerobiose, pois seu desenvolvimento abrange uma ampla faixa de pH (3,5 a 6,5) (ARCHUNDIA & BOLSEN, 2001). Atuam na degradação de ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico, cítrico, málico) e na fermentação dos açúcares remanescentes produzindo etanol, elevando o pH e propiciando condições para desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (McDONALD et al., 1991).

Os fungos são estritamente aeróbios e desenvolvem-se principalmente em locais onde há presença de oxigênio durante o armazenamento e na abertura do silo (EL-SHANAWANY et al., 2005), principalmente quando o ambiente propicia as condições necessárias para o seu desenvolvimento que são: calor, umidade, pH elevado, substrato, presença de O<sub>2</sub> e uma deterioração aeróbia elevada provocada por leveduras e bactérias aeróbias (ARCHUNDIA & BOLSEN, 2001).

A ação dos fungos na silagem acarreta reações de oxidação do material, consumindo substratos e gerando calor e CO<sub>2</sub> (BERNARDES et al., 2009). Tais processos aumentam as perdas de MS, reduzem o teor energético e a palatabilidade, principalmente pela degradação das proteínas e carboidratos (ARCURI et al., 2003; MUCK et al., 2013). Outro problema ocasionado pela presença de fungos no silo é a produção de micotoxinas, principalmente quando os mesmos estão em situação de estresse, liberando essa substância para sua defesa, acarretando problemas para os animais que irão consumir a silagem (MAHANNA, 1994).

O processo fermentativo é condicionado por uma série de fatores que irão definir a qualidade do produto em relação ao material ensilado. A determinação do perfil fermentativo é uma forma de supor quais microrganismos atuaram no processo, qual tipo de fermentação ocorreu e quais os produtos oriundos. Entretanto, os processos são dependentes do tipo de material utilizado, forma de colheita e armazenamento, emprego de aditivos, velocidade do processo e da posterior retirada da silagem para fornecimento aos animais (KUNG JUNIOR & SHAVER, 2001).

As análises do perfil fermentativo, microbiológicas e as análises químicas padrões contribuem para explicar os baixos valores nutritivos da silagem e o baixo consumo dos

animais, sendo que o conteúdo de carboidratos, proteínas e ácidos orgânicos influenciam diretamente o comportamento alimentar e a ingestão de matéria seca (OLIVEIRA et al., 2017).

## **2.4 Aditivos para silagem**

A ensilagem propriamente dita é um processo utilizado para armazenar e preservar o alimento, com o mínimo de perdas do valor nutritivo da forragem. Quando as condições de elaboração, armazenagem e retirada do material não são adequadas, podem ocasionar perdas dos nutrientes ocasionados por fermentações indesejáveis e até riscos a sanidade dos animais (VIEIRA et al., 2004).

A cultura do milho e do sorgo, culturas comumente utilizadas para ensilagem, apresentam condições ideais para ensilagem (elevados teores de matéria seca, e de carboidratos solúveis em água e baixo poder tampão), entretanto, devido à demora ou falhas durante as fases do processo fermentativo, torna-se necessário a utilização de aditivos para reduzir as perdas e estimular a fermentação desejada, para preservar a qualidade do alimento (PERAZZO et al., 2017).

Uma característica peculiar da cultura do sorgo é apresentar teores de carboidratos solúveis superiores às concentrações mínimas necessárias para uma boa fermentação (NEUMANN et al., 2010). Dessa maneira, esse excesso de carboidratos solúveis e de ácido lático serve de substrato para o desenvolvimento e predominância de fungos filamentosos e leveduras, que em contato com o oxigênio deterioram o material ensilado (Reação de Maillard), ocasionando baixa estabilidade aeróbica e perdas de MS e nutrientes (JOBIM et al., 2007).

A utilização dos aditivos na silagem tem por finalidade preservar o alimento, reduzindo as perdas de nutrientes e consequente benefício ao desempenho animal (KUNG JUNIOR, 2009). Os aditivos são caracterizados pelos seus efeitos na preservação da silagem, sendo estimulantes de fermentação desejada, inibidores de fermentações secundárias, inibidores da deterioração aeróbica, aditivos nutrientes e absorventes (McDONALD, 1991; KUNG JUNIOR et al., 2003).

Schmidt et al. (2014) propuseram três grupos de aditivos, geralmente utilizados no Brasil: aditivos químicos, microbianos e sequestrantes de umidade. Os aditivos microbianos podem ser caracterizados como bactérias lácticas homofermentativas ou heterofermentativas, podendo estar isoladas ou associadas (MUCK et al., 2018).

Ensaios com vacas em lactação demonstraram que a inoculação da silagem com bactérias lácticas homofermentativas e/ou heterofermentativas ocasionou elevação na produção de leite, no desempenho e na eficiência de produção (OLIVEIRA et al., 2017).

A melhora no desempenho animal ocasionado pela inoculação é uma incógnita, pois alguns estudos apontam que a inoculação da silagem não modifica o perfil fermentativo em relação ao material não inoculado, porém, apresenta melhorias na produtividade animal (KUNG JUNIOR & MUCK, 2015). Por outro lado, a inoculação influencia positivamente o perfil fermentativo da silagem, juntamente com melhora na produção animal (MUCK et al., 2013). Dessa forma, surgiram hipóteses de que a inoculação ocasiona inibição do crescimento de microrganismos prejudiciais que produzem toxinas e refletem negativamente na palatabilidade da silagem (ELLIS et al., 2016) e ocorre interação entre as bactérias ácido lácticas da silagem com os microrganismos ruminais otimizando a digestão dos nutrientes (WEINBERG et al., 2003).

Recomenda-se a utilização dos aditivos em forragens que apresentem características limitantes ao processo fermentativo da silagem (YITBAREK & TAMIR, 2014). O sorgo juntamente com o milho são as culturas consideradas padrão para o processo de ensilagem, entretanto, algumas variedades de sorgo apresentaram alto teor de carboidratos solúveis.

A ureia é um aditivo indicado para controlar o pH da silagem, aumentar a recuperação de matéria seca e manter a estabilidade aeróbica, evitando a rápida diminuição do pH e inibindo o crescimento de microrganismos (fungos filamentosos e leveduras) responsáveis pelas fermentações indesejáveis (FERNANDES et al., 2009; ARAKI et al., 2017). Além disso, pode ser considerada como um aditivo nutriente, pois contribui no aumento do valor nutritivo do material ensilado (VIEIRA et., 2004).

## **2.5 Utilização da silagem de sorgo na alimentação de bovinos**

A bovinocultura de leite e de corte é condicionada à utilização de volumosos, visto que a fração fibrosa tem papel importante na manutenção da flora ruminal e no fornecimento de energia com baixo custo. O consumo voluntário do animal e os mecanismos de digestão estão diretamente relacionados às características físicas e químicas do alimento, sendo o desempenho do animal dependente da energia digestível oriunda do alimento que é consumida (REIS et al., 2012).

Nutricionalmente, possuir informações sobre a digestão ruminal das forragens é indispensável, visto que é o compartimento responsável pela digestão da porção fibrosa para fornecimento de nutrientes para a resposta microbiana e do animal (DETMANN et al., 2005).

A silagem é uma das alternativas mais difundidas como forma de armazenar o alimento volumoso para os ruminantes, pela minimização das perdas após a colheita, facilidade de manuseio e mistura com demais ingredientes da dieta dos animais (MAHANNA & CHASE, 2003).

A determinação da composição química e propriedades físicas da silagem é essencial para o balanceamento da dieta dos animais (HEINRICHS & KONONOFF, 2013), visto que tais parâmetros como conteúdo de amido, proteína e fibra são determinantes nos produtos finais da fermentação, influenciando no consumo de matéria seca e no desempenho animal (OLIVEIRA et al., 2017).

Segundo Oba & Allen (2000) o conteúdo, a digestibilidade e o tamanho das partículas da fibra são responsáveis diretamente pela quantidade de alimento a ser ingerido pelo animal, bem como pela eficiência na produção leiteira. À medida que ocorre aumento do FDN da dieta, normalmente a resposta dos animais é aumentar o tempo de consumo e a seleção do alimento fornecido, entretanto, em dietas com maior digestibilidade do FDN ocorre redução no tempo de mastigação (BEAUCHEMIN, 1991).

A silagem de sorgo é uma alternativa eficiente como fonte de volumoso, pela sua elevada resistência a déficits hídricos, principalmente em regiões que apresentam riscos à produção de silagem de milho (CONTRERAS-GOVEA et al., 2010; PERAZZO et al., 2013), maior rendimento de biomassa que a cultura do milho, alto valor nutricional e baixo custo de produção (PEERZADA et al., 2017).

No entanto, a utilização da silagem de sorgo para vacas de alta produção é um desafio a ser superado, pois é característico da cultura do sorgo apresentar altas concentrações de FDN e lignina, que influenciam no consumo dos animais (CONTRERAS-GOVEA et al., 2010). Dessa maneira, estudos recentes (BERNARD & TAO, 2015; KHOSRAVI et al., 2018; CATTANI et al., 2017) tem pesquisado híbridos de sorgo que apresentem melhor digestibilidade da fibra beneficiando o consumo dos animais, principalmente animais de alta produção.

Recentemente, diversos experimentos avaliando a substituição parcial ou total da silagem de milho pela silagem de sorgo para vacas de alta produção tem-se mostrado eficientes, não afetando a produção, nem a composição do leite (COLOMBINI et al., 2010; COLOMBINI et al., 2012; CATTANI et al., 2017).



Outro quesito presente nas variedades de sorgo é a presença de compostos fenólicos, a exemplo dos taninos, que podem ser associados a efeitos adversos (fatores antinutricionais), reduzindo o CMS, a produção de leite e a digestibilidade da proteína (OLIVEIRA et al., 2007). Dessa forma, o desenvolvimento de variedades com baixos teores de taninos, melhor digestibilidade e degradabilidade da fibra, são alternativas para otimizar a oferta de nutrientes para os animais (ZHANG et al., 2015; CAMPANILI et al., 2017).

## **2.6 Perfil metabólico em ruminantes**

A intensificação da produção com rebanhos leiteiros de alta produção necessita de um correto balanço nutricional, principalmente nos períodos em que o animal apresenta as maiores necessidades nutricionais (fase inicial de lactação). Na fase inicial, até o animal atingir o pico de lactação devido ao consumo deprimido de alimento, o mesmo acaba mobilizando suas reservas corporais para suprir os requerimentos metabólicos, dessa maneira, quando os nutrientes ingeridos (glicídios, proteínas, minerais, água) não estão em conformidade com a sua necessidade, ocorre um desequilíbrio no organismo ocasionando as chamadas doenças metabólicas (WITTWER, 2000), resultando em distúrbios na integridade fisiológica e morfológica do fígado (OVERTON & WALDRON, 2004; BOBE, 2004).

Uma forma de avaliar a utilização dos alimentos na dieta dos animais é determinar o perfil metabólico relacionado ao funcionamento hepático principalmente pela concentração sérica das enzimas alanina amino transferase, aspartato amino transferase, gama glutamil transferase e fosfatase alcalina.

A função hepática em vacas leiteiras pode ser avaliada através de uma variedade de enzimas, dentre elas a gama glutamiltransferase (GGT), alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), fosfatase alcalina (ALP) e concentrações de bilirrubina total no sangue (STOJEVIĆ et al., 2005; KANEKO et al., 2008).

A avaliação do perfil metabólico consiste em realizar análises de constituintes bioquímicos sanguíneos que fornecem informações para avaliação e prevenção de problemas metabólicos e nutricionais em rebanhos leiteiros (GROSS et al., 2011; PUPPEL & KUCZYNSKA, 2016), verificando a adaptação do organismo aos alimentos ingeridos através do metabolismo energético, proteico e mineral (GONZALEZ, 1997). Os parâmetros bioquímicos, a produção e qualidade do leite são variáveis de grande importância, apresentando grande variabilidade nos resultados (JOZWIK et al., 2012).

Os valores determinados de glicose, frutossaminas, insulina, ácidos graxos não-esterificados (NEFA),  $\beta$ -hidroxibutirato (BHBA), colesterol, enzimas e proteínas são exemplos de parâmetros sanguíneos que refletem o status nutricional da vaca de leite (STENGARDE et al., 2008).

### Referências Bibliográficas

- ARAKI, H.M.C.; OLIVEIRA, E.R.; GANDRA, J.R.; GOES, R.H.T.B.; TAKIYA, C.S.; JACAÚNA, A.G.; OLIVEIRA, K.M.P.; VASQUES, D.N.; BRANDÃO CONSOLO, N.R.; DEL VALLE, T.A.; DUAN ORBACH, N. 2017. Association of biological and chemical additives on nutrient composition, total losses, microbiological and fermentative profile of sugarcane silage. **Iranian Journal of Applied Animal Science**. 7:577-584.
- ARCHUNDIA, M.E.U.; BOLSEN, K.K. 2001. Aerobic deterioration of silage: processes and prevention. In: Proceedings of Alltech's 17<sup>th</sup> Annual Symposium. **Thrumpton Nottingham**. UK. p.127-144.
- ARCURI, P.B.; CARNEIRO, J.C.; LOPES, F.C.F. 2003. Microrganismos indesejáveis em forragens conservadas: efeito sobre o metabolismo de ruminantes. In: VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: VALOR ALIMENTÍCIO DE FORRAGENS, 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal/SP: FUNEP. p.51-69.
- BARLETTA, R.V.; RENNÓ, F.P.; GANDRA, J.R.; FREITAS JUNIOR, J.E.; VERDURICO, L.C.; MINGOTI, R.D.; VILELA, F.G. 2012 Blood parameters and performance of dairy cows fed with whole raw soybean. **Archivos de Zootecnia**. 61:483-492.
- BEAUCHEMIN, K.A. 1991. Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**. 7:439-463.
- BERNARD, J.K.; TAO, S. 2015. Short communication: Production response of lactating dairy cows to brachytic forage sorghum silage compared with corn silage from first or second harvest. **Journal of Dairy Science**. 98:8994-9000.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; AMARAL, R.C. 2009. Chemical and microbiological changes and aerobic stability of marandu grass silages after silo opening. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 38(1):1-8, 2009
- BOBE, G.; YOUNG, J.W.; BEITZ, D.C. 2004. Pathology, etiology, prevention, treatment of fatty liver in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 87:3105-3124.
- BORBA, L.F.P.; FERREIRA M.A.; GUIM, A.; TABOSA, J.N.; GOMES, L.H.S; SANTOS, V.L.F. 2012. Nutritive value of different silage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivars. **Acta Scientiarum**. 4(2):123-129.

- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; NASCENTE, A.S.; SOUSA, V.V.; MARTINS, P.O.; MATEUS, G.P.; COSTA, C. 2013. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. **European journal of agronomy**. 51:130-139.
- BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; DIAS, F.J.; KAZAMA, R; ZAMBOM, M.A.; ARRUDA, D.S.R.; ARTIBANO, V. 2007. Produção e qualidade do leite de vacas da raça Holandesa alimentadas com silagens de grama estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst). **Acta Scientiarum, Animal Sciences**. 29(1):71-78.
- CAMPANILI, P.R.B.; SARTURI, J.O.; BALLOU, M.A.; TROJAN, S.J.; SUGG, J.D.; OVINGE, L.A.; ALRUMAIH, A.U.; PELLARIN, L.A.; HOFFMAN, A.A. 2017. Effects of silage type and inclusion level on ruminal characteristics and feeding behavior of steers fed finishing diets. **Journal of Animal Science**. 95:4623-4637.
- CÂNDIDO, M.J.D.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. 2002. Características fermentativas e potencial biológico de silagens de híbridos de sorgo cultivados com doses crescentes de adubação. **Revista Ceres**. 49:151-167.
- CARAFFA, M.; RIFFEL, C.T.; CARNEIRO, E.A.; ZAWACKI, M.E.; WITCZAK, G.P. 2017. Ensaio Estadual de avaliação de genótipos de sorgo silageiro-sacarino, Três de Maio, RS, na safra 2016/17. **Anais...** 45º Reunião Técnica Anual da Pesquisa do sorgo. p.182-185.
- CATTANI, M.; GUZZO, N.; MANTOVANI, R.; BAILONI, L. 2017. Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. 8:1-15.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. 2000. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, CD.
- COLOMBINI, S., GALASSI, G.; CROVETTO, G.M.; RAPETTI, L. 2012. Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. **Journal of Dairy Science**. 95(8):4457-4467.
- COLOMBINI, S.; RAPETTI, L.; COLOMBO, D.; GALASSI, G.; CROVETTO, G.M. 2010. Brown midrib forage sorghum silage for the dairy cow: Nutritive value and comparison with corn silage in the diet. **Italian Journal of Animal Science**. 9:273-277.
- CONTRERAS-GOVEA, F.; MARSALIS, M.A.; LAURIAULT, L.M.; BEAN, B.W. 2010. Forage sorghum nutritive value: A review. **Forage Grazinglands**. 8:1.
- COSTA, M.G.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, VALADARES, R.F.D.; MENDONÇA, S.S.; SOUZA, D.P.; TEIXEIRA, M.P. 2005. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 34:2437-2445.
- DAN, H.A.; CARRIJO, M.S.; CARNEIRO, D.F.; COSTA, K.A.P.; SILVA, A.G. 2010. Desempenho de plantas de sorgo granífero sobre condições de sombreamento. **Acta Scientiarum Agronomy**. 32:675-679.

- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; P.R.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; GONÇALVES, L.C.; VALADARES, R.F.D. 2005. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e dos compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 34(4):1380-1391.
- ELLIS, J.L.; HIND RICHSEN, I.K.; KLOP, G.; KINLEY, R.D.; MILORA, N. BANNINK, A.; DIJKSTRA, J. 2016. Effects of lactic acid bacteria silage inoculation on methane emission and productivity of Holstein Friesian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 99:71597174.
- EL-SHANAWANY, A.A.; MOSTAFA, M. E.; BARAKAT, A. 2005. Fungal populations and Mycotoxins in silage in Assuit and Sohag governorates in Egypt, with special reference to characteristic Asperigilli toxins. **Mycopathologia**. 159(2):281-289.
- FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVINDO, C.S. 2009. Forage sorghum silage with added urea in two storage periods. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 38:2111-2115.
- GIMENES, A.L.G.; MOREIRA, F.B.; MIZUBUTI, I.Y.; PEREIRA, E.S. 2005. Efeitos da utilização de inoculantes em silagens de forrageiras sobre os teores de proteína e fibra, digestibilidade dos nutrientes, pH, fermentação e estabilidade aeróbia. **Semina: Ciências Agrárias**. 26(4):601-610.
- GIZZI, G.; GAMBIN, B.L. 2016. Eco-physiological changes in sorghum hybrids released in Argentina over the last 30 years. **Field Crops Research**. 188:41-49.
- GONZALES, F.H.D. 1997. O perfil metabólico no estudo de doenças da produção em vacas leiteiras. **Arquivo da Faculdade Veterinária UFRGS**. 25(02):13-33.
- GROSS, J.; VAN DORLAND, H.A.; BRUCKMAIER, R.M.; SCHWARZ, F.J. 2001. Performance and metabolic profile of dairy cows during a lactation and deliberately induced negative energy balance with subsequent realimentation. **Journal of Dairy Science**. 94:1820-1830.
- HAMZA, N.B.; SHARMA, N.; TRIPATHI, A.; SANAN-MISHRA, N. 2016. MicroRNA expression profiles in response to drought stress in *Sorghum bicolor*. **Gene Expression Patterns**. 20:88-98.
- HEINRICHS, J.; KONONOFF, P.J. 2013. **Penn State Particle Separator**. DSE 2013–186. Department of Dairy and Animal Science, Penn State University, University Park. <<https://extension.psu.edu/penn-state-particle-separator>>. Acesso: out./2018.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36:101-119. Supl.
- JOBIM, C.C.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. 1997. Presença de microrganismos na silagem de grãos úmidos de milho ensilado com diferentes proporções de sabugo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 32(2):201-204.

- JOZWIK, A.; STRZALKOWSKA, N.; BAGNICKA, E.; GRZYBEK, W.; KRZYZEWSKI, J.; POLOWSKA, E.; KOLATAJ, A.; HORBANCZUK, J.O. 2012. Relationship between milk yield, stage of lactation, and some blood serum metabolic parameters of dairy cows. **Czech Journal of Animal Science**. 57(8):353-360.
- KANEKO, J.J., HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. 2008. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6th Ed. Elsevier Academic, Amsterdam. 356-365.
- KANGAMA, C.O.; RUMEI, X. 2005. Introduction of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) into China. **African Journal Biotechnology**. 4:575-579.
- KHOSRAVI, M.; ROUZBEHAN, Y.; REZAEI, M.; REZAEI, J. 2018. Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 101:1-9.
- KIMBER, C.T.; DAHLBERG, J.A.; KRESOVICH, S. 2013. The gene pool of *Sorghum bicolor* and its improvement. **Genomics of the Saccharinae**. 23-41.
- KUNG JUNIOR, L. **Effects of microbial additives in silages: facts and perspectives**. 2009. In: ZOPOLLATTO, M.; MURARO, G.B.; NUSSIO L.G. (Eds.). International Symposium on Forage Quality and Conservation. p.7-22.
- KUNG JUNIOR, L.; TAYLOR, C.C.; LYNCH, M.P.; NEYLON, J.M. 2003. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 86(1):336-43.
- KUNG JUNIOR, L.; SHAVER, R. 2001. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. **Focus on forage**. 3(13).
- KUNG JUNIOR, L.; MUCK, R.E. 2015. **Silage additives: Where are we going?** p.72-81 in DANIEL, J.L.P.; MORAIS, G.; JUNGES, D.; NUSSIO, L.G. (Eds.). International Silage Conference.
- LADEIRA, M.M. 2015. **Cenário da bovinocultura: guia de estudos**. Lavras: Editora da UFLA. 115p.
- MAGALHAES, P.C.; DURAES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. 2003. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: MG. EMBRAPA CNPMS, 4p. (Boletim técnico-86).
- MAHANNA, B. 1994. Proper management assures high-quality feeds. **Feedstuffs**. 10:12-56.
- MAHANNA, W.; CHASE, L.E. 2003. Practical applications and solutions to silage problems. Silage Science and Technology. **Agronomy Monograph**. 42: 855-895.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.; HERON, S.J.E. 1991. **The biochemistry of the silage**. 2nd. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 340p.
- MOREIRA A.L.; PEREIRA, O.G.; GARCIA R.; VALADARES FILHO, S.C; CAMPOS, J.M.S.; SOUZA, V.G.; ZERVOUDAKIS, J.T. 2001. Produção de leite, consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, pH e concentração de amônia ruminal em vacas

- lactantes recebendo rações contendo silagem de milho e fenos de alfafa e de capim Coastcross. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 30(3):1089-1098. Supl.
- MUCK, R.E. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal Dairy Science**. 71(11): 2992-3002.
- MUCK, R.E. 1996. Silage Inoculation: inoculation of silage and its effect on silage quality. In: CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES. Madison. **Proceedings...** Madison-US. p.43-51.
- MUCK, R.E.; NADEAU, E.M.G.; McALLISTER, T.A.; CONTRERAS-GOVEA, F.E.; SANTOS, M.C.; KUNG JUNIOR, L. 2018. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. **Journal of Dairy Science**. 101:3980-4000.
- MUCK, R.E.; WEINBERG, Z.G.; CONTRERAS-GOVEA, F.E. 2013. Silage extracts used to study the mode of action of silage inoculants in ruminants. **Agricultural and Food Science**. 22:108-114.
- NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; REINERH, L.L.; DURMAN, T. 2010. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. 3(2):187-195.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L.; PELLEGRINI, L.G.; FREITAS, A.K. 2002. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**. 31(1):293-301.
- OBA, M.; ALLEN, M.S. 2000. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. **Journal of Dairy Science**. 83:1333-1341.
- OLIVEIRA, A.S.; WEINBERG, Z.G.; OGUNADE, I.M.; CERVANTES, A.A.P.; ARRIOLA, K.G.; JIANG, Y.; KIM, D.; LI, X.; GONÇALVES, M.C.M.; VYAS, D.; ADESOGAN, A.T. 2017. Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 100:4587-4603.
- OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; ALMEIDA, V.V.; PEIXOTO, C.A.M. 2010. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39(1):61-67.
- OLIVEIRA, R.L.; LEÃO, A.G.; RIBEIRO, O.L.; BORJA, M.S.; PINHEIRO, A.A.; OLIVEIRA, R.L.; SANTANA, M.C.A. 2012. Subprodutos da indústria de biodiesel utilizados na alimentação de ruminantes. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**. 25(4):625-638.
- OLIVEIRA, S.G., BERCHIELLI, T.T.; PEDREIRA, M.D.; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.; LIMA, M.A. 2007. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**. 135:236-248.

- OVERTON, T.R.; WALDRON, M.R. 2004. Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health. **Journal of Dairy Science**. 87:105-119.
- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; SPOELSTRA, S.F. 2003. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. p.31-93.
- PATERSON, A.H. 2008. Genomics of sorghum. **International journal of plant genomics**. 1-7.
- PEERZADA, A.M.; ALI, H.; HANIF, Z.; BAJWA, A.A.; KEBASO, L.; FRIMPONG, D.; IQBAL, N.; NAMUBIRU, H.; HASHIM, S.; RASOOL, G.; MANALIL, S. 2017. Ecology, impact, and management of *Sorghum halepense* (L.). **Biological Invasions**. 16:1-9.
- PERAZZO, A.F.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, E.M.; BEZERRA, H.F.C., SILVA, T.C., PEREIRA, G.A.; RAMOS, R.C.S.; RODRIGUES, J.A.S. 2017. Agronomic evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions. **Frontiers in Plant Science**. 8:1088.
- PERAZZO, A.F.; SANTOS, E.M.; PINHO, R.M.A.; CAMPOS, F.S.; RAMOS, J.P.F.; AQUINO, M.M.; SILVA, T.C. 2013. Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. **Ciência Rural**. 43(10):1771-1776.
- PESCE, D.M.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I. 2000. Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), de portes médio e alto, pertencentes ao ensaio nacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 29(4):978-987.
- PUPPEL, K.; KUCZYŃSKA, B. 2016. Metabolic profiles of cow's blood: a review. **Journal of the science of food and agriculture**. 96(13):4321-4328.
- REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C.; OLIVEIRA, A.A.; AZENHA, M.V.; CASAGRANDE, D.R. 2012. Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 13(3):642-655.
- RIBAS, M.N. **Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes bmr - portadores de nervura marrom**. 2010. 140f. Tese (Doutorado em zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.
- RODRIGUES, J.A.S. 2006. **Produção e utilização de silagem de sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo, 14p.
- ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In: Fahey Jr., G.C. **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison. American Society of Agronomy. p.828-868.
- SÁ NETO, A. 2012. **Caracterização microbiológica, parâmetros fermentativos e estabilidade aeróbia em silagens de forragens tropicais com aditivos microbianos**.

- 114f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SANI, B.M.; DANMOWA, N.M.; SANI, Y.A.; JALIYA, M.M. 2011. Growth, yield and water use efficiency of maize-sorghum intercrop at Samaru, Northern Guinea Savannah, Nigeria. **Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences**. 19:253-259.
- SANTOS, A.O.; ÁVILA, C.L.S.; SCHWAN, R.F. 2013. Selection of tropical lactic acid bacteria for enhancing the quality of maize silage. **Journal of Dairy Science**. 96:7777-7789.
- SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M. 2006. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**. 2(1):32-45.
- SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. 2010. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**. 59:25-43.
- SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; QUEIROZ, O.C.M.; SANTOS, M.C.; ZOPOLLATTO, M.; TOLEDO FILHO, S.G.; DANIEL, J.L.P. 2014. Effects of *Lactobacillus buchneri* on the nutritive value of sugarcane silage for finishing beef bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 43:8-13.
- STENGARDE, L.; TRAVEN, M.; EMANUELSON, U.; HOLTENIUS, K.; HULTGREN, J.; NISKANEN, R. 2008. Metabolic profile in five high-producing Swedish dairy herds with a history of abomasal displacement and ketosis. **Acta Veterinaria Scandinavica**. 50(31).
- STOJEVIĆ, Z.; PIRSLJIN, J.; MILINKOVIC-TUR, S.; ZDELAR-TUK, M.; LJUBIC, B.B. 2005. Activities of AST, ALT and GGT in clinically healthy dairy cows during lactation and in the dry period. **Veterinarski Arhiv**. 75:67-73.
- TEETOR, V.H.; DUCLOS, D.V.; WITTENBERG, E.T.; YOUNG, K.M.; CHAWHUAYMAK, J.; RILEY, M.R.; RAY, D.T. 2011. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. **Industrial Crops and Products**. 34:1293-1300.
- TOMICH, T.R., PEREIRA, L.G.R., GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; BORGES, I. 2003. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. (Documentos 57/ EMBRAPA PANTANAL), 20p.
- VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminants**. Ithaca: Cornell University Press. 476p.
- VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.; GONÇALVES, V L.C.; COELHO, S.G.; FERREIRA, M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. 2004. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 56:764-772.
- VILELA, D.; RESENDE, J.C.; LEITE, J.B.; ALVES, E. 2017. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**. 26(1).



- VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C.D.; BORGES, I.D.; REZENDE, A.V. 2010. Influência da altura de corte das plantas nas características agrônômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. 5:(02).
- WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E.; WEIMER, P.J. 2003. The survival of silage inoculant lactic acid bacteria in rumen fluid. **Journal of Applied Microbiology**. 94:1066-1071.
- WITTEWER, F. 2000. **Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos**. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; BARCELLOS, J.O.; OSPINA, H.; RIBEIRO, L.A.O. Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais.
- YITBAREK, M.B.; TAMIR, B. 2014. Silage additives: review. **Open Journal of Applied Sciences**. 4:258-274.
- ZAGO, C.P. 1991. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: PEIXODTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz". 169-217.
- ZHANG, S.J.; CHAUDHRY, A.S.; OSMAN, A.; SHI, C.Q.; EDWARDS, G.R.; DEWHURST, R.J.; CHENG, L. 2015. Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics. **Animal Feed Science and Technology**. 206:29-38.
- ZHONG, R.Z.; FANG, Y.; WANG, Y.Q.; SUN, H.X.; ZHOU, D.W. 2016. Effects of substituting finely ground sorghum for finely ground corn on feed digestion and meat quality in lambs infected with *Haemonchus contortus*. **Animal Feed Science and Technology**. 211:31-40.
- ZOUGMORÉ, R.; PARTEY, S.; OUÉDRAOGO, M., OMITOYIN, B. THOMAS, T.; AYANTUNDE, A.; ERICKSEN, P., SAID, M.; JALLOH, A. 2016. Toward climate-smart agriculture in West Africa: a review of climate change impacts, adaptation strategies and policy developments for the livestock, fishery and crop production sectors. **Agriculture and Food Security**. 5:26.

### 3. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO AGRI 002E *IN NATURA* E ENSILADA COM ADITIVOS

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de inoculante bacteriano e ureia sobre a composição química da silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E em diferentes tempos de ensilagem. Foram avaliadas a adição de inoculante bacteriano e ureia isolados e em conjunto na silagem de sorgo forrageiro com 111 dias de plantio. Foram determinados os teores de ácidos orgânicos, carboidratos solúveis (CS), taninos condensados e nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total ( $N-NH_3/NT$ ) pela extração do suco da silagem através de prensagem. Amostras de silagem foram colhidas e posteriormente secadas em estufa para determinação das análises bromatológicas de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos totais, carboidratos não fibrosos (CNF), lignina, celulose, hemicelulose, digestibilidade *in vitro* (DIV), além dos fracionamentos de PB e de carboidratos totais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, sendo quatro tratamentos, quatro repetições e três tempos de ensilagem (0, 28 e 56 dias). Os teores de MS, MO, carboidratos totais, CNF, DIVMS, DIVMO e as concentrações de ácido láctico, acético e propiônico aumentaram com os tempos de ensilagem. Por outro lado, houve redução nas concentrações de taninos condensados, FDN, CEL, FDA e CS. A ureia contribuiu para aumentar os teores de PB e DIVPB e redução nas concentrações de FDN, HEM e CNF em relação às silagens com inoculante bacteriano e testemunha. O inoculante bacteriano pouco diferiu em relação à silagem testemunha. As frações A e B<sub>1</sub> da proteína aumentaram em função dos tempos de ensilagem e as frações B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C reduziram. Para o fracionamento de carboidratos, houve aumento da fração A + B<sub>1</sub> e redução das frações B<sub>2</sub> e C. A adição de ureia na silagem de sorgo contribuiu para a melhora do valor nutritivo do material. O inoculante bacteriano não altera a qualidade fermentativa da silagem nas condições testadas. As silagens com 28 dias de ensilagem mostraram-se estáveis e prontas para utilização.

**Palavras Chave:** ácidos orgânicos, ensilagem, fracionamento, inoculante bacteriano, ureia.

## **NUTRITIONAL EVALUATION OF SORGHUM SILAGE FORAGE AGRI 002E *IN NATURA* AND ENSILED WITH ADDITIVES**

**Abstract:** The aim of this study was to evaluate the effect of bacterial inoculant and urea on the chemical composition of AGRI 002E forage sorghum silage at different storage times. The addition of bacterial inoculant and urea isolated and together in forage sorghum silage with 111 days of planting were evaluated. The contents of organic acids, soluble carbohydrates (WSC), condensed tannins and ammoniacal nitrogen in relation to total nitrogen ( $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ ) were determined by pressing the juice from the silage. Were analyzed the dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ethereal extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), total carbohydrates, non-fibrous carbohydrates (NFC), lignin, cellulose, hemicellulose, *in vitro* digestibility (IVD), crude protein fractions and carbohydrate total fractions. The experimental design was completely randomized with measures repeated in time, being four treatments, four replicates and three opening times (0, 28 and 56 days). The contents of DM, OM, total carbohydrates, NFC, *IVDDM*, *IVDOM* and the concentrations of lactic acid, acetic acid and propionic acid increased with storage times. On the other hand, there was a reduction in the concentrations of condensed tannins, NDF, cellulose, ADF, and WSC. The urea contributed to increasing CP and *IVDPB* contents and reduction in NDF, hemicellulose and NFC concentrations in relation to the bacterial inoculant and control silages. The bacterial inoculant showed little difference in relation to the control silage. Fractions A and B<sub>1</sub> of the protein increased as a function of storage times and fractions B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> and C were reduced. For the fractionation of carbohydrates, there was an increase in the A + B<sub>1</sub> fraction and reduction of the B<sub>2</sub> and C fractions. The addition of urea in the sorghum silage contributes to the improvement of the nutritive value of the material. The bacterial inoculant doesn't alter the fermentative quality of the silage under the conditions tested. Silages with 28 days of silage are stable and ready for use.

**Keywords:** organic acids, silage, fractionation, bacterial inoculant, urea.

### 3.1 Introdução

A pecuária leiteira vem intensificando seus processos produtivos com o passar dos anos, conseqüentemente, a necessidade por alimentos de qualidade e em quantidade para atender a demanda dos animais se faz indispensável. A utilização de alimentos conservados, principalmente a silagem, tornou-se uma alternativa imprescindível em qualquer sistema de produção que exija uma fonte de alimentação volumosa (MACHADO et al., 2012).

A ensilagem é uma técnica desenvolvida para conservação de alimento durante determinado tempo preservando as características originais da forragem *in natura* (NEUMANN et al., 2010), desde que a forragem utilizada apresente algumas particularidades que favoreçam a fermentação adequada, tais como teor de matéria seca em torno de 30%, baixo poder tampão, alta concentração de carboidratos solúveis e elevada digestibilidade (PINHO et al., 2017).

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma cultura disponível para utilização na ensilagem, devido às suas características de elevado teor energético, alta digestibilidade, produção de massa por área e adaptação a ambientes de baixa fertilidade e deficiência hídrica (RIBAS et al., 2010). No processo de ensilagem, em ambiente anaeróbico, ocorrem o desenvolvimento de bactérias ácido lácticas (BAL), que utilizam os substratos presentes no sorgo como açúcares e compostos nitrogenados solúveis, reduzindo o pH, devido à produção dos ácidos orgânicos (acético, propiônico, butírico e láctico) (SANTOS et al., 2010).

A inclusão de aditivos na silagem visa propiciar condições favoráveis ao desenvolvimento das BAL, acelerar a queda de pH e inibição de fermentações secundárias (butírica, etílica e acética) ocasionada por determinados microrganismos (BERNARDES & CHIZZOTTI, 2012), além de melhorar a conservação e valor nutritivo da mesma.

Os aditivos biológicos consistem principalmente de bactérias homofermentativas (*Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus*) capazes de produzir rapidamente grandes quantidades de ácido láctico, abaixando o pH, proporcionando estabilidade aeróbica do ambiente e reduzindo as perdas de matéria seca.

Os aditivos químicos têm a função de inibir microrganismos indesejáveis e controlar reações químicas e biológicas do material a ser ensilado que apresenta condições críticas, ocasionado principalmente por degradação aeróbica (NEUMANN et al., 2010). Além disso, auxiliam na redução do pH e preservação dos nutrientes da silagem (BALIEIRO NETO et al., 2007) e incremento proteico (VIEIRA et al., 2004).

Surge a hipótese de que a utilização de inoculante bacteriano na silagem de sorgo forrageiro contribui para aumento da população de bactérias lácticas e consequente melhora o processo fermentativo. A adição de ureia na ensilagem do sorgo forrageiro reduz as perdas na fermentação e aumenta o valor nutritivo do produto.

Dessa maneira, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de aditivo biológico (inoculante bacteriano) a base de bactérias homofermentativas e de aditivo químico (ureia) sobre a composição química da silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E após a ensilagem.

### 3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições à campo, em uma área de 0,62 hectares, localizada geograficamente pelas coordenadas 24°32'49,7''S de latitude, 54°01'46,4''O de longitude e 392 m de altitude. O clima da Região é Cfa (Clima Subtropical úmido), tendo como características verões quentes, baixa frequência de geadas e tendência à estação seca definida (ALVARES et al., 2013). A temperatura média durante o período de desenvolvimento do sorgo forrageiro (setembro a janeiro) foi de 22,7°C, com umidade relativa do ar de 71% e pluviosidade média mensal de 130 mm. O solo desta região é classificado como latossolo vermelho eutroférico com textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

O sorgo utilizado para a produção de silagem foi o sorgo forrageiro AGRI 002E (*Sorghum bicolor*), com semeadura realizada no dia 22 de setembro de 2016. A semeadura foi realizada através de semeadora – adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para sistema de plantio direto (SPD), depositando-se as sementes na profundidade de 5 cm com densidade populacional de 6 sementes por metro linear (fileira) obedecendo um espaçamento entre linhas de 0,7 metros. A adubação química realizada foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 8:20:20 (NPK) e a adubação nitrogenada de 150 kg ha<sup>-1</sup> após 40 dias do plantio.

As características agronômicas do sorgo foram avaliadas no dia 10 de janeiro de 2017, após 110 dias do plantio, um dia antes da ensilagem, sendo elas, estande final de plantas (123.484 plantas ha<sup>-1</sup>), altura média das plantas (358 cm), participação de colmo (78,70%) e folhas (21,30%) na matéria verde (MV) da planta e produtividade de matéria verde (149,17 ton ha<sup>-1</sup>) e de matéria seca (27,33 ton ha<sup>-1</sup>).

A colheita do sorgo foi realizada no dia 11 de janeiro de 2017, quando a forrageira atingiu 111 dias pós-plantio, conforme recomendação técnica, com auxílio de uma ensiladeira acoplada ao trator, altura de corte a 10 cm do solo e tamanho de partícula de 1 a 2 cm.

O material picado foi alocado sobre lona plástica para incorporação dos aditivos procedendo-se uma mistura homogênea e posteriormente, enchimento e compactação (bastões de madeira) dos silos experimentais de PVC (10 cm de diâmetro x 50 cm de comprimento), fechados com tampa de PVC dotados de válvula do tipo Bunsen e vedados com fitas adesivas.

Os tratamentos consistiram em: Silagem sem aditivos ou testemunha (ST), silagem com inclusão de inoculante bacteriano biológico produzido com cepas de bactérias lácticas (*Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici*) na dose de 2 litros de solução contendo 2 gramas de inoculante para cada tonelada (SIB) de material verde, silagem com adição de ureia do tipo comercial granulada (45N) na dose de 5 g kg<sup>-1</sup> de MV (SU) e silagem com adição de ureia (5 g kg<sup>-1</sup> de MV) + inoculante bacteriano (2 g ton<sup>-1</sup> de MV) (SUIB). Foram coletadas amostras *in natura* e após 28 e 56 dias de ensilagem.

As amostras de silagem foram pré-secas em estufa com ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas e, posteriormente, moídas em moinho tipo “Willey” com peneira de crivo de 1 mm e submetidas as análises bromatológicas para caracterização do produto *in natura* e aos tempos de ensilagem (28 e 56 dias). Foram realizadas a determinação da matéria seca (MS – método 934.01), cinzas (MM – método 938.08), proteína bruta (PB – método 981.10) e extrato etéreo (EE – método 920.85) segundo AOAC (2000). A determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) segundo Van Soest et al. (1991). O teor de matéria orgânica (MO) foi estimado de acordo com a fórmula, MO (%): 100 – %MM.

Os teores de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados segundo as equações propostas pelo NRC (2001). As concentrações de carboidratos solúveis (CS) foram determinadas de acordo com a técnica de Dubois et al. (1956). O teor de lignina (LIG) conforme metodologia de Van Soest & Wine (1968). A concentração de taninos condensados conforme metodologia de Nozella (2001).

O fracionamento de carboidratos foi determinado de acordo com Sniffen et al. (1992), sendo fração rapidamente degradável (A: carboidratos solúveis e B<sub>1</sub>: amido), fração potencialmente degradável (B<sub>2</sub>) e fração indigestível (C). As frações de proteína (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C) foram determinadas conforme procedimento descrito por Licitra et al. (1996).

O nitrogênio amoniacal com base no nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT) foi determinado por meio da amostragem de uma alíquota da extração do suco da silagem utilizando prensa hidráulica (P15 ST) e posterior destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2N, descrita por Fenner (1965) adaptada por Vieira et al. (1980).

Para a análise de ácidos orgânicos (acético, propiônico, butírico e láctico) o suco extraído da prensagem foi centrifugado, passando através do filtro de seringa com membrana

de 0,20  $\mu\text{m}$  e acidificado com 2  $\mu\text{L}$  de uma solução de ácido sulfúrico (2M), acondicionado em *vials*, posteriormente, determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector ultravioleta (UV), segundo a metodologia de Lazaro (2009).

A determinação dos ácidos acético, propiônico e butírico nas amostras de líquido ruminal, foi realizada por cromatografia líquida de alta precisão (HPLC) com detector UV (LAZARO, 2009), conforme as condições cromatográficas a seguir: fase móvel com água ultra pura com solução de acetonitrila (3%) e de ácido sulfúrico (0,005 M), fluxo de 0,8 mL/min, temperatura da coluna de 50°C, comprimento de onda de 208 nm e injeção de 20  $\mu\text{L}$ .

A quantificação dos ácidos foi realizada através do método padrão externo, onde a porcentagem em massa de uma amostra é determinada a partir de um gráfico de calibração.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada pela técnica descrita por Tilley & Terry (1963) e adaptada por Holden (1999), com dois estágios de incubação. As amostras dos tempos de ensilagem foram pesadas (0,25 g), acondicionadas em sacos de tecido não-tecido (TNT) – 100 g m<sup>-1</sup>, cortados e selados no tamanho de 5,0  $\times$  5,0 cm, conforme Casali et al. (2008) e, posteriormente, incubadas em jarro fermentador ruminal Daisy®, preparados com líquido ruminal e solução tampão.

O líquido ruminal foi coletado de bovinos machos, castrados, da raça Jersey, munidos de cânulas ruminais alimentados com silagem de sorgo, silagem de milho e concentrado a base de milho, farelo de soja e mistura mineral.

A DIVMS foi determinada pela diferença da amostra incubada com a amostra residual. Após a pesagem, o resíduo foi queimado na mufla obtendo-se a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO). A digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) foi obtida pela incubação das amostras por 48 horas, com posterior análise de FDN, conforme procedimento de Goering & Van Soest (1975).

Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da proteína bruta (DIVPB), as amostras permaneceram incubadas por 72 horas, posteriormente o resíduo seco em estufa de secagem (105°C - 24 h) foi transferido para tubos de digestão micro *Kjeldhal*, para determinação da proteína bruta conforme procedimento descrito por Silva & Queiroz (2002).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com medidas repetidas no tempo (quatro tratamentos, quatro repetições e três períodos). A normalidade dos dados foi determinada pelo teste de Shapiro-Wilk e os resultados submetidos à análise de variância em nível de 5% de significância pelo teste de Dunnett, utilizando o comando PROC MIXED (modelos mistos) do SAS (versão 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, 2009).

O modelo matemático utilizado para análise das variáveis foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_k(T_i) + P_j + TP_{ij} + e_{ijk}$$

Onde,  $Y_{ijk}$ : Observação relativa ao  $i$ -ésimo tratamento, ao  $j$ -ésimo período e a  $k$ -ésima repetição;  $\mu$ : Média geral;  $T_i$ : Efeito correspondente ao  $i$ -ésimo tratamento (1, 2, 3 e 4);  $R_k(T_i)$ : Efeito correspondente a  $k$ -ésima repetição dentro do  $i$ -ésimo tratamento (1, 2, 3 e 4);  $P_j$ : Efeito correspondente ao  $j$ -ésimo período (0, 28 e 56);  $TP_{ij}$ : Efeito da interação entre o  $i$ -ésimo tratamento e o  $j$ -ésimo período;  $e_{ijk}$ : Erro aleatório associado a  $i$ -ésimo tratamento,  $j$ -ésimo período,  $k$ -ésima repetição.

### 3.3 Resultados

Os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e extrato etéreo (EE) não foram influenciados pela incorporação de aditivos ( $P > 0,05$ ) na ensilagem. O EE não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os tempos de ensilagem (Tabela 1). Em relação aos tempos de ensilagem, a MS e a MO foram superiores ( $P \leq 0,05$ ) aos 28 e 56 dias em relação ao material *in natura*.

Tabela 1. Matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE) e taninos condensados (TC) da silagem de sorgo forrageiro com aditivos *in natura* e após ensilagem

Tratamento	Período (dias)			EPM	Contrastes		
	<i>In natura</i>	28	56		<i>In natura</i> vs 28	<i>In natura</i> vs 56	28 vs 56
Matéria Seca (g kg <sup>-1</sup> )							
ST	132,75	173,28	169,75	1,96	<0,01	0,01	0,34
SIB	135,63	170,73	167,30	1,78	<0,01	<0,01	0,18
SU	133,15	168,00	166,65	1,18	<0,01	<0,01	0,46
SUIB	132,28	167,03	165,45	1,50	<0,01	<0,01	0,55
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> de MS)							
ST	911,50	930,65	924,88	1,39	0,01	0,01	0,06
SIB	913,20	929,00	925,45	1,18	0,01	<0,01	0,13
SU	909,33	930,00	923,68	1,09	<0,01	<0,01	0,01
SUIB	909,98	927,50	928,93	1,72	0,01	<0,01	0,60
Extrato Etéreo (g kg <sup>-1</sup> de MS)							
ST	23,23	24,10	23,08	0,35	0,45	0,84	0,29
SIB	22,25	23,08	22,20	0,38	0,20	0,93	0,18
SU	23,15	23,73	22,10	0,35	0,27	0,87	0,21
SUIB	22,43	23,45	22,28	0,38	0,72	0,91	0,51
Taninos Condensados (g kg <sup>-1</sup> MS)							
ST	3,44	2,23	0,88	0,33	0,05	0,01	0,04
SIB	3,47	2,17	0,84	0,70	0,14	0,03	0,15
SU	3,58	1,51	0,60	0,71	0,15	0,02	0,49
SUIB	3,31	1,59	0,79	0,28	0,01	<0,01	0,16

Contrastes determinados pelo teste de Dunnett ( $P \leq 0,05$ ); EPM: Erro padrão da média; ST: Silagem Testemunha; SIB: Silagem com Inoculante Bacteriano; SU: Silagem com Ureia; SUIB: Silagem com Inoculante Bacteriano + Ureia.



A concentração de taninos condensados (TC) na silagem de sorgo forrageiro não foi influenciada ( $P > 0,05$ ) pela utilização de aditivos, entretanto, houve decréscimo ( $P \leq 0,05$ ) da concentração de TC na silagem em relação ao material *in natura*.

A fibra em detergente neutro (FDN) da silagem diferiu em função dos aditivos e alterou sua concentração em função dos tempos de ensilagem ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 2). O material *in natura*, não diferiu em relação à utilização de aditivos, contudo, aos 28 dias de ensilagem os tratamentos com adição de ureia apresentaram menor ( $P \leq 0,05$ ) concentração de FDN do que os tratamentos ST e SIB, por outro lado, após 56 dias de ensilagem foi o inverso ( $P \leq 0,05$ ) na concentração de FDN nas silagens com ureia em relação aos tratamentos ST e SIB.

O teor de FDN não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre 28 e 56 dias de ensilagem dos tratamentos ST e SIB, porém reduziu ( $P \leq 0,05$ ) em relação ao material *in natura*. Contudo, para os tratamentos SU e SUIB, o FDN após 28 de ensilagem foi inferior a 56 dias ( $P \leq 0,05$ ), que reduziu em comparação ao material *in natura*.

O teor da fibra em detergente ácido das silagens não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre as silagens avaliadas em relação aos períodos de coleta. Porém, apresentou influência do período de ensilagem sobre a concentração de FDA das silagens ( $P \leq 0,05$ ), sendo que aos 28 dias (439,46 g kg<sup>-1</sup> de MS) e 56 dias (449,68 g kg<sup>-1</sup> de MS) de ensilagem foi observado redução na FDA de todos os tratamentos em relação ao material *in natura* (503,76 g kg<sup>-1</sup> de MS).

Os teores de celulose não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelo uso de aditivos, porém avaliando os tempos de ensilagem, houve redução ( $P \leq 0,05$ ) no teor de celulose em relação ao material *in natura* em todas as silagens testadas.

Para a concentração de hemicelulose, os tratamentos não diferiram no material *in natura*, entretanto a adição de ureia (SU e SUIB) ocasionou redução ( $P \leq 0,05$ ) da hemicelulose aos 28 dias de ensilagem em relação às silagens ST e SIB, por outro lado, aos 56 dias de ensilagem houve aumento ( $P \leq 0,05$ ) dos teores de hemicelulose nas silagens ST e SIB em relação às silagens SU e SUIB. Com relação aos tempos de ensilagem as silagens ST e SIB reduziram ( $P \leq 0,05$ ) a hemicelulose aos 56 dias em relação aos demais períodos. As silagens SU e SUIB apresentaram valores maiores ( $P \leq 0,05$ ) nos teores de hemicelulose no material *in natura* e 56 dias de ensilagem em relação à silagem ensilada aos 28 dias.

Na concentração de carboidratos não fibrosos (CNF) da silagem de sorgo aos 28 e 56 dias de ensilagem, constatou-se que os tratamentos com presença de ureia apresentaram redução dos CNF ( $P \leq 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos, em decorrência principalmente da diminuição dos carboidratos totais.

As silagens ST e SIB apresentaram elevação ( $P \leq 0,05$ ) dos teores de CNF aos 28 e 56 dias de ensilagem em relação ao material *in natura*. Para as silagens com adição de ureia (SU e SUIB), a maior concentração de CNF foi determinada aos 28 dias de ensilagem com posterior redução aos 56 dias, os quais foram superiores ( $P \leq 0,05$ ) ao material *in natura*.

Tabela 2. Frações fibrosas da silagem de sorgo forrageiro com aditivos *in natura* e após ensilagem

Tratamento	Período (dias)			EPM	Contrastes		
	<i>In natura</i>	28	56		<i>In natura vs 28</i>	<i>In natura vs 56</i>	28 vs 56
Fibra em Detergente Neutro (g kg <sup>-1</sup> de MS)							
ST	727,70	663,36	658,73	4,34	<0,01	<0,01	0,17
SIB	732,48	668,13	655,98	4,67	<0,01	<0,01	0,11
SU	719,93	643,50	672,40	5,14	<0,01	<0,01	<0,01
SUIB	737,68	650,58	678,70	4,58	<0,01	<0,01	<0,01
Fibra em Detergente Ácido (g kg <sup>-1</sup> de MS)							
ST	504,88	437,30	450,78	4,92	<0,01	<0,01	0,18
SIB	509,70	440,45	450,05	3,39	<0,01	<0,01	0,10
SU	493,63	440,68	452,15	5,09	<0,01	<0,01	0,23
SUIB	506,83	439,40	445,73	4,10	<0,01	<0,01	0,31
Celulose (g kg <sup>-1</sup> de MS)							
ST	425,63	352,08	370,65	5,96	0,01	<0,01	0,14
SIB	437,53	358,43	369,45	3,69	0,01	0,01	0,11
SU	408,15	358,23	371,64	5,41	0,01	0,01	0,12
SUIB	422,10	359,70	365,75	4,01	<0,01	<0,01	0,31
Hemicelulose (g kg <sup>-1</sup> de MS)							
ST	222,82	229,03	208,18	3,18	0,33	0,01	0,02
SIB	222,78	227,65	205,95	5,31	0,17	0,03	0,02
SU	226,30	202,83	220,25	5,17	0,03	0,43	0,04
SUIB	230,85	211,18	232,97	4,94	0,01	0,91	0,01
Carboidratos não fibrosos (g kg <sup>-1</sup> MS)							
ST	84,55	159,93	172,00	5,10	<0,01	<0,01	0,09
SIB	82,70	159,85	174,95	4,29	<0,01	<0,01	0,06
SU	84,73	139,98	105,50	3,99	<0,01	<0,01	<0,01
SUIB	80,50	132,73	97,28	5,94	<0,01	0,04	0,02
Lignina (g kg <sup>-1</sup> de MS)							
ST	79,25	85,23	80,13	1,91	0,06	0,77	0,09
SIB	82,15	82,08	80,60	2,65	0,98	0,65	0,68
SU	85,45	82,45	80,51	1,49	0,20	0,08	0,64
SUIB	84,73	79,73	79,98	1,69	0,13	0,10	0,93

Contrastes determinados pelo teste de Dunnett ( $P \leq 0,05$ ); EPM: Erro padrão da média; ST: Silagem Testemunha; SIB: Silagem com Inoculante Bacteriano; SU: Silagem com Ureia; SUIB: Silagem com Ureia + Inoculante Bacteriano.

Os teores de lignina não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelo uso de aditivos e não alteraram o teor quando avaliado o material *in natura* com os tempos de ensilagem determinados.

A adição de ureia ocasionou efeito negativo ( $P \leq 0,05$ ) sobre a concentração de carboidratos totais da silagem de sorgo, devido à sua composição ser basicamente NNP ocasionando incremento de proteína bruta na silagem (Tabela 3). As silagens ST e SIB elevaram ( $P \leq 0,05$ ) a concentração de carboidratos totais conforme aumentou os dias de ensilagem, entretanto as silagens com ureia reduziram ( $P \leq 0,05$ ) o teor de carboidratos totais aos 28 e 56 dias de ensilagem em relação ao material *in natura*.

Tabela 3. Carboidratos totais (CT), carboidratos solúveis (CS) e fracionamento de carboidratos (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C) da silagem de sorgo com aditivos *in natura* e após ensilagem

Tratamento	Período (dias)			EPM	Contrastes		
	<i>In natura</i>	28	56		<i>In natura</i> vs 28	<i>In natura</i> vs 56	28 vs 56
Carboidratos Totais (g kg <sup>-1</sup> MS)							
ST	812,23	826,25	830,75	1,63	<0,01	<0,01	0,12
SIB	815,18	827,98	830,90	2,81	0,02	0,01	0,46
SU	804,63	783,45	777,90	3,47	<0,01	0,01	0,29
SUIB	805,15	783,30	785,95	2,61	<0,01	0,01	0,45
Carboidratos Solúveis (g kg <sup>-1</sup> MS)							
ST	120,70	89,76	63,02	3,22	<0,01	<0,01	<0,01
SIB	116,41	79,81	51,61	2,38	<0,01	<0,01	<0,01
SU	116,22	77,86	51,74	3,09	<0,01	<0,01	<0,01
SUIB	118,18	79,06	51,51	3,07	<0,01	<0,01	<0,01
Fração A (g kg <sup>-1</sup> CT)							
ST	98,04	74,16	52,35	2,89	<0,01	<0,01	<0,01
SIB	95,90	70,08	42,88	2,30	<0,01	<0,01	<0,01
SU	93,51	61,00	40,25	2,58	<0,01	<0,01	0,01
SUIB	95,15	61,93	40,48	2,84	<0,01	<0,01	0,02
Fração B <sub>1</sub> (g kg <sup>-1</sup> CT)							
ST	46,44	143,16	174,20	2,43	<0,01	<0,01	0,02
SIB	47,90	149,64	187,13	2,96	<0,01	<0,01	<0,01
SU	50,42	138,25	116,35	2,05	<0,01	<0,01	0,03
SUIB	47,27	138,35	117,40	2,12	<0,01	<0,01	0,04
Fração B <sub>2</sub> (g kg <sup>-1</sup> CT)							
ST	675,27	617,60	615,95	7,21	<0,01	0,01	0,74
SIB	675,05	617,33	612,39	7,07	0,01	0,01	0,31
SU	672,54	638,25	684,72	6,20	0,01	0,23	<0,01
SUIB	674,23	637,88	683,98	6,25	0,01	0,28	<0,01
Fração C (g kg <sup>-1</sup> CT)							
ST	180,25	165,08	157,50	3,53	0,03	<0,01	0,17
SIB	181,15	162,95	157,60	5,47	<0,01	<0,01	0,26
SU	183,53	162,50	158,68	2,94	0,01	<0,01	0,37
SUIB	183,35	161,85	158,14	4,04	0,01	<0,01	0,41

Contrastes determinados pelo teste de Dunnett ( $P \leq 0,05$ ); EPM: Erro padrão da média; ST: Silagem Testemunha; SIB: Silagem com Inoculante Bacteriano; SU: Silagem com Ureia; SUIB: Silagem com Ureia + Inoculante Bacteriano.

Os teores de carboidratos solúveis (CS) no material *in natura* de sorgo não diferiram entre os tratamentos ( $P>0,05$ ), entretanto, após 28 e 56 dias de ensilagem, houve redução nos tratamentos com inclusão de aditivos em relação ao tratamento controle ( $P\leq 0,05$ ). A concentração de carboidratos solúveis para todos os tratamentos apresentou redução ( $P\leq 0,05$ ) ao longo do período de ensilagem.

Com relação ao fracionamento de carboidratos, a fração A reduziu ao longo dos períodos de ensilagem. As silagens com inclusão de ureia apresentaram menor fração A em relação às silagens ST e SIB aos 28 dias de ensilagem. Aos 56 dias de ensilagem os aditivos apresentaram menor fração A em relação ao tratamento controle.

Em relação à fração B<sub>1</sub> o material *in natura* não diferiu entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). Para os tempos de ensilagem de 28 e 56 dias, houve aumento ( $P\leq 0,05$ ) nas silagens ST e SIB em relação às silagens com adição de ureia. Além disso, as silagens ST e SIB aumentaram ( $P\leq 0,05$ ) o teor da fração B<sub>1</sub> ao longo do processo fermentativo, enquanto as silagens SU e SUIB aumentaram até 28 dias de ensilagem e reduziram no período seguinte (56 dias).

A fração B<sub>2</sub> foi influenciada ( $P\leq 0,05$ ) pela adição de ureia a partir dos 28 dias de fermentação, sendo superior aos demais tratamentos (ST e SIB). Com relação aos tratamentos ST e SIB, houve redução ( $P\leq 0,05$ ) da fração B<sub>2</sub> após a ensilagem, contudo, para os tratamentos SU e SUIB a redução da fração B<sub>2</sub> ocorreu apenas aos 28 dias de ensilagem, sendo semelhantes entre o material *in natura* e a silagem com 56 dias de ensilagem.

Para a fração C dos carboidratos não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos. Para os tempos de ensilagem, houve redução ( $P\leq 0,05$ ) do teor da fração C no material ensilado (28 e 56 dias) em relação ao material *in natura* para todos os tratamentos.

A proteína bruta das silagens de sorgo tratadas com ureia (SU e SUIB) diferiram ( $P\leq 0,05$ ) dos tratamentos sem inclusão de aditivos (ST) e da silagem tratada com inoculante bacteriano (SIB), apresentando maior concentração de proteína bruta devido à inclusão de nitrogênio não-proteico (NNP) advindo da ureia (Tabela 4). Contrastando os tratamentos, avaliando-se os tempos de ensilagem com o material *in natura* do sorgo forrageiro, verificou-se que a adição de ureia elevou ( $P\leq 0,05$ ) a concentração de proteína bruta aos 28 e 56 dias de ensilagem nos tratamentos SU e SUIB em comparação ao material *in natura*. Contudo, para as silagens ST e SIB não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os períodos avaliados.

Tabela 4. Proteína bruta, nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT) e fracionamento de proteínas (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C) da silagem de sorgo forrageiro com aditivos *in natura* e após ensilagem

Tratamento	Período (dias)			EPM	Contrastes		
	<i>In natura</i>	28	56		<i>In natura</i> vs 28	<i>In natura</i> vs 56	28 vs 56
Proteína Bruta (g kg <sup>-1</sup> de MS)							
ST	75,38	74,78	73,78	1,36	0,78	0,44	0,64
SIB	73,72	72,48	72,21	1,73	0,60	0,16	0,87
SU	81,55	121,83	129,25	3,24	<0,01	<0,01	0,19
SUIB	82,43	124,23	121,10	2,53	<0,01	<0,01	0,45
N-NH <sub>3</sub> /NT (g kg <sup>-1</sup> MS)							
ST	12,12	12,02	11,81	0,24	0,95	0,47	0,58
SIB	11,81	11,67	11,54	0,31	0,66	0,13	0,80
SU	13,15	19,54	20,79	0,49	0,01	0,01	0,18
SUIB	13,23	19,90	19,42	0,43	<0,01	0,01	0,44
Fração A (g kg <sup>-1</sup> PB)							
ST	79,88	545,90	504,58	9,25	<0,01	<0,01	0,05
SIB	60,83	516,30	512,30	12,68	<0,01	<0,01	0,79
SU	153,05	692,80	720,25	12,97	<0,01	<0,01	0,21
SUIB	170,10	712,97	710,46	11,76	<0,01	<0,01	0,88
Fração B <sub>1</sub> (g kg <sup>-1</sup> PB)							
ST	20,48	23,63	18,95	3,00	0,56	0,71	0,40
SIB	16,65	24,20	26,19	2,01	0,06	0,01	0,57
SU	7,53	20,18	25,42	2,60	0,02	0,01	0,20
SUIB	7,30	14,69	17,04	1,75	0,02	0,01	0,28
Fração B <sub>2</sub> (g kg <sup>-1</sup> PB)							
ST	431,60	187,98	253,82	8,76	<0,01	<0,01	0,01
SIB	464,43	218,95	235,98	13,05	<0,01	<0,01	0,29
SU	458,28	154,68	127,75	10,30	<0,01	<0,01	0,06
SUIB	445,53	134,28	115,43	11,06	<0,01	<0,01	0,23
Fração B <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> PB)							
ST	280,60	123,25	101,89	9,74	<0,01	<0,01	0,10
SIB	261,35	118,18	111,35	7,24	<0,01	<0,01	0,56
SU	238,25	60,02	59,68	6,72	<0,01	<0,01	0,98
SUIB	232,65	66,90	86,01	3,50	<0,01	<0,01	0,02
Fração C (g kg <sup>-1</sup> PB)							
ST	187,45	119,25	120,75	6,09	0,01	<0,01	0,91
SIB	196,75	122,35	114,16	4,14	<0,01	<0,01	0,13
SU	142,85	72,30	66,90	3,35	<0,01	<0,01	0,30
SUIB	144,45	71,16	71,07	4,49	<0,01	<0,01	0,99

Contrastes determinados pelo teste de Dunnett (P<0,05); EPM: Erro padrão da média; ST: Silagem Testemunha; SIB: Silagem com Inoculante Bacteriano; SU: Silagem com Ureia; SUIB: Silagem com Ureia + Inoculante Bacteriano.

O nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT) foi superior (P<0,05) nas silagens SU e SUIB, devido à aplicação da ureia no material ensilado. Ao longo dos períodos avaliados, as silagens ST e SIB não apresentaram alterações (P>0,05) na

concentração, entretanto, a ureia contribuiu para aumento ( $P \leq 0,05$ ) do  $N-NH_3/NT$  a partir de 28 dias de ensilagem.

Avaliando-se o fracionamento de proteínas, a fração A é influenciada pela adição de ureia na ensilagem, visto que os tratamentos com inclusão deste aditivo apresentaram maior ( $P \leq 0,05$ ) concentração as demais silagens testadas. Além disso, essa fração apresentou grande variação ( $P \leq 0,05$ ) ao longo do perfil fermentativo, ampliando sua concentração aos 28 e 56 dias em relação ao material avaliado no dia da ensilagem.

Tendo em vista que a adição de ureia ocasionou aumento dos teores da fração A em relação aos tratamentos ST e SIB, para a fração B<sub>1</sub> ocorreu o inverso, com os tratamentos tratados com ureia houve menor ( $P \leq 0,05$ ) concentração da fração B<sub>1</sub>. Da mesma forma que a fração mais solúvel, houve aumento ( $P \leq 0,05$ ) da fração B<sub>1</sub> aos 28 e 56 dias de ensilagem para os tratamentos com aditivos.

Para as frações B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C, foram constatados maiores teores das determinadas frações nas silagens ST e SIB, sendo que todos os tratamentos apresentaram padrões semelhantes de redução ( $P \leq 0,05$ ) dessas frações aos 28 e 56 dias de ensilagem diferindo do material *in natura*.

Os ácidos orgânicos totais da silagem de sorgo diferiram entre os tratamentos ( $P \leq 0,05$ ), apresentando maior concentração de ácidos orgânicos no tratamento com inclusão de inoculante bacteriano quando determinado no material *in natura* e maiores concentrações nos tratamentos ST e SUIB aos 28 dias de ensilagem, não diferindo entre os tratamentos na ensilagem aos 56 dias. O mesmo efeito citado anteriormente entre os tratamentos foi observado para a concentração de ácido lático (Tabela 5).

As concentrações de ácido acético e ácido propiônico não diferiram entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ), entretanto para o teor de ácido butírico apenas aos 56 dias de ensilagem os tratamentos com inclusão de ureia foram superiores ( $P \leq 0,05$ ) aos tratamentos testemunha e com inoculante.

Em relação aos tempos de ensilagem, o comportamento foi semelhante para a concentração de ácido lático, acético e propiônico, onde houve valores superiores ( $P \leq 0,05$ ) dos teores aos 28 dias de ensilagem em relação aos 56 dias, o qual ficou acima do material *in natura* da silagem de sorgo, refletindo no mesmo efeito para a concentração de ácidos orgânicos totais. Para a concentração de ácido butírico, houve apenas diferença no tratamento com inclusão de ureia ( $P \leq 0,05$ ), em que após 56 dias de ensilagem houve elevação em relação aos demais dias avaliados.

Tabela 5. Ácidos orgânicos (mmol L<sup>-1</sup>) da silagem de sorgo forrageiro com aditivos *in natura* e após ensilagem

Tratamento	Período (dias)			EPM	Contrastes		
	<i>In natura</i>	28	56		<i>In natura</i> vs 28	<i>In natura</i> vs 56	28 vs 56
Ácidos Orgânicos Totais (mmol L <sup>-1</sup> )							
ST	18,96	84,55	70,38	2,54	<0,01	<0,01	0,01
SIB	27,38	77,21	67,58	1,41	0,01	<0,01	0,02
SU	17,93	73,00	69,78	2,44	<0,01	<0,01	0,45
SUIB	20,46	83,18	68,53	1,65	<0,01	<0,01	0,01
Ácido Lático (mmol L <sup>-1</sup> )							
ST	17,05	60,67	51,00	1,51	<0,01	<0,01	0,01
SIB	24,66	50,61	47,94	1,19	<0,01	<0,01	0,43
SU	16,45	52,47	50,68	1,89	<0,01	<0,01	0,60
SUIB	16,69	56,88	51,01	1,76	<0,01	0,01	0,09
Ácido Acético (mmol L <sup>-1</sup> )							
ST	ND	20,71	16,94	1,26	<0,01	<0,01	0,07
SIB	0,53	22,83	16,34	0,65	<0,01	<0,01	0,01
SU	ND	17,99	14,71	0,75	<0,01	<0,01	0,04
SUIB	1,13	22,41	13,71	0,95	<0,01	<0,01	0,01
Ácido Propiônico (mmol L <sup>-1</sup> )							
ST	1,91	3,18	2,45	0,21	0,01	0,11	0,08
SIB	2,19	3,77	3,09	1,06	0,37	0,07	0,69
SU	1,48	2,55	2,94	0,24	0,04	0,01	0,32
SUIB	1,71	3,09	2,70	0,12	0,01	0,01	0,16
Ácido Butírico (mmol L <sup>-1</sup> )							
ST	ND	ND	ND	-	-	-	-
SIB	ND	ND	0,22	0,13	1,00	0,36	0,33
SU	ND	ND	1,45	0,23	1,00	0,01	0,02
SUIB	0,93	0,81	1,11	0,49	0,82	0,79	0,57

Contrastes determinados pelo teste de Dunnett ( $P \leq 0,05$ ); EPM: Erro padrão da média; ST: Silagem Testemunha; SIB: Silagem com Inoculante Bacteriano; SU: Silagem com Ureia; SUIB: Silagem com Ureia + Inoculante Bacteriano; ND: Não determinado.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da silagem de sorgo com inoculante bacteriano foi inferior ( $P \leq 0,05$ ) a ST, SU e SUIB quando determinada do material *in natura* (Tabela 6). Aos 28 dias de ensilagem não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos, entretanto, aos 56 dias as silagens tratadas com aditivos apresentaram menor DIVMS que a silagem sem aditivos. As silagens ST e SIB aumentaram a DIVMS aos 28 e 56 dias em relação ao material *in natura*. Contudo, nas silagens com inclusão de ureia (SU e SUIB) aos 28 dias de ensilagem apresentou maior digestibilidade ( $P \leq 0,05$ ) em relação aos demais tempos de avaliação do material ensilado.

A adição de ureia na silagem ocasionou maior DIVMO nas silagens *in natura* e com 28 dias de ensilagem em comparação a silagem tratada com inoculante e sem tratamento. Aos 56 dias não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos aditivos sobre a DIVMO da silagem de sorgo. Da mesma forma que a DIVMS, a DIVMO da ST e SIB aumentou após a ensilagem (28 e 56 dias) em

relação à silagem *in natura*. Para a silagem com inclusão exclusivamente de ureia, a silagem *in natura* apresentou menor *DIVMO* que o material fermentado por 28 dias, porém não diferiu da silagem com 56 dias de fermentação. Contudo, para a silagem com inclusão de ureia associada ao inoculante bacteriano, a *DIVMO* aos 28 dias de ensilagem foi superior aos demais períodos avaliados.

O tratamento da silagem de sorgo com ureia resultou em elevação ( $P \leq 0,05$ ) da digestibilidade da proteína bruta (*DIVPB*) em todos os períodos de ensilagem e no material *in natura* em relação aos demais tratamentos. Considerando-se o efeito da fermentação sobre o material ensilado, a ureia também ocasionou elevação ( $P \leq 0,05$ ) da *DIVPB* em relação ao material *in natura*. A inclusão somente de inoculante bacteriano não interferiu ( $P > 0,05$ ) na digestibilidade, da mesma forma que a silagem sem aditivos.

Tabela 6. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca e dos nutrientes da silagem de sorgo forrageiro com aditivos *in natura* e após ensilagem

Tratamento	Período (dias)			EPM	Contrastes		
	<i>In natura</i>	28	56		<i>In natura</i> vs 28	<i>In natura</i> vs 56	28 vs 56
Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria seca ( $\text{g kg}^{-1}$ )							
ST	660,88	710,60	721,90	9,46	<0,01	<0,01	0,40
SIB	632,45	708,05	684,65	7,01	<0,01	<0,01	0,13
SU	683,85	720,68	693,95	8,36	0,02	0,45	0,05
SUIB	672,83	734,48	688,93	7,13	<0,01	0,12	<0,01
Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria Orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ )							
ST	670,73	728,28	746,70	10,87	0,01	<0,01	0,29
SIB	638,38	716,55	710,50	10,97	0,01	<0,01	0,74
SU	700,83	738,53	722,25	8,83	0,02	0,15	0,22
SUIB	684,25	761,85	722,30	5,76	<0,01	0,01	<0,01
Digestibilidade <i>in vitro</i> da Proteína Bruta ( $\text{g kg}^{-1}$ )							
ST	685,65	685,45	698,43	6,44	0,97	0,75	0,73
SIB	664,73	660,80	667,35	4,61	0,93	0,93	0,88
SU	773,33	808,20	830,10	12,90	0,24	0,01	0,43
SUIB	739,13	844,93	832,65	13,10	0,01	<0,01	0,62
Digestibilidade <i>in vitro</i> da Fibra em Detergente Neutro ( $\text{g kg}^{-1}$ )							
ST	681,43	668,68	676,43	5,59	0,10	0,55	0,29
SIB	676,88	652,68	653,60	7,31	0,03	0,02	0,89
SU	697,79	664,08	686,45	8,68	0,10	0,17	0,22
SUIB	663,10	674,00	677,30	5,45	0,27	0,11	0,72

Contrastes determinados pelo teste de Dunnett ( $P \leq 0,05$ ); EPM: Erro padrão da média; ST: Silagem Testemunha; EPM: Erro padrão da média; ST: Silagem Testemunha; SIB: Silagem com Inoculante Bacteriano; SU: Silagem com Ureia; SUIB: Silagem com Ureia + Inoculante Bacteriano.

Em relação à digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (*DIVFDN*), verificou-se que a adição de inoculante bacteriano (SIB e SUIB) apresentou menor *DIVFDN* no material *in natura* ( $P \leq 0,05$ ) do que a silagem com ureia (SU). Com 28 dias de ensilagem,



não foram verificadas diferenças entre as silagens, porém, com o avanço do tempo de fermentação (56 dias), o inoculante bacteriano exclusivo reduziu a *DIVFDN* em relação aos demais tratamentos.

### 3.4 Discussão

O teor de MS da silagem de sorgo AGRI 002E apresentou média de 164,3 g kg<sup>-1</sup>, considerado baixo para os padrões recomendados para uma boa fermentação da silagem que deve apresentar acima de 250 g kg<sup>-1</sup> (NUSSIO et al., 2011), entretanto, sua elevada concentração de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão, contribuíram para uma boa fermentação do material ensilado. Da mesma forma, Cattani et al. (2016) obtiveram silagens de excelente qualidade, onde determinaram teores médios de MS de 324,0; 245,0 e 247,0 g kg<sup>-1</sup> para híbridos graníferos, forrageiros e sacarinos, respectivamente.

Segundo Neumann et al. (2002) das frações que compõe a estrutura das planta do sorgo, a panícula é a principal responsável pelo aumento no teor de MS do material ensilado seguido das folhas e posteriormente o colmo. Entretanto, como o material ensilado do sorgo AGRI 002E não continha panículas e o colmo representou a maior porção da planta (>70%), pode ter contribuído para maior teor de umidade do material ensilado.

Os teores de matéria seca aumentaram no material ensilado em relação ao material *in natura* em todas as silagens testadas, ocasionado pelas perdas originadas na produção de água, gás e calor durante o processo de ensilagem e pela produção de efluentes durante o processo fermentativo do material ensilado (VAN SOEST, 1994). Pesce et al. (2000) avaliando 20 genótipos de sorgo forrageiro determinaram superioridade do teor de MS do material ensilado em relação ao material *in natura* em todos os híbridos avaliados. Com isso, reflete diretamente no aumento da matéria orgânica da silagem em relação ao material *in natura*, sendo estas oscilações ocorridas na matéria orgânica, atribuída a variabilidade do material, juntamente com o alto teor de umidade do mesmo (BORREANI et al., 2018).

Os valores obtidos para extrato etéreo não oscilaram ao longo do processo fermentativo e apresentaram ausência de efeito em relação ao uso dos aditivos. Sendo estes similares aos observados por Moraes et al. (2013), que ao avaliarem híbridos de sorgo forrageiro obtiveram valores entre 14,2 a 24,2 g kg<sup>-1</sup>.

O sorgo forrageiro AGRI 002E, por ser um novo híbrido disponível no mercado, não dispõe de informações científicas referentes à concentração de taninos condensados (TC) em sua composição. Entretanto, por ser uma variedade com baixa produção de grãos, pertence à

classe dos sorgos tipo II, com baixos teores de taninos (BULLARD & YORK, 1996), conforme determinado no presente trabalho, onde os teores foram inferiores a  $4 \text{ g kg}^{-1}$  MS.

Os mecanismos de degradação dos TC apresentam algumas controvérsias (VITTI et al., 2005), entretanto, o processo de ensilagem é eficaz para redução na concentração de TC na silagem de sorgo em relação ao material *in natura* conforme determinado para o sorgo forrageiro utilizado. A redução de TC ao longo da ensilagem é independente da utilização ou não de aditivos, conforme determinado por Osman (2004) que observou reduções de 15 a 35% na concentração de TC após o período fermentativo.

Segundo McSweeney et al. (1999) em condições de anaerobiose a diminuição do pH acidifica o ambiente, contribuindo para inativação do composto, elucidando a deterioração dos taninos condensados durante a fermentação do material. Da mesma forma, Kondo (2004), sugere que a atividade microbiana responsável pela fermentação contribui para degradação dos taninos condensados a compostos fenólicos com baixo peso molecular.

Dentre os alimentos utilizados para os ruminantes, o sorgo é a cultura mais associada à presença de taninos, devido a alguns híbridos serem caracterizados pela presença de taninos condensados em sua composição, os quais são responsáveis pela defesa da planta a ataque de insetos, pássaros, fungos e controle da germinação de grãos na panícula.

A presença de taninos nos alimentos pode ocasionar tanto efeitos benéficos quanto condições indesejadas aos animais, o que vai determinar o efeito é a concentração do mesmo no alimento, a composição dietética, o estágio fisiológico do animal e principalmente as suas características estruturais (SCHOFIELD et al., 2001).

A concentração de taninos condensados determinada no presente trabalho classificou-se abaixo do limite considerado seguro para os ruminantes de  $30$  a  $40 \text{ g kg}^{-1}$  MS (WANAPAT et al., 2013), com efeito positivo sobre a degradação microbiana de proteína devido aos TC se complexarem com as proteínas formando pontes de hidrogênio entre as unidades fenólicas do polímero e os grupos carbonilas dos peptídeos (McSWEENEY et al., 2001), aumentando o trânsito de proteína ao intestino, pois são ligações reversíveis em condições de pH adequado (MIN et al., 2003).

O processo fermentativo ocasionou redução da FDN da silagem em relação ao material *in natura*, devido principalmente ao consumo e degradação pelos microrganismos das porções mais solúveis (CS) e potencialmente degradáveis (hemicelulose e celulose) (AVILA et al., 2014).

As silagens testemunha e com inclusão de inoculante bacteriano não alteraram a concentração de FDN após a ensilagem (28 e 56 dias). Fato esse observado também por Vieira

et al. (2004) e Pereira et al. (2008), possivelmente devido à maior aderência e preferência das bactérias ácido lácticas (BAL) pelas fontes de substratos solúveis disponíveis na silagem.

A adição de ureia na silagem de sorgo forrageiro proporcionou redução dos teores de FDN aos 28 dias de ensilagem e posterior aumento aos 56 dias em relação a esse período. A redução da FDN pela adição de ureia se deve a atuação na parede celular, após hidrólise, quebrando as ligações intermoleculares, como exemplo da celulose (YAHAYA et al., 2001). Por outro lado, o aumento novamente da FDN aos 56 dias é devido possivelmente a grande formação de efluentes ao longo do processo fermentativo, visto que os substratos solúveis são perdidos, aumentando os constituintes da parede celular que apresentam taxa de degradação mais lenta (VAN SOEST, 1994).

Fernandes et al. (2009) avaliando silagens de sorgo forrageiro com adição de níveis maiores de ureia (2,5%, 5,0% e 7,5%) também observou redução no teor de FDN ocasionado pela ação do aditivo.

O teor de fibras das forrageiras é determinado principalmente pelo genótipo das plantas (DI MARCO et al., 2009) e pela relação lâmina foliar (ELSEED et al., 2007). Neumann et al. (2004) obtiveram teores variando de 650,3 a 742,3 g kg<sup>-1</sup> de FDN em silagens de sorgo forrageiro, principalmente em sorgos de porte alto com maior proporção de caule e baixa ou ausente presença de panícula, ocasionando maiores concentrações de hemicelulose, lignina e carboidratos solúveis, devido ao maior acúmulo de tecidos responsáveis pela sustentação da forrageira (YOSEF et al., 2009).

A fibra em detergente ácido (FDA) e a celulose (CEL), componente principal da FDA, reduziram de forma semelhante no período fermentativo em relação ao material *in natura* em todas as silagens avaliadas. A celulose é um carboidrato estável potencialmente degradável, entretanto, as condições ácidas do ambiente promovem hidrólise e degradação microbiana das fibras liberando a glicose (VAN SOEST, 1994). Segundo Magalhães et al. (2015), o aumento do teor de matéria seca do material ensilado, como ocorreu no presente trabalho, também contribui para redução das concentrações de FDA.

As concentrações de FDA e CEL não foram influenciadas pelos aditivos e permaneceram constantes após o período de fermentação (28 e 56 dias). Vieira et al. (2004), não relataram modificações nas concentrações de FDA das silagens de sorgo forrageiro acrescido com 0,5% de ureia e por Tolentino et al. (2016) avaliando o perfil fermentativo de híbridos de sorgo.

Sucu et al. (2001) relataram a diminuição dos carboidratos estruturais e aumento da concentração de carboidratos solúveis em silagens de sorgo aditivadas com conservante de

ácido fórmico. Ni et al. (2014) utilizando a combinação de celulase com BAL, observaram redução do pH das porções fibrosas (FDN e FDA) e aumento da PB, aparentemente melhorando o valor nutricional da silagem.

A hemicelulose (HEM) apresentou grande variação durante o processo fermentativo ocasionado pela ação dos aditivos. A adição de inoculante (SIB) não diferiu da silagem sem aditivos, apresentando redução de HEM aos 56 dias de ensilagem, por outro lado, a incorporação de ureia ocasionou redução da concentração aos 28 dias em relação ao material *in natura* e após 56 dias de fermentação.

A redução no teor de HEM e, conseqüentemente na FDN, é resultado da ação enzimática e hidrólise que ocorre durante a fase de estabilidade fermentativa da silagem, promovendo redução das frações fibrosas e disponibilidade de pentoses para a fermentação microbiana (AVILA et al., 2014).

A elevada concentração de carboidratos solúveis presente no material ensilado favorece um rápido crescimento microbiano, produção de ácidos orgânicos e queda do pH, favorecendo maior exposição dos componentes fibrosos e conseqüente maior degradação da hemicelulose (HALMEMIES-BEAUCHET-FILLEAU et al., 2013). Entretanto, a ureia tem função tamponante, ou seja, evita acentuada queda de pH em condições de elevado teor de carboidratos solúveis, como determinado no material ensilado. Dessa forma, após o perfil fermentativo na fase de estabilidade (56 dias), as silagens com ureia apresentaram pH superior às demais silagens, e conseqüentemente, menor degradação da hemicelulose.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) são solúveis em detergente neutro e representam o conteúdo celular das plantas, correspondendo aos açúcares solúveis, amido, pectinas e glucanas (HALL, 2001). A variação na concentração de CNF da silagem deve-se principalmente à redução dos carboidratos estruturais (FDN, FDA, CEL e HEM) ao longo do processo fermentativo.

A adição de ureia ocasionou menores concentrações de CNF aos 56 dias de ensilagem em relação ao material com 28 dias ensilado, provavelmente ocasionado pela menor degradação da hemicelulose nesse período das silagens aditivadas com ureia e pelo maior conteúdo de proteína bruta da silagem, visto que os CNF são determinados por estimativa e dependem da concentração de matéria mineral, PB, FDN e EE.

A ausência de alterações nas concentrações de lignina ao longo da ensilagem deve-se ao fato de que a lignina é um composto fenólico presente na parede celular das plantas, apresentando resistência ao ataque de microrganismos (MNICH et al., 2017). Quanto maiores as concentrações de lignina, mais indigestível é o alimento, devido à diminuição da

concentração de celulose e hemicelulose, que são potencialmente degradáveis e menor será o aproveitamento pelo animal.

Zhang et al. (2016) determinaram concentração de lignina no sorgo forrageiro de 67,75 g kg<sup>-1</sup>, valor similar ao abordado no presente estudo. As diferenças nos teores de fibras estão relacionadas aos diferentes genótipos forrageiros (NORMAN et al., 2013) e às variações decorrentes da relação folha e colmo (ELSEED et al., 2007) entre as variedades, principalmente em plantas de porte alto, como no caso do sorgo forrageiro AGRI 002E.

Os carboidratos são os principais substratos energéticos para a fermentação microbiana (VAN SOEST, 1994). A menor concentração de carboidratos totais nas silagens com adição de ureia deve-se principalmente ao aumento da proteína bruta do material ensilado, visto que os CT são resultantes do somatório de matéria mineral, PB e EE da silagem e pela redução na concentração de carboidratos não fibrosos após a ensilagem.

Entretanto, observa-se que não houve grande oscilação na degradação dos CT ao longo do processo fermentativo, estando semelhantes aos apresentados por Mello & Nörnberg (2004), que observaram valores de 871,88 g kg<sup>-1</sup> ao avaliarem o fracionamento de carboidratos de uma cultivar de sorgo forrageiro.

A concentração de carboidratos solúveis (CS) e de amido presentes na planta forrageira são fatores de importantes para qualidade do processo fermentativo. A redução dos CS no material ensilado em relação ao material *in natura* é consequência da atividade enzimática da planta e da fermentação bacteriana pós-ensilagem, resultando na produção de ácido lático e acético, principalmente, que controlam o pH do meio (ZHANG et al., 2016).

Foram determinadas maiores reduções na concentração de CS aos 28 dias na silagem com inoculante bacteriano e em todas as silagens com incorporação de aditivos aos 56 dias, ocasionado provavelmente ao aumento da população de BAL em relação ao tratamento controle, as quais consumiram mais rapidamente os CS existentes a fim de promover um ambiente anaeróbico adequado (MEESKE & BASSON, 1998).

Tanto na silagem testemunha, quanto nas silagens tratadas com aditivos, os microrganismos foram eficazes na degradação dos CS, disponibilizando substratos para a fermentação, sendo consistentes com os resultados de Naeini et al. (2014) que relataram diminuição na concentração de CS após 30 dias de ensilagem (166,00 para 96,70 g kg<sup>-1</sup> de MS) em sorgo sacarino.

No presente estudo, o uso de aditivos apresentou maior eficiência na degradação dos carboidratos solúveis em relação ao material sem aditivo, possivelmente pelo aumento da população e da maior atividade das BAL ocasionada pela inoculação (aumento populacional) e

pela ureia (melhora das condições do meio). Contudo, Kleinschmit & Kung Junior (2006) não observaram diferenças na concentração de CS após o início do processo fermentativo em silagens de milho com e sem inoculantes bacterianos.

Thomas et al. (2013) avaliando os CS de vários híbridos de sorgo forrageiro (130,0 a 170 g kg<sup>-1</sup> de MS), observaram que o sorgo forrageiro convencional foi a única cultivar não influenciada pelo uso de inoculante bacteriano. Possivelmente, a ausência de efeitos em silagens tratadas ou não com aditivos se deve a redução dos polissacarídeos presente na silagem dificultando o acesso das bactérias ao mesmo (WILLIAMS & SHINNERS, 2012).

Com relação ao fracionamento dos carboidratos (SNIFFEN et al., 1992), observa-se redução da fração A correspondente aos carboidratos solúveis ao longo do processo fermentativo, conseqüente pela alta taxa de degradabilidade dos carboidratos solúveis que compõe a fração. A fração B<sub>1</sub>, correspondente ao amido, pectina e glucanas, apresentou elevação da sua concentração ao longo do processo fermentativo devido ao aumento do teor de carboidratos não fibrosos.

A fração B<sub>2</sub> reduziu ao longo do processo fermentativo, pois está diretamente relacionada ao teor de FDN do material, visto que houve hidrólise dos componentes hemicelulose e celulose ao longo da ensilagem. A fração C apresentou redução ao longo do processo fermentativo ocasionado pela elevação principalmente da fração B<sub>1</sub>.

Realizando o fracionamento em silagens de sorgo forrageiro, Mello & Nörnberg (2004) observaram concentrações de 262,42; 488,11 e 121,35 g kg<sup>-1</sup> de CT para as frações A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C, respectivamente. Valores esses, diferentes aos do presente trabalho com o sorgo forrageiro AGRI 002E, o qual possui maior quantidade de colmo em relação às folhas e ausência de panícula, propiciando maior proporção da fração B<sub>2</sub> e também menor grau de lignificação o que reduz o teor da fração C.

Viana et al. (2012) trabalhando com silagens de milho, sorgo e girassol observaram concentrações variando de: 199,0 a 378,0; 268,0 a 448,0 e 258 a 393 g kg<sup>-1</sup> de CT para as frações A + B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C, respectivamente. A distinção de resultados entre culturas e híbridos destaca a importância do fracionamento de tais alimentos para o adequado balanceamento da dieta dos animais.

O teor de PB do sorgo forrageiro *in natura* foi de 78,30 g kg<sup>-1</sup> de MS, dentro da faixa considerada ideal (60,0 a 90,0 g kg<sup>-1</sup>) para ensilagem (PEDREIRA et al., 2003). Pelos valores determinados para as silagens sem aditivo e com inclusão de inoculante bacteriano, observou-se que houve pouca alteração da proteína bruta antes e após ensilagem, conseqüência da baixa

proteólise durante a fermentação, indicando baixo índice de perdas de matéria seca durante a conservação do material.

O aumento do teor de matéria seca do material ensilado e a redução do pH contribuem para a menor proteólise da proteína (PEREIRA et al., 2008), entretanto, as frações nitrogenadas da PB podem ter suas proporções alteradas ocasionado pelas proteases da forragem que degradam proteína em aminoácidos e peptídeos (McDONALD et al., 1991).

A inoculação de bactérias lácticas tem a função de aumentar a população de tais bactérias no ambiente, produção de ácidos orgânicos e redução das fermentações indesejáveis e de certa forma, redução da proteólise (DING et al., 2013). Simon et al. (2006) verificaram 80,30 e 76,10 g kg<sup>-1</sup> para silagens de sorgo no material *in natura* e após 90 dias de ensilagem, respectivamente. Da mesma forma, Ribeiro et al. (2007) observaram teores de PB do material *in natura* de 73,20 g kg<sup>-1</sup> e 64,40 g kg<sup>-1</sup> 56º dia de ensilagem de cinco genótipos de sorgo forrageiro.

A utilização da ureia como aditivo no material ensilado consiste em aumentar a disponibilidade de nitrogênio não proteico (NNP) para os microrganismos durante o processo fermentativo da silagem, reduzindo a proteólise da proteína verdadeira (PIRES et al., 2009).

A concentração de PB aumentou consideravelmente com a adição de ureia, variando de 81,99 a 125,75 g kg<sup>-1</sup> de MS, analisando o material *in natura* e a ensilagem após 56 dias de ensilagem, respectivamente. Santos et al. (2018) também observaram aumento na silagem de sorgo forrageiro com adição de ureia elevando-se de 31,20 g kg<sup>-1</sup> a 122,5 g kg<sup>-1</sup> de MS. Vieira et al. (2004) demonstraram que a adição de ureia (0,5%) na silagem de sorgo forrageiro aumentou o teor de proteína bruta aproximadamente em 40% em relação à silagem sem aditivos (105,0 versus 74,0 g kg<sup>-1</sup> de MS).

A ureia é uma alternativa dentro dos níveis recomendados, para ser adicionada à silagem com o objetivo de aumentar o valor nutricional do alimento (NEUMANN et al. 2010), principalmente em silagens de sorgo forrageiro que apresentam baixa proporção de grãos em relação ao sorgo granífero, que tradicionalmente apresenta maior valor nutritivo (COLOMBINI et al., 2012).

A utilização de ureia na silagem elevou a concentração de N-NH<sub>3</sub>/NT ao longo do processo fermentativo. Além disso, a ureia contribuiu para o aumento acentuado no teor de N-NH<sub>3</sub>/NT do material ensilado aos 28 e 56 dias (19,91 g kg<sup>-1</sup> de MS) em relação ao material *in natura* (13,19 g kg<sup>-1</sup> de MS).

A elevação do teor de nitrogênio amoniacal da silagem deve-se à ação tamponante da ureia, controlando o pH e fornecendo condições adequadas para ação das enzimas que realizam

a proteólise. O N-NH<sub>3</sub>/NT pode ser originado de vários processos bioquímicos decorrentes durante a fermentação, dentre eles, a descarboxilação, desaminação, ureólise e reações de oxidação e redução (McDONALD et al. 1991).

Em materiais com alta concentração de carboidratos solúveis, como no caso do sorgo avaliado, a adição de ureia tem efeito benéfico no ambiente anaeróbico, devido à ação da amônia no controle da população de leveduras, responsáveis pela produção de etanol e fermentações indesejáveis no material (LOPES & EVANGELISTA, 2010).

As concentrações de nitrogênio amoniacal determinadas foram inferiores aos resultados relatados por Vieira et al. (2004), que determinaram 157,0 g kg<sup>-1</sup> de MS em silagens de sorgo tratadas com o mesmo nível (0,5%) de adição de ureia. Entretanto, os resultados estão sob condições normais, pois, a planta *in natura* do sorgo apresenta em torno de 10 g kg<sup>-1</sup> de MS de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total.

Devido ao processo fermentativo, os valores de N-NH<sub>3</sub>/NT elevam-se, sendo considerados em condições normais níveis de 70 até 100 g kg<sup>-1</sup> de MS, (KLEINSCHMIT & KUNG JUNIOR, 2006), valores bem superiores aos determinados no presente estudo. Concentrações elevadas de N-NH<sub>3</sub>/NT determinadas em alguns materiais não são suficientes para determinar a qualidade do material, pois são resultado da maior disponibilidade de proteína nitrogenada em função da adição de ureia (GONÇALVES et al. 2009).

O aumento das frações A e B<sub>1</sub> durante a fermentação da proteína do sorgo forrageiro no material ensilado em relação ao material *in natura*, deve-se principalmente ao aumento no teor de proteína da planta (ANDRADE et al., 2010) e à proteólise, que realiza a conversão da proteína do sorgo em NNP (PIRES et al., 2009). Da mesma forma, Naeini et al. (2014) observaram aumento na fração A de silagens de milho e sorgo forrageiro com inclusão de ureia.

Em cultivares de sorgo granífero com elevada produção de grãos, parte da proteína não é hidrolisada por estar complexada em uma densa matriz proteica composta de glutelinas e prolaminas, resultando em menores quantidades da porção A (ROONEY et al., 2007). Nos híbridos forrageiros, a proteólise é mais intensa, aumentando consideravelmente a fração A. Da mesma forma, em silagens com adição da ureia, ocorre aumento de tal fração, por ser uma fonte exclusiva de NNP.

Com relação às frações B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C da proteína, a redução dos valores está relacionada principalmente ao aumento da fração A do material ensilado, demonstrando intensa proteólise da proteína, promovendo maior proporção de NNP na silagem. Viana et al. (2012), determinando as proporções das frações de PB da silagem de sorgo forrageiro, observaram



teores de 137,0; 595,0; 51,0 e 183,0 g kg<sup>-1</sup> de MS, para as frações proteicas A, B<sub>1</sub> + B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C, respectivamente.

As variações do fracionamento de proteínas entre as cultivares de sorgo forrageiro se devem principalmente às condições climáticas cultivares utilizadas e à aptidão do sorgo, como por exemplo, Behling Neto et al. (2017) avaliando o sorgo forrageiro, apresentaram concentrações de 237,60; 606,80; 39,60 e 116,0 g kg<sup>-1</sup> de MS para as frações proteicas A, B<sub>1</sub> + B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C, respectivamente.

Alimentos contendo grande quantidade de NNP são fundamentais para o bom funcionamento ruminal, visto que a amônia é utilizada como fonte de substrato pelos microrganismos que degradam os carboidratos estruturais (SÁ et al., 2010).

As frações proteicas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub> apresentaram maiores teores nas silagens sem adição de ureia, favorecendo maior quantidade de proteína disponível a nível ruminal (B<sub>1</sub>) para atendimento das necessidades dos microrganismos, juntamente com as frações que apresentam taxa de degradação mais lenta e escapam para a digestão intestinal (B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub>) (SÁ et al., 2010).

Os ácidos orgânicos produzidos na silagem pelos microrganismos são um dos principais parâmetros que definem a qualidade fermentativa do material (SCHMIDT et al., 2007). Com o avanço do período de ensilagem, houve acréscimo das concentrações dos ácidos láctico, acético e propiônico, devido à elevada fonte de carboidratos solúveis presentes na silagem para o desenvolvimento dos microrganismos.

O aumento dos produtos da fermentação ao longo do período de ensilagem demonstra que o pH, temperatura e a concentração de CS estavam adequadas ao desenvolvimento das bactérias responsáveis pela fermentação e produção dos ácidos orgânicos (DER BEDROSIAN et al., 2010).

A semelhança entre as concentrações de ácido láctico entre as silagens com e sem aditivos se deve principalmente à concentração de CS das plantas, suficiente para o processo fermentativo, baixa capacidade de tamponamento e elevada população de bactérias epífitas, diminuindo o efeito da inoculação bacteriana (CARVALHO et al., 2014).

As concentrações de ácido láctico determinadas no presente trabalho são semelhantes aos valores observados por Zopollato et al. (2009) e Santos et al. (2018) trabalhando com silagens de sorgo forrageiro e adição de 0,5% de ureia (61,0 e 52,7 mmol L<sup>-1</sup>), respectivamente, demonstrando ausência de efeito da ureia sobre a ação das BAL.

A baixa produção de acetato deve-se à redução da fermentação realizada por bactérias acéticas e heterofermentativas, possivelmente pela acidez no ambiente fermentativo. Vieira et al. (2004) avaliando silagens de sorgo com diferentes aditivos, observaram aumento

na produção de ácido acético com adição de 0,5% de ureia em relação à silagem sem aditivos, pela ação tamponante da ureia na massa ensilada, efeito não observado no presente estudo.

O ácido propiônico determinado nas silagens foi reduzido, possivelmente pela baixa atividade das bactérias propiônicas no material ensilado, visto que seu maior desenvolvimento ocorre em condições de pH elevado ( $>6,0$ ) (SANTOS et al., 2010), o que não foi observado nas silagens avaliadas. Güney et al. (2007) avaliando silagem de sorgo com adição de ureia (0,5%) observaram concentrações de  $1,4 \text{ mmol L}^{-1}$  de propionato, valor semelhante ao determinado com o sorgo forrageiro do presente trabalho.

A concentração de ácido butírico na silagem é reflexo da atividade de bactérias do gênero clostrídios que fazem a quebra da proteína em amônia, as quais contribuem negativamente na qualidade do material ensilado, sendo tolerado valores inferiores a  $20 \text{ mmol L}^{-1}$  (McDONALD et al., 1991). Os teores variaram de  $0,0$  a  $1,45 \text{ mmol L}^{-1}$ , semelhantes aos determinados por Machado et al. (2012) avaliando híbridos de sorgo, observaram concentração de no máximo  $0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ , demonstrando que o ambiente estava adequado para inibição do desenvolvimento dos clostrídios (DANNER et al., 2003).

O aumento da DIVMS e da DIVMO no material ensilado em relação ao material *in natura* deve-se à quantidade de carboidratos solúveis presentes no sorgo forrageiro, pela degradação da celulose e hemicelulose ao longo do processo fermentativo que reduzem a quantidade de fibra (FDN, FDA e lignina) do material. A concentração de lignina está diretamente relacionada à digestibilidade do alimento (HUHTANEN et al., 2006).

Os carboidratos solúveis, o amido, a celulose e a hemicelulose são os principais substratos para a fermentação dos microrganismos (NTAIKOU et al., 2008). A redução na concentração de fibras, juntamente com altos teores de CS podem contribuir para a maior digestibilidade da MS e da MO da silagem. Orrico Junior et al. (2015) e Machado et al. (2012) observaram DIVMS de  $573,0$  e  $545,0 \text{ g kg}^{-1}$  para o sorgo sacarino BRS 506, valores inferiores aos determinados no presente trabalho.

A adição de ureia elevou a DIVPB, possivelmente pela maior disponibilidade de NNP disponível aos microrganismos, propiciando condições adequadas para desenvolvimento, consumo dos substratos disponíveis e produção dos ácidos orgânicos (ARAKI et al., 2017).

A redução da DIVFDN ocasionada pela ação do inoculante bacteriano, provavelmente ocorreu pela hidrólise da parede celular, favorecendo a ação dos microrganismos (DEGHANI et al., 2012). Segundo Desta et al. (2016) a ação de aditivos sobre o material ensilado e a produção dos ácidos orgânicos durante a ensilagem contribuem para a degradação dos carboidratos estruturais.

### 3.5 Conclusão

A adição de ureia à silagem do sorgo forrageiro eleva a concentração de proteína bruta nitrogenada amoniacal e a digestibilidade da proteína bruta, reduzindo os teores da fibra em detergente neutro, hemicelulose e carboidratos não fibrosos. 56 dias de armazenagem é adequado para estabilizar a fermentação do material e manter as características nutritivas, no entanto, 28 dias de armazenamento é suficiente para obter-se um material estável.

### Referências Bibliográficas

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONCALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. 2013. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. 22(6):711-728.
- ANDRADE, I.V.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; BONOMO, P. 2010. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39(11):2342-2348.
- ARAKI, H.M.C.; OLIVEIRA, E.R.; GANDRA, J.R.; GOES, R.H.T.B.; TAKIYA, C.S.; JACAÚNA, A.G.; OLIVEIRA, K.M.P.; VASQUES, D.N.; BRANDÃO CONSOLO, N.R.; DEL VALLE, T.A.; DUAN ORBACH, N. 2017. Association of biological and chemical additives on nutrient composition, total losses, microbiological and fermentative profile of sugarcane silage. **Iranian Journal of Applied Animal Science**. 7:577-584.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC INTERNATIONAL. 2000. **Official methods of analysis**. 17ed. Gaithersburg: 2000p.
- ÁVILA, C.L.S.; CARVALHO, B.F.; PINTO, J.C.; DUARTE, W.F.; SCHWAN, R.F. 2014. The use of *Lactobacillus species* as starter cultures for enhancing the quality of sugar cane silage. **Journal of Dairy Science**. 97:940-951.
- BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; NOGUEIRA, J.R.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. 2007. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36:1231-1239.
- BEHLING NETO, A.; REIS, R.H.P.; CABRAL, L.S.; ABREU, J.G.; SOUSA, D.P.; SOUSA, F.G. 2017. Nutritional value of sorghum silage of different purposes. **Ciência e Agrotecnologia**. 41(3):288-299.
- BERNARDES, T.F.; CHIZZOTTI, F.H.M. 2012. Technological innovations in silage production and utilization. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 13(3):629-641.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R.J.B.; HOLMES, J.; MUCK, R.E. 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages 1. **Journal of Dairy Science**. 101(5):3952-3979.

- BULLARD, R.W.; YORK, J.O. 1996. Screening grain sorghum for bird tolerance and nutritional quality. **Crop Protection**. 15(2):159-165.
- CARVALHO, B.F.; AVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; NERI, J.; SCHWAN, R.F. 2014. Microbiological and chemical profile of sugar cane silage fermentation inoculated with wild strains of lactic acid bacteria. **Animal Feed Science and Technology**. 195:1-13.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 37(2):335-342.
- CATTANI, M.; SARTORI, A.; BONDESAN, V.; BAILONI, L. 2016. *In vitro* degradability, gas production, and energy value of different hybrids of sorghum after storage in mini-silos. **Annals of Animal Science**. 16(3):769-777.
- COLOMBINI, S., GALASSI, G.; CROVETTO, G.M.; RAPETTI, L. 2012. Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. **Journal of Dairy Science**. 95(8):4457-4467.
- DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; BRAUN, E.R. 2003. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**. 69:562-567.
- DEHGHANI, M.R.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T.; KRISTENSEN, N.B.; 2012. Effect of enzyme addition to forage at ensiling on silage chemical composition and NDF degradation characteristics. **Livestock Science**. 150:51-58.
- DER BEDROSIAN, M.C.; KUNG JUNIOR, L.; NESTOR JUNIOR, K.E. 2010. The effects of length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. **Journal of Dairy Science**. 93:176.
- DESTA, S.T.; YUAN, X.; LI, J.; SHAO, T. 2016. Ensiling characteristics, structural and non-structural carbohydrate composition and enzymatic digestibility of Napier grass ensiled with additives. **Bioresource Technology**. 221:447-454.
- DI MARCO, O.N.; RESSIA, M.A.; ARIAS, S.; AELLO, M.S.; ARZADÚN, M. 2009. Digestibility of forage silages from grain, sweet and BMR sorghum types: Comparison of *in vivo*, *in situ* and *in vitro* data. **Animal Feed Science and Technology**. 153(3):161-168.
- DING, W.R.; LONG, R.J, GUO, X.S. 2013. Effects of plant enzyme inactivation or sterilization on lipolysis and proteolysis in alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**. 96:2536-2543.
- ELSEED, A.M.A.F.; ELDAIM, N.I.N.; AMASAIB, E.O. 2007. Chemical composition and *in situ* dry matter degradability of stover fractions of five sorghum varieties. **Journal of Applied Sciences Research**. 3(10):1141-1145.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 2013. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 353p.
- FENNER, H. 1965. Method for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**. 48:249-251.
- FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVINDO, C.S. 2009. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 38(11):2111-2115.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. 1975. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). **Agriculture Handbook**. United States Department of Agriculture. 20p.
- GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; FERREIRA, P.D.S. 2009. **Alimentos para gado de leite, silagem de sorgo para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ. p.48.
- GÜNEY, M.; DEMIREL, M.; ÇELIK, S.; BAKICI, Y.; LEVENDOĞLU, T. 2007. Effects of urea, molasses and urea plus molasses supplementation to sorghum silage on the silage quality, *in vitro* organic matter digestibility and metabolic energy contents. **Journal of Biological Sciences**. 7:401-404.
- HALL, M.B. 2000. **Calculation of non-estructural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Gainesville: University of Florida, p.25.
- HALMEMIES-BEAUCHET-FILLEAU, A.; KAIRENIUS, P.; AHVENJÄRVI, S.; CROSLY, L.K.; MUETZEL, S.; HUHTANEN, P.; VANHATALO, A.; TOIVONEN, V.; WALLACE, R.J.; SHINGFIELD, K.J. 2013. Effect of forage conservation method on ruminal lipid metabolism and microbial ecology in lactating cows fed diets containing 60:40 forage-to-concentrate ratio. **Journal of Dairy Science**. 96:2428-2447.
- HOLDEN, L.A. 1990. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Animal Science**. 68:3832-3842.
- HUHTANEN, P.; NOUSIAINEN, J.; RINNE, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. **Agricultural and Food Science**. 15(3):293-323.
- KLEINSCHMIT, D.H.; KUNG JUNIOR, L. 2006. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage. **Journal of Animal Science**. 89:3999-4004.
- KONDO, M.; KITA, K.; YOKOTA, H. 2004. Feeding value to goats of whole-crop oat ensiled whit green tea waste. **Animal Feed Science and Technology**. 113:71-81.
- LAZARO, C.Z. 2009. **Obtenção e caracterização filogenética de consórcio de bactérias fototróficas púrpuras não sulfurosas consumidoras de ácidos orgânicos visando a produção de hidrogênio reator anaeróbico de batelada**. 127f. Dissertação (Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo.

- LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R. 2010. Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescidas de ureia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 5:984-991.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. **Animal Feed Science and Technology**. 57(4):347-358.
- MACHADO, F.S.; RODRÍGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; RIBAS, M.N.; TEIXEIRA, A.M.; RIBEIRO JÚNIOR, G.O.; VELASCO, F.O.; GONÇALVES, L.C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L.G.R. 2012. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 64(3):711-720.
- MAGALHÃES, J.A.; CARNEIRO, M.S.S.; ANDRADE, A.C.; PEREIRA, E.S. RODRIGUES, B.H.N.; COSTA, N.L.; FOGAÇA, F.H.S.; CASTRO, K.N.C.; TOWNSEND, C.R. 2015. Composição bromatológica do capim-Marandu sob efeito de irrigação e adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**. 36(2):933-942.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.; HERON, S.J.E. 1991. **The biochemistry of the silage**. 2nd. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 340p.
- McSWEENEY, C.S.; PALMER, B.; BUNCH, R.; KRAUSE, D.O. 1999. Isolation and characterization of proteolytic ruminal bacteria from sheep and goats fed tannin-containing shrub legume. *Calliandra calothyrsus*. **Applied and Environmental Microbiology**. 65:3075-3083.
- McSWEENEY, C.S.; PALMER, B.; McNEILL, D.M.; KRAUSE, D.O. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**. 91:83-93.
- MEESKE, R.; BASSON, H.M. 1998. The effect of a lactic acid bacterial inoculant on maize silage. **Animal Feed Science and Technology**. 70:239-247.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L. 2004. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol. **Ciência Rural**. 34(5):1537-1542.
- MIN, B.R.; BARRY, T.N.; ATTWOOD, G.T.; McNABB, W.C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review, **Animal Feed Science and Technology**. 106:3-19.
- MNICH, E.; VANHOLME, R.; OYARCE, P.; LIU S.; LU, F.; GOEMINNE G, JØRGENSEN, B.; MOTAWIE, M.S.; BOERJAN, W.; RALPH, J.; ULVSKOV, P.; MØLLER, B.L.; BJARNHOLT, N.; HARHOLT, J. 2017. Degradation of lignin  $\beta$ -aryl ether units in *Arabidopsis thaliana* expressing LigD, LigF and LigG from *Sphingomonas paucimobilis* SYK-6. **Plant biotechnology journal**. 15(5):581-593.
- MORAES, S.D.; JOBIM, C.Ca.; SILVA, M.S.; MARQUARDT, F.I. 2013. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 14(4):624-634.

- NAEINI, S.Z.; EMAMI, N.K.; ROWGHANI, E.; BAYAT, A. 2014. Influence of ensiling time on chemical composition, fermentation characteristics, gas production and protein fractions of sweet sorghum silage. **Research Opinions in Animal & Veterinary**. 4(6): 343-352.
- NAEINI, S.Z.; KHORVASH, M.; ROWGHANI, E.; BAYAT, A.; NIKOUSEFAT, Z. 2014b. Effects of urea and molasses supplementation on chemical composition, protein fractionation and fermentation characteristics of sweet sorghum and bagasse silages as alternative silage crop compared with maize silage in the arid areas. **Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences**. 4(6):343-352.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. 2001. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Seventh revised edition, Washington D.C.: National Academy Press, 360p.
- NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; REINERH, L.L.; DURMAN, T. 2010. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa aplicada & Agrotecnologia**. 3(2):187-195.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L.; PELLEGRINI, L.G.; FREITAS, A.K. 2002. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**. 31(1):293-301.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NÖRNBERG, J.L.; ALVES FILHO, D.C.A.; MELLO, R.O.; SOUZA, A.N.M.; PELLEGRINI, L.G. 2004. Avaliação da qualidade e do valor nutritivo da silagem de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. 3(1):120-133.
- NI, K.; WANG, Y.; PANG, H.; CAI, Y. 2014. Effect of cellulase and lactic acid bacteria on fermentation quality and chemical composition of wheat straw silage. **American Journal of Plant Sciences**. 5:1877-1884.
- NORMAN, H.C.; MASTERS, D.G.; BARRETT-LENNARD, E.G. 2013. Halophytes as forages in saline landscapes: Interactions between plant genotype and environment change their feeding value to ruminants. **Environmental and Experimental Botany**. 92:96-109.
- NTAIKOU, I.; GAVALA, H.N.; KORNAROS, M.; LYBERATOS, G. 2008. Hydrogen production from sugars and sweet sorghum biomass using *Ruminococcus albus*. **International Journal of Hydrogen Energy**. 33:1153-1163.
- NOZELLA, E.F. 2001. **Determinação de tanino em plantas com potencial forrageiro para ruminantes**. 2001. 58f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. 2011. **Metabolismo de carboidratos estruturais**. In: Nutrição de Ruminantes. Editores: BERCHIELLI, T.T.; A.V.; OLIVEIRA, S.G. Editora Jaboticabal: Funep.

- ORRICO JUNIOR, M.A.P.; RETORE, M.; MANARELLI, D.M.; SOUZA, F.B.; LEDESMA, L.L.M.; ORRICO, A.C.A. 2015. Forage potential and silage quality of four varieties of saccharine sorghum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 50(12):1201-1207.
- OSMAN, M.A. 2004. Changes in sorghum enzyme inhibitors, phytic acid, tannins and *in vitro* protein digestibility occurring during Khamir (local bread) fermentation. **Food Chemical**. 88:129-134.
- PEDREIRA, M.S.; REIS, R.A.; BERCHIELI, T.T.; MOREIRA, A.L.; COAN, R.M. 2003. Características agronômicas e composição química de oito híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**. 32:1083-1092.
- PEREIRA, A.C.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUES, J.A.S.; GOMES, S.P.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N.M.; FERREIRA, J.J.C.; DELGADO, L.P.; CAMPOS, M.M. 2008. Avaliação da silagem do híbrido de sorgo BR 601 com aditivos – alterações nos teores de matéria seca, frações fibrosas e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. 7(2):153-163.
- PESCE, D.M.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. 2000. Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de portes médio e alto, pertencentes ao ensaio nacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 29(4):978-987.
- PINHO, R.M.A.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F.; SOUSA, W.H.; RAMOS, J.P.F.; CARVALHO, G.G.P.; PEREIRA, G.A. 2017. Performance of confined sheep fed diets based on silages of different sorghum cultivars. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 18(3):454-464.
- PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; CARVALHO JUNIOR, J.N.; RIBEIRO, L.S.O.; CHAGAS, D.M.T. 2009. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 38(3):422-427.
- RIBAS, M.N.; MACHADO, F.S. 2010. **Produção de forragem utilizando híbridos de sorgo com capim Sudão (*S. bicolor* x *S. sudanense*)**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção. 2. Versão Eletrônica – 6ª edição.
- RIBEIRO, C.G.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, E.O.S.; CASTRO, G.H.F.; RIBEIRO JUNIOR, G.O. 2007. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 59(6):1531-1537.
- ROONEY, W.L.; BLUMENTHAL, J.; BEAN, B.; MULLET, J.E. 2007. Designing sorghum as a dedicated bioenergy feedstock. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**. 1:147-157.
- SÁ, J.F.; PEDREIRA, M.S.; SILVA, F.F.; BONOMO, P.; FIGUEIREDO, M.P.; MENEZES, D.R.; ALMEIDA, T.B. 2010. Fracionamento de carboidratos e proteínas de gramíneas tropicais cortadas em três idades. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 62(3):667-676.



- SANTOS, A.P.M.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; RIBEIRO, O.L.; PERAZZO, A.F.; PINHO, R.M.A.; MACÊDO, A.J.S.; PEREIRA, G.A. 2018. Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. **African Journal of Range & Forage Science**. 35(1):55-62.
- SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. 2010. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**. 59:25-43.
- SAS INSTITUTE. 2009. SAS PROPRIETARY SOFTWARE, RELEASE 9.2. SAS INST. INC., CARY, N.C.
- SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; PEDROSO, A.F.; PAZIANI, S.F.; WECHSLER, F.S. 2007. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36:1666-1675, (Supl.).
- SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D.M.; PELL, A.N. 2001. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**. 91:21-40.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 235p.
- SIMON, J.E.; LOURENÇO JUNIOR, J.B.; FERREIRA, G.D.G.; SANTOS, N.F.A.; NAHUM, B.S.; MONTEIRO, E.M.M. 2009. Consumo e digestibilidade de silagem de sorgo como alternativa para alimentação suplementar de ruminantes na Amazônia Oriental. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**. 4(8):103-119.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**. 70(1):3562-3577.
- SUCU, E.; FILYA, I.; TURGUT, I. 2011. The effect of a formic acid-based preservative on structural carbohydrates and nutritive value of low dry matter sweet sorghum silages. **Macedonian Journal of Animal Science**. 1:129-134.
- THOMAS, M.E.; FOSTER, J.L.; McCUISTION, K.C.; REDMON, L.A.; JESSUP, R.W. 2013. Nutritive value, fermentation characteristics, and *in situ* disappearance kinetics of sorghum silage treated with inoculants. **Journal of Dairy Science**. 96:1-12.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**. 18:104-111.
- VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2<sup>nd</sup> ed. Ithaca: Cornell University Press.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. 1991. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 74(10):3583-3597.

- VAN SOEST, P.J., WINE, R.H. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**. 52: 780-785.
- VIANA, P.T.; PIRES, A.J.V.; OLIVEIRA, L.B.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; CHAGAS, D.M.T.; NASCIMENTO FILHO, C.S.; CARVALHO, A.O. 2012. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 41(2):292-297.
- VIEIRA, D.M.; MACLEOD, G.K.; BURTON, J.H. 1980. Nutrition of the weaned Holstein calf.0020II. Effect of dietary protein level on nitrogen balance, digestibility and feed intake. **Journal of Animal Science**. 50:945-951.
- VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V.; GONÇALVES, L.C.; COELHO, S.G.; FERREIRA, M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. 2004. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 56(6):764-772.
- VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L.; BUENO, I.C.S.; SILVA FILHO, J.C.; COSTA, C.; BUENO, S.M.; NOZELLA, E.F.; LONGO, C.; VIEIRA, E.Q.; CABRAL FILHO, S.L.S.; GODOY, P.B.; MULLER-HARVEY, I. 2005. Do all tannins have similar nutritional effects? A comparison of three Brazilian fodder legumes. **Animal Feed Science and Technology**. 119:345-361.
- WANAPAT, M.; KANG, S.; KHEJORNART, P.; PILAJUN, R. 2013. Improvement of whole crop rice silage nutritive value and rumen degradability by molasses and urea supplementation. **Tropical animal health and production**. 45(8):1777-1781.
- WILLIAMS, S.D. SHINNERS, K.J. 2012. Farm-scale anaerobic storage and aerobic stability of high dry matter sorghum as a biomass feedstock. **Biomass Bioenergy**. 46:309-316.
- YAHAYA, M.S.; KIMURA, A.; HARAI, J.; NGUYEN, H.V.; KAWAI, M.; TAKAHASHI, J.; MATSUOKA, S. 2001. Effect of length of ensiling on silo degradation and digestibility of structural carbohydrates of lucerne and orchardgrass. **Animal Feed Science and Technology**. 92:141-148.
- YOSEF, E.; CARMÍ, A.; NIKBACHAT, M.; ZENOU, A.; UMIEL, N.; MIRON, J. 2009. Characteristics of tall versus short-type varieties of forage sorghum grown under two irrigation levels, for summer and sub-sequent fall harvests, and digestibility by sheep of their silages. **Animal Feed Science and Technology**. 152:1-11.
- ZHANG, S.J.; CHAUDHRY, A.S.; RAMDANI, D.; OSMAN, A.; GUO, X F.; EDWARDS, G.R.; CHENG, L. 2016. Chemical composition and *in vitro* fermentation characteristics of high sugar forage sorghum as an alternative to forage maize for silage making in Tarim Basin, China. **Journal of Integrative Agriculture**. 15(1):175-182.
- ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L.G. 2009. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 38:170-189.

#### 4. PERFIL FERMENTATIVO E POPULAÇÕES MICROBIANAS DA SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO AGRI 002E COM ADITIVOS

**Resumo:** Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da adição de inoculante bacteriano e ureia exclusivos ou associados sobre o perfil fermentativo e a qualidade microbiológica da silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E com idade de corte de 111 dias. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), capacidade tampão, recuperação de matéria seca (RMS), perdas por efluentes (PE), perdas por gases (PG), pH, temperatura, população de bactérias ácido lácticas (BAL), de enterobactérias, leveduras, clostrídios e fungos no material *in natura* e nos dias de abertura (1, 3, 7, 14, 28 e 56 dias). O teor de MS apresentou elevação com os períodos de abertura. A MO diferiu entre os dias de abertura apresentando interação entre os dias e os tratamentos. A capacidade tampão não foi influenciada pelos aditivos. A RMS, PE e PG apresentaram elevação ao longo dos dias de abertura, além disso, a RMS foi menor com a inclusão de ureia. O pH e a temperatura reduziram e estabilizaram (3° e 7° dias) após a ensilagem, respectivamente, sendo que o pH apresentou superioridade nos tratamentos com inclusão de ureia e a temperatura dos tratamentos com inoculante diferiu dos demais no material *in natura*. As BAL aumentaram a população em função dos dias de abertura, contudo, a população de enterobactérias e leveduras reduziram em função do processo fermentativo. Os clostrídios apresentaram redução em função dos aditivos com maior tempo de abertura. A população de fungos identificada apresentou sete cepas diferentes no material ensilado e reduziram ao longo do processo fermentativo. O perfil fermentativo e a qualidade microbiológica estão adequados aos padrões sugeridos para ensilagem, dispensando o uso de aditivos em silagens de sorgo forrageiro com os padrões determinados no presente estudo.

**Palavras Chave:** capacidade tampão, bactérias ácido lácticas, fungos, perdas, pH.

## **FERMENTATION PROFILE AND MICROBIAL POPULATIONS OF FORAGE SORGHUM SILAGE AGRI 002E WITH ADDITIVES**

**Abstract:** This work aimed to evaluate the effects of the addition of exclusive or associated bacterial inoculant and urea on the fermentation profile and microbiological quality of AGRI 002E forage sorghum silage with a cut age of 111 days. The dry matter (DM), organic matter (OM), buffering capacity, dry matter recovery, effluent losses (EL), gas losses (GL), pH, (LAB), enterobacteria, yeasts, clostridia and fungi in the original material and in the opening days (1, 3, 7, 14, 28 and 56 days). The DM content presented elevation with the opening periods. The OM differed between the opening days presenting interaction between days and treatments. The buffer capacity hasn't been influenced by the additives. The recovery DM, EL, and GL presented elevation along the days of opening; in addition, the DM recovery was smaller with the inclusion of urea. PH and temperature were reduced and stabilized (3 and 7 days) after silage, respectively, and pH was superior in treatments with urea inclusion and the temperature of inoculant treatments differed from the others in the original material. The LAB increased the population according to the days of opening, however, the population of enterobacteria and yeasts reduced as a function of the fermentation process. Clostridia presented reduction as a function of the additives with longer opening time. The identified fungi population showed seven different strains in the ensiled material and reduced throughout the fermentation process. The fermentation profile and the microbiological quality are adequate to the suggested standards for silage, dispensing the use of additives in forage sorghum silages with the standards determined in the present study.

**Keywords:** buffering capacity, lactic acid bacteria, fungi, losses, pH.

## 4.1 Introdução

Alimentos volumosos são fundamentais para os ruminantes, sendo as pastagens a principal fonte de alimento volumoso em países tropicais. Entretanto, a sazonalidade da produção das pastagens reduz a oferta de alimento ao longo do ano, precisando de fontes alternativas para suprir essa necessidade, dentre as quais, destaca-se o processo de conservação.

A produção de silagem tem sido amplamente utilizada como forma de conservação. O processo consiste na preservação do material pela fermentação anaeróbica, realizada principalmente pelas bactérias ácido lácticas (BAL), através da eliminação do oxigênio do material ensilado (STORM et al., 2010).

O sorgo forrageiro apresenta características necessárias ao processo de ensilagem, sendo estas: baixa capacidade tampão, elevada concentração de carboidratos solúveis (CS) e teor de matéria seca (MS), (PERAZZO et al., 2017). Entretanto, o elevado teor de carboidratos solúveis (NEUMANN et al., 2010), pode tornar-se um problema na fermentação, visto que propicia condições favoráveis ao crescimento de leveduras, fungos e enterobactérias que também utilizam o substrato para o seu desenvolvimento, gerando elevado conteúdo residual de CS, elevando as perdas de MS durante a fermentação (MOHD-SETAPAR et al., 2012).

O aumento dos microrganismos indesejáveis na silagem promove degradação dos carboidratos e proteínas, baixa estabilidade aeróbica, ocasionando fermentações etílicas e butíricas (indesejáveis), reduzindo o valor nutritivo da mesma, além de propiciar a liberação de toxinas (Clostrídios), endotoxinas (enterobactérias) e micotoxinas (fungos) que prejudicam a saúde animal (WILKINSON & DAVIES, 2013).

Quando as características da forrageira a ser ensilada limitam o processo fermentativo ou busca-se melhorar a qualidade fermentativa ou nutritiva da mesma, recomenda-se a utilização de aditivos (YITBAREK & TAMIR, 2014). A inoculação homo e/ou heterofermentativa com bactérias lácticas é geralmente utilizada a fim de aumentar a população de BAL, melhorar a fermentação do ácido láctico, inibição de microrganismos deletérios e preservar a qualidade nutricional do material a ser ensilado (ARRIOLA et al., 2015; OGUNADE et al., 2016; SILVA et al., 2016).

Entretanto, os resultados determinados em diversos trabalhos apresentam grande variabilidade. Filya et al. (2000) obtiveram resultados satisfatórios com a utilização de inoculantes bacterianos, por outro lado, Kleinschmit et al. (2005) e Ogunade et al. (2016), determinaram ausência de efeito sobre a silagem de sorgo forrageiro.

Alguns trabalhos demonstram que a inoculação com BAL prejudica a estabilidade e aumenta a deterioração aeróbica das silagens (WEINBERG et al., 1993; DANNER et al., 2003), tendo em vista que geralmente a inoculação com BAL reduz a concentração de ácido acético (ação antifúngica) e eleva a produção e concentração de ácido lático, que serve de substrato para crescimento da população de leveduras deterioradoras (WEINBERG et al., 1993).

A utilização da ureia como aditivo químico apresenta funções importantes sobre a qualidade do material ensilado. Tal aditivo tem ação antifúngica, ocasionando efeito tóxico sobre bolores e leveduras, restringindo a ação dos mesmos em silagens de elevada acidez.

A ureia em condições de alta concentração de carboidratos solúveis, como é o caso do sorgo forrageiro, atua como tampão, evitando a queda acentuada do pH (<3,0) restringindo o crescimento de microrganismos indesejáveis, aumentando a recuperação da matéria seca e mantendo a estabilidade aeróbia (FERNANDES et al., 2009; ARAKI et al., 2017). Além disso, pode ser classificada como aditivo nutriente, pelo fato de possibilitar a melhora do valor nutricional da silagem (McDONALD et al., 1991).

Dadas às propriedades nutritivas e antifúngicas da ureia e as fermentativas do inoculante bacteriano, a hipótese testada no presente trabalho é que a utilização de tais aditivos tende a reduzir as perdas por fermentação, melhorar o processo fermentativo e reduzir o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis na silagem.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da adição de inoculante bacteriano e/ou ureia sobre o perfil fermentativo e a qualidade microbiológica da silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E.

## **4.2 Material e Métodos**

O experimento foi conduzido em condições à campo, em uma área de 0,62 hectares, localizada geograficamente pelas coordenadas 24°32'49,7''S de latitude, 54°01'46,4''O de longitude e 392 m de altitude. O clima da Região é Cfa (Clima Subtropical úmido), tendo como características verões quentes, baixa frequência de geadas e tendência à estação seca definida (ALVARES et al., 2013). O regime pluviométrico, a umidade relativa do ar média e a temperatura (mínima, média e máxima), decorrentes do ciclo produtivo do sorgo foram coletados da estação meteorológica instalada do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalada ao lado da área experimental (Figura 1). O solo desta região é classificado como Latossolo vermelho eutroférrico com textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

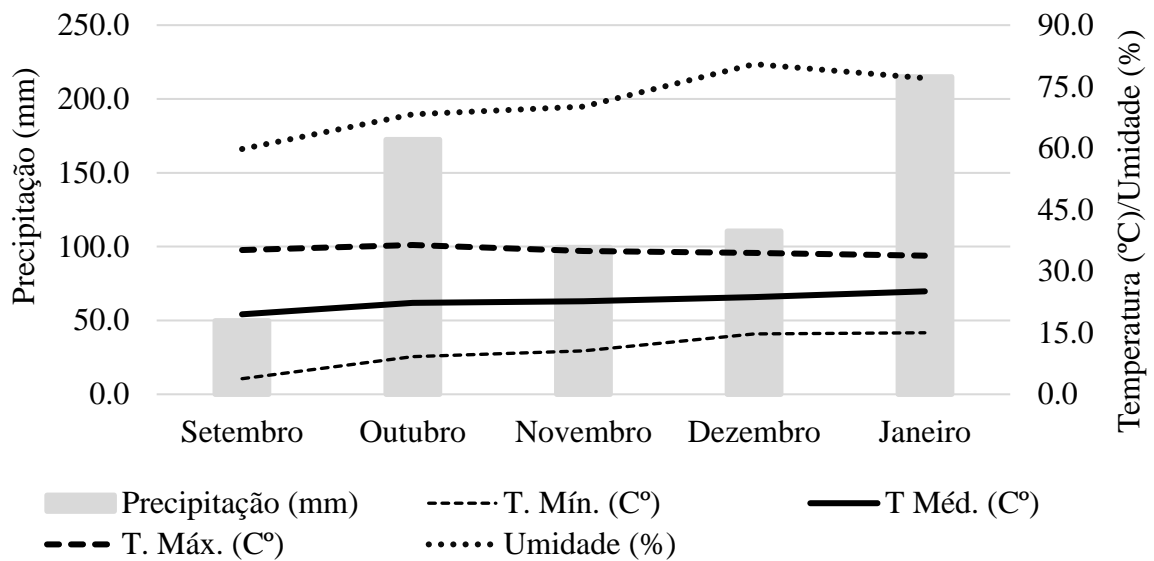


Figura 1. Dados meteorológicos determinados durante o ciclo produtivo do sorgo forrageiro AGRI 002E (setembro/2016 a janeiro/2017). Fonte: INMET (2018)

O sorgo utilizado para a produção de silagem foi o forrageiro AGRI 002E (*Sorghum bicolor*), com semeadura realizada dia 22 de setembro de 2016. A semeadura foi realizada através de semeadora – adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para sistema de plantio direto (SPD), depositando-se as sementes na profundidade de 5 cm com densidade populacional de 6 sementes por metro linear (fileira) obedecendo um espaçamento entre linhas de 0,7 metros. A adubação química realizada no plantio foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 8:20:20 (NPK) e a adubação nitrogenada de 150 kg ha<sup>-1</sup> após 40 dias do plantio.

As características agrônômicas do sorgo (estande de plantas, altura das plantas, participação de colmo e folhas na matéria seca (MS) da planta e produtividade de matéria verde e de matéria seca) e a determinação da composição botânica foram avaliadas no dia 10 de janeiro de 2017, após 110 dias do plantio, um dia antes da ensilagem (Tabela 1).

Estande final de plantas (EFP) por hectare foi determinado pelo número de plantas colhidas na área útil, convertido em mil plantas por hectare, obtido por multiplicação pelo fator de conversão 1,43 = [10 / (2 linhas \* 5 m \* 0,7 m de espaçamento entre linhas)].

A altura das plantas (AP) foi determinada realizando medição por meio de trena métrica da distância entre o colo da planta (base da planta rente ao solo) e a inserção da última folha da planta.

Para determinação das proporções da planta inteira (composição botânica) foram coletadas 5 plantas, cortadas a 10 cm do solo, separados os constituintes da planta (colmo e folhas) e pesados para determinação de suas proporções na planta inteira e posteriormente

pesados para a determinação da produção de matéria verde (PMV) e matéria seca (PMS) por hectare.

Tabela 1. Avaliação agronômica da cultivar de sorgo forrageiro AGRI 002E utilizada para ensilagem

Variedade	Avaliação agronômica				Composição botânica (% MV)	
	EPF (n° ha <sup>-1</sup> )	AP (cm)	PMV (t)	PMS (t)	Colmo	Folha
AGRI 002E	123.484	358,00	149,17	27,33	78,70	21,30

EPF: Estande final de plantas (plantas ha<sup>-1</sup>); AP: Altura de plantas; PMV: Produção de matéria verde (t ha<sup>-1</sup>); PMS: Produção de matéria seca (t ha<sup>-1</sup>); MV: Matéria verde.

A colheita do sorgo foi realizada no dia 11 de janeiro de 2017, quando a forrageira atingiu 111 dias pós-plantio, conforme recomendações técnicas, com auxílio de uma ensiladeira acoplada ao trator, altura de corte a 10 cm do solo e tamanho de partícula de 1 e 2 cm.

O material picado foi alocado sobre lona plástica para incorporação dos aditivos procedendo-se uma mistura homogênea e, posteriormente, enchimento e compactação (bastões de madeira) dos silos experimentais de PVC com 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento, fechados com tampa de PVC dotados de válvula do tipo Bunsen para livre escape dos gases (perdas gasosas) e uma camada de 5 cm de areia auto clavada e seca na parte inferior do silo, separada por uma camada de pano de algodão para escoamento dos efluentes (perdas por efluentes) e vedados com fitas adesivas para evitar a troca de ar com o meio.

Os tratamentos consistiram em: Silagem sem aditivos ou testemunha (ST), silagem com inclusão de inoculante bacteriano biológico produzido com cepas de bactérias lácticas (*Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici*) na dose de 2 litros de solução contendo 2 gramas de inoculante para cada tonelada (SIB) da matéria natural, silagem com adição de ureia do tipo comercial granulada (45N) na dose de 0,5% da matéria natural (SU) e silagem com adição de ureia (0,5%) + inoculante bacteriano (2 g ton<sup>-1</sup> de MV) (SUIB).

Uma amostra de 20 gramas de material *in natura* foi adicionada em 250 mL de água destilada, permanecendo em repouso por 30 minutos para determinação da capacidade tampão expressa em equivalente miligrama (emq 100g<sup>-1</sup> MS). Foi realizada a titulação para pH 3,0 com ácido clorídrico (HCl) 0,1N e sequencialmente titulação para pH 6,0 com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, conforme metodologia descrita por PLAYNE & McDONALD (1966).

Os silos experimentais foram pesados previamente vazios, após a alocação do conjunto (silo + areia auto clavada + tecido de algodão + corda de nylon) e após fechamento, para determinar a massa verde ensilada. No momento de abertura, foi realizada a pesagem dos silos



fechados para verificar a diferença de peso em relação ao peso inicial da massa, ocasionado pela evacuação dos gases (PG), que juntamente com os efluentes (PE) e pela recuperação de matéria seca (RMS) definem a qualidade fermentativa da silagem (SCHMIDT et al., 2007).

Os silos foram abertos para análises com 1, 3, 7, 14, 28 e 56 dias após a ensilagem e novamente pesados, para avaliação do perfil fermentativo.

Na abertura, foi realizada a pesagem dos silos cheios para verificar a diferença de peso em relação ao peso inicial da massa ocasionado pela evacuação dos gases (Equação 1).

Equação 1:

$$PG (\%) = \frac{(Pe - Pab)}{MFfe * MSfe} * 1000$$

Onde, PG: perda por gases (% MS); Pfe: peso do silo cheio no momento do fechamento (kg); Pab: peso do silo cheio na abertura (kg); MFfe: massa de forragem no momento do fechamento (kg); MSfe: teor de matéria seca da forragem no momento do fechamento (% MS).

A perda de efluente (PE) foi determinada através da utilização de coletor no fundo dos silos experimentais (areia auto clavada) por diferença de massa do conjunto na abertura e antes da ensilagem, em relação à quantidade de forragem *in natura* ensilada (Equação 2).

Equação 2:

$$PE (\text{kg. t}^{-1} \text{ MV}) = \frac{(Pab - Pfe)}{MFfe} * 1000$$

Onde, PE: produção de efluente ( $\text{kg.t}^{-1}$  MV); Pab: peso do conjunto (silo + areia + tecido + corda de nylon) vazio na abertura, (kg); Pfe: peso do conjunto (silo + areia + tecido + cordinha) vazio no fechamento (kg); MFfe: massa de forragem no fechamento (kg).

A recuperação de matéria seca (RMS) foi determinada pela diferença entre a quantidade de massa ensilada (kg MS) e a massa resultante (kg MS) na abertura dos silos (Equação 3).

Equação 3:

$$RMS (\%) = \frac{(MVfo * MSfo)}{MSi * MSSi} * 100$$

Onde, RMS: Recuperação de matéria seca (%); MVfo: Massa verde de forragem na ensilagem (kg); MSfo: Matéria seca da forragem na ensilagem (%); MSi: Massa de silagem na abertura dos silos (kg); MSSi: Matéria seca da silagem na abertura dos silos (%).

Juntamente com as pesagens, na abertura foi realizada a medição da temperatura ambiente e da temperatura da silagem com a utilização de um termômetro espeto digital e mensurado o pH das silagens utilizando-se de um potenciômetro digital segundo a metodologia descrita por CHERNEY & CHERNEY (2003), que consiste em adicionar 100 mL

de água destilada em 10 g de amostra, permanecendo em repouso por uma hora antes da leitura.

Após as pesagens dos silos experimentais, descartou-se uma camada de 5 cm das porções superior e inferior da silagem e a massa restante foi acondicionada em baldes plásticos, realizado uma homogeneização do material e coleta de amostras para as análises microbiológicas, realizadas posteriormente a abertura, e bromatológicas, as quais foram armazenadas em sacos plásticos e congeladas em freezer a -20°C.

As populações microbianas foram determinadas a partir de técnicas de cultura de acordo com Silva et al. (1997). Foi adicionado 225 mL de água destilada estéril em 25 g de amostra, mantidas sob agitação, sendo pipetado 1 mL em sucessivas diluições de  $10^{-1}$  a  $10^{-9}$  em tubos de ensaio contendo 9 mL de água destilada. Posteriormente, realizada semeadura de 0,1 mL por placa dos extratos diluídos.

O isolamento dos fungos e leveduras foi realizado por indução do crescimento do micélio em meio de cultura, induzido por esporulação em superfície de Batata Dextrose Ágar (BDA) incubadas em °C ambiente por sete dias (BRACKETT & SPLITTSTOESSER, 1992). Após a incubação, foi realizada a contagem dos microrganismos isolados e posteriormente, preparo das lâminas para identificação microscópica das colônias quanto ao gênero.

As amostras para contagem das enterobactérias foram semeadas em placas de profundidade com Violet Red Bile Agar (VRB), incubadas a 35°C durante 24 horas. Para a contagem de *Clostridium* foram utilizadas placas com Reinforced Clostridial Agar incubadas em estufa anaeróbia com injeção de CO<sub>2</sub> durante 24 horas a 35°C. As bactérias ácido-láticas (BAL) foram semeadas em superfície de Agar de Man, Rugosa e Sharpe (MRS), incubadas por 48 horas em estufa à temperatura de 30°C.

Após a incubação, foi realizada a contagem manual das colônias, sendo passíveis de contagem placas com até 300 UFC (unidade formadora de colônia), com os resultados expressos em log de UFC g<sup>-1</sup> de silagem conforme GONZÁLEZ & RODRIGUEZ (2003).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com medidas repetidas no tempo, sendo quatro tratamentos, quatro repetições e sete tempos de aberturas. As variáveis foram testadas quanto à normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk e os resultados foram submetidos à análise de variância em nível de 5% de significância pelo teste de Tukey, utilizando o comando PROC MIXED (modelos mistos) do SAS (versão 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, 2009).

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_k (T_i) + P_j + TP_{ij} + e_{ijk}$$

Onde,  $Y_{ijk}$ : Observação relativa ao  $i$ -ésimo tratamento, ao  $j$ -ésimo período e a  $k$ -ésima repetição;  $\mu$ : Média geral;  $T_i$ : Efeito correspondente ao  $i$ -ésimo tratamento (1, 2, 3 e 4);  $R_k (T_i)$ : Efeito correspondente a  $k$ -ésima repetição dentro do  $i$ -ésimo tratamento (1, 2, 3 e 4);  $P_j$ : Efeito correspondente ao  $j$ -ésimo período (0, 1, 3, 7, 14, 28 e 56);  $TP_{ij}$ : Efeito da interação entre o  $i$ -ésimo tratamento e o  $j$ -ésimo período;  $e_{ijk}$ : Erro aleatório associado a  $i$ -ésimo tratamento,  $j$ -ésimo período,  $k$ -ésima repetição.

### 4.3 Resultados

Os teores de matéria seca (MS) da silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pela inclusão de aditivos (Tabela 2), entretanto verificou-se efeito ( $P\leq 0,05$ ) para os dias de abertura da silagem. Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos e os dias de abertura. A matéria seca do sorgo forrageiro pós-ensilagem foi superior em relação ao material *in natura*, tendo sido constatado maiores teores no primeiro e terceiro dia de abertura com redução nas aberturas subsequentes (Figura 2).

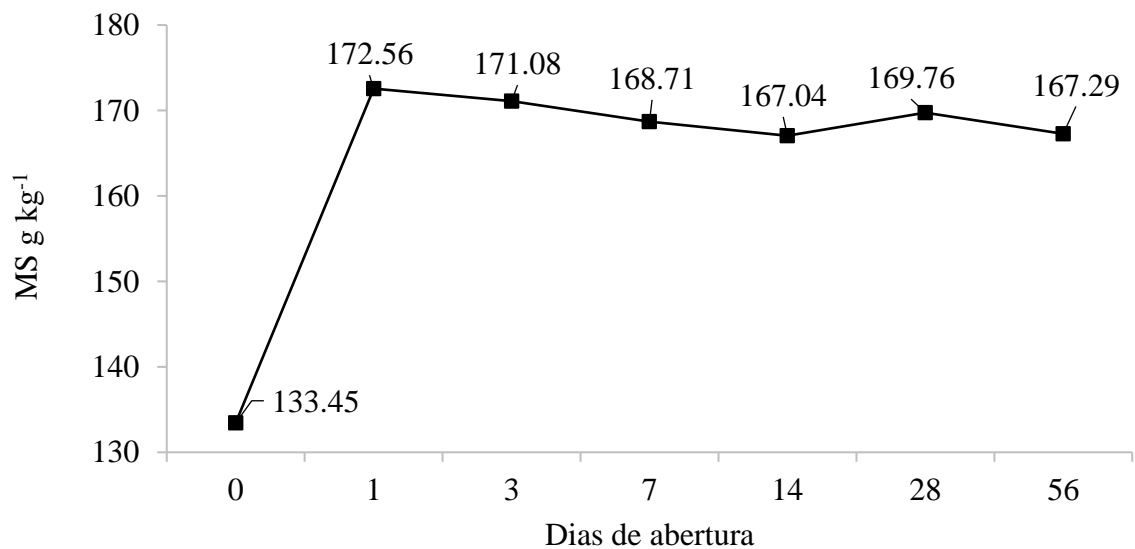


Figura 2. Matéria seca (MS) da silagem de sorgo forrageiro em função dos dias de abertura

Tabela 2. Valores médios das características químico-bromatológicas, das perdas e microbiológicas da silagem de sorgo forrageiro em função da incorporação de aditivos e dos dias de abertura

Variável	Tratamento (T)				EPM	Probabilidade		
	ST	SIB	SU	SUIB		T	DA	T x DA
Matéria seca (g kg <sup>-1</sup> )	165,33	164,48	163,70	163,56	0,70	0,27	<0,01	0,67
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> de MS)	923,24	923,28	924,83	924,32	0,53	0,14	<0,01	<0,01
Capacidade tampão (meq 100g <sup>-1</sup> MS)	54,32	52,80	57,13	56,75	1,40	0,15	-	-
Recuperação de Matéria seca (%)	92,84	94,17	88,95	87,64	0,76	<0,01	<0,01	0,67
Perdas por efluentes (kg ton <sup>-1</sup> )	45,08	43,12	44,53	42,26	1,72	0,65	<0,01	0,41
Perdas por gases (%)	0,90	0,75	0,98	0,82	0,07	0,18	<0,01	0,60
pH	3,89	3,90	4,13	4,11	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Temperatura (°C)	26,92	27,34	27,11	27,38	0,07	<0,01	<0,01	<0,01
Bactérias Ácido-Láticas (log UFC g <sup>-1</sup> )	5,89	5,77	5,93	5,63	0,16	0,58	<0,01	0,59
Enterobactérias (log UFC g <sup>-1</sup> )	2,53	2,35	2,58	2,18	0,21	0,52	<0,01	0,64
Leveduras (log UFC g <sup>-1</sup> )	1,16	1,22	1,12	0,97	0,14	0,62	<0,01	0,12
Clostrídios (log UFC g <sup>-1</sup> )	6,46	6,59	6,27	6,22	0,09	0,05	<0,01	0,02

EPM: Erro padrão da média; ST: Silagem Testemunha; SIB: Silagem com Inoculante Bacteriano; SU: Silagem com Ureia; SUIB: Silagem com Inoculante Bacteriano + Ureia; T: Tratamentos; DA: Dias de abertura (0, 1, 3, 7, 14, 28 e 56); T x DA: Interação entre tratamentos e dias de abertura.

A variável matéria orgânica (MO), também não diferiu entre os tratamentos, porém houve efeito ( $P \leq 0,05$ ) para os dias de abertura, apresentando interação entre tratamento e tempo (Tabela 3). A matéria orgânica do material *in natura* diferiu ( $P \leq 0,05$ ) dos dias de abertura em todos os tratamentos testados, apresentando menor concentração. As silagens avaliadas apresentam maior teor de MO aos 28 dias de ensilagem e posterior redução aos 56 dias, com exceção do tratamento SUIB que permaneceu semelhante.

Tabela 3. Matéria orgânica (MO) na silagem de sorgo forrageiro com aditivos em função dos dias de abertura

Tratamento (g kg <sup>-1</sup> MS)	Dias de abertura							EPM
	0	1	3	7	14	28	56	
ST	911,50e	925,40bc	927,58ab	922,68cd	920,03d	930,65a	924,88bc	1,90
SIB	913,20d	923,58bc	925,20b	925,45b	921,10c	929,00a	925,45b	1,90
SU	909,33c	929,05a	929,25a	929,00a	923,53b	930,00a	923,68b	1,90
SUIB	909,98c	927,05a	929,35a	927,65b	925,78a	927,50a	928,93a	1,90

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha, diferem entre si estatisticamente ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; EPM: Erro padrão da média; ST: Silagem Testemunha; SIB: Silagem com Inoculante Bacteriano; SU: Silagem com Ureia; SUIB: Silagem com Inoculante Bacteriano + Ureia.

A capacidade tampão não diferiu estatisticamente ( $P > 0,05$ ) entre as silagens tratadas com aditivos, apresentando média de 55,25 meq 100 g de MS.

Em relação à recuperação de matéria seca da silagem (RMS), houve influência da utilização de aditivos e entre os dias de abertura ( $P \leq 0,05$ ), porém não foi constatado interação entre os tratamentos e os dias ( $P > 0,05$ ). Entretanto, para as perdas de efluentes e gases só houve efeito entre os dias de abertura ( $P \leq 0,05$ ).

Obteve-se maior recuperação de matéria seca ( $P \leq 0,05$ ) nos tratamentos com inclusão de inoculante bacteriano e no tratamento testemunha em comparação às silagens tratadas com ureia. Com relação aos dias de abertura, houve efeito linear crescente ( $P \leq 0,05$ ) conforme a equação obtida ( $\hat{Y}: 89,401 + 0,0822x$ ) para a RMS.

A perda no material ensilado ocasionado por efluentes apresentou efeito linear crescente ( $P \leq 0,05$ ) entre os dias de abertura (Tabela 4).

Tabela 4. Perdas de efluentes (PE) e de gases (PG) na silagem de sorgo forrageiro em função dos dias de abertura

Variáveis	Dias de abertura						EPM
	1	3	7	14	28	56	
Efluentes (kg ton <sup>-1</sup> )	37,72c	38,49c	47,72ab	49,13a	43,86b	45,56ab	1,72
Gases (%)	0,68b	0,72b	0,73b	0,89ab	1,05a	1,08 <sup>a</sup>	0,07

Médias seguidas de letras diferentes na linha, diferem entre si estatisticamente ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; EPM: Erro padrão da média.

Com relação às perdas ocasionadas pelos gases, estas também apresentaram efeito linear crescente ( $P \leq 0,05$ ) para as aberturas, superando 1% de perdas aos 28 e 56 dias.

O potencial hidrogeniônico e a temperatura do material ensilado no momento da abertura dos silos experimentais diferiram ( $P \leq 0,05$ ) entre os tratamentos, entre os dias de abertura e apresentaram interação de tratamento x dias. Ambas as variáveis apresentaram efeito quadrático ( $P \leq 0,05$ ) para os dias de abertura em todas as silagens avaliadas (Figura 3).

As silagens que foram tratadas com ureia apresentaram maiores valores ( $P \leq 0,05$ ) de pH em todos os dias de abertura da silagem em comparação à silagem sem aditivos e com adição exclusiva de inoculante bacteriano. O pH reduziu ( $P \leq 0,05$ ) em função do tempo de fermentação em todos os tratamentos, estabilizando o mesmo entre as aberturas dos dias 28 e 56.

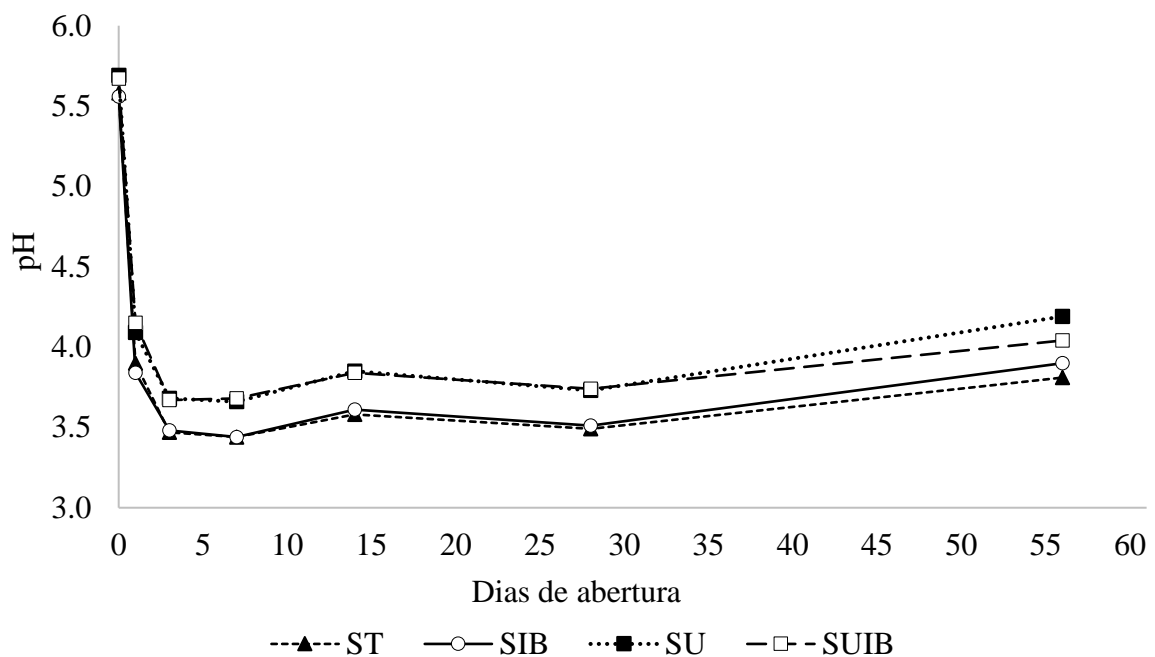


Figura 3. Potencial hidrogeniônico (pH) da silagem de sorgo forrageiro com aditivos em função dos dias de abertura

Em relação à temperatura medida no momento de abertura dos silos experimentais, detectou-se diferença entre os tratamentos no material *in natura*, onde as silagens tratadas com inoculante bacteriano foram superiores ( $P \leq 0,05$ ) as silagens ST e SU, e no primeiro dia pós-ensilagem em que a silagem controle foi inferior às silagens tratadas com aditivos. Com o início da fermentação propriamente dita (a partir do 3º dia), as silagens apresentaram comportamento semelhante ( $P > 0,05$ ) para as temperaturas de abertura das silagens (Figura 4).

As silagens avaliadas apresentaram temperatura no interior do silo superior a temperatura ambiente em todos os dias de abertura, estando dentro do recomendado que seria de  $\pm 2^\circ\text{C}$  (TAYLOR & KUNG JUNIOR, 2002), com exceção do material *in natura*, onde as silagens com adição de inoculante bacteriano apresentaram temperatura de até  $2,5^\circ\text{C}$  acima da temperatura ambiente.

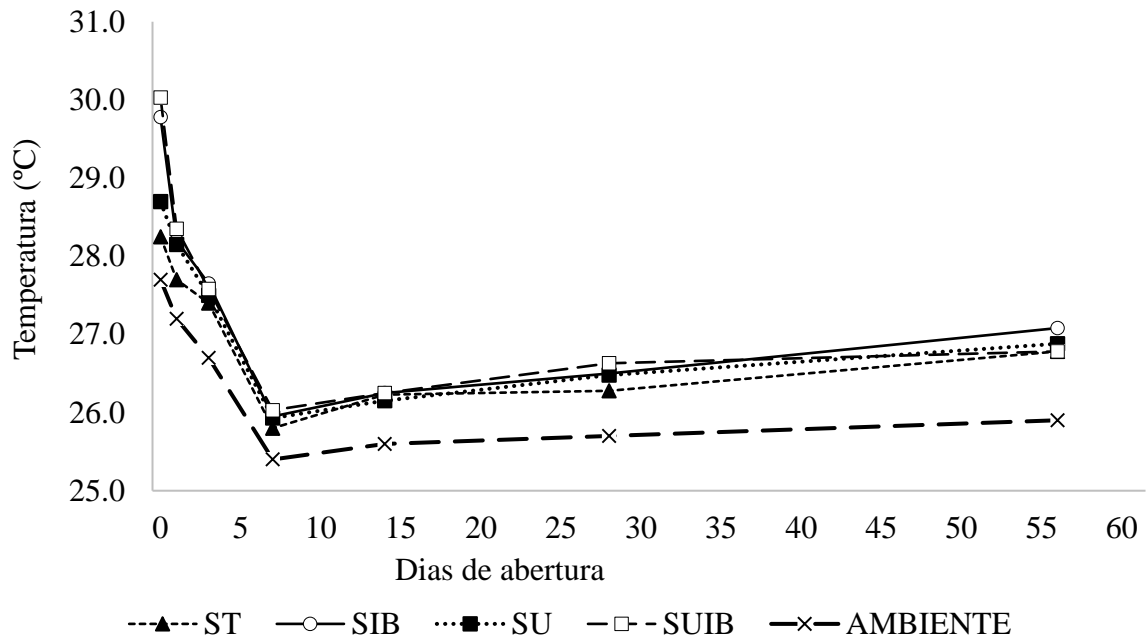


Figura 4. Temperatura ambiente e da silagem de sorgo forrageiro com aditivos e em função dos dias de abertura

Em relação à presença dos microrganismos na silagem, a população de bactérias ácido lácticas (BAL), enterobactérias e leveduras diferiram ( $P \leq 0,05$ ) entre os dias de abertura da silagem. As BAL apresentaram elevado desenvolvimento devido à grande fonte de carboidratos solúveis presentes no material ensilado, conforme determinado entre o material *in natura* ( $4,82 \log \text{ UFC g}^{-1}$ ) e o primeiro dia de abertura ( $7,29 \log \text{ UFC g}^{-1}$ ) apresentando efeito quadrático ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 5). A população de BAL reduziu no dia 3 em relação ao dia 1, permanecendo constante até 28 dias de abertura, reduzindo apenas aos 56 dias pós-ensilagem.

Quanto à contagem de enterobactérias, também verificou-se maior contagem no material *in natura* ( $P \leq 0,05$ ), com decréscimo da população a partir da abertura do primeiro dia, apresentando algumas oscilações conforme prosseguiu-se o perfil fermentativo, porém com valores inferiores ao material *in natura*. A população de leveduras do material *in natura* ( $3,18 \log \text{ UFC g}^{-1}$ ) foi superior aos demais dias de abertura da silagem de sorgo forrageiro com e sem aditivos ( $P \leq 0,05$ ), que apresentaram redução em relação ao material *in natura*.

Tabela 5. Contagem das populações de bactérias ácido-láticas (BAL), enterobactérias e leveduras na silagem de sorgo forrageiro em função dos dias de abertura

Variáveis (log UFC g <sup>-1</sup> )	Dias de abertura							EPM
	0	1	3	7	14	28	56	
BAL <sup>1</sup>	4,82c	7,29a	6,56b	6,48b	6,21b	5,95b	3,35d	0,16
Enterobactérias	5,68a	4,36b	0,26e	1,35d	2,26c	2,30c	0,66de	0,21
Leveduras	3,18a	0,54b	0,83b	0,89b	0,93b	0,70b	0,76b	0,14

Médias seguidas de letras diferentes na linha, diferem entre si estatisticamente ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; EPM: Erro padrão da média; <sup>1</sup>Ŷ:  $3,5314 + 1,961x - 0,2783x^2$ ;

Em relação à população de clostrídios, constatou-se diferença entre os tratamentos e os dias de abertura, apresentando interação entre tratamento e dia ( $P \leq 0,05$ ). As populações de clostrídios não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelos aditivos até sete dias após a ensilagem (Tabela 6). Na abertura aos 14 dias, os tratamentos com inclusão de ureia reduziram a população de clostrídios ( $P \leq 0,05$ ), e a partir do 28º dia de ensilagem as silagens tratadas com aditivos reduziram a população em relação a silagem sem aditivos.

Em relação ao período de abertura, o desenvolvimento da população de clostrídios após a ensilagem, no tratamento sem inclusão de aditivos permaneceu elevada até os 14 dias de abertura, reduzindo aos 28 dias e elevando-se novamente aos 56 dias de ensilagem. Para a silagem tratada com inoculante bacteriano (SIB), as maiores contagens de população de clostrídios foram determinadas nas aberturas do dia 1, 7 e 14 com redução no dia 28 e elevação novamente aos 56 dias de ensilagem. No entanto, para as silagens tratadas com ureia (SU) e ureia associada ao inoculante (SUIB), o maior desenvolvimento ocorreu no primeiro dia ensilado reduzindo posteriormente com o passar dos dias e da fermentação.

Tabela 6. População de clostrídios (log UFC g<sup>-1</sup>) na silagem de sorgo forrageiro com aditivos em diferentes dias de abertura

Tratamento	Dias de abertura							EPM
	0	1	3	7	14	28	56	
	Clostrídios (log UFC g <sup>-1</sup> )							
ST	5,93c	6,81ab	6,64ab	6,65ab	7,07Aa	6,38Abc	6,68Aab	0,34
SIB	5,82c	7,38a	6,67b	6,94ab	7,15Aab	5,49Bc	5,74Bc	0,34
SU	5,89cd	7,41a	6,52b	6,39b	6,26Bbc	5,68Bd	5,74Bd	0,34
SUIB	5,79cd	7,38a	6,52b	6,44b	6,38Bbc	5,37Bd	5,87Bcd	0,34

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si estatisticamente ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; EPM: Erro padrão da média; ST: Silagem Testemunha; SIB: Silagem com Inoculante Bacteriano; SU: Silagem com Ureia; SUIB: Silagem com Inoculante Bacteriano + Ureia.

Foram determinados sete gêneros de fungos (*Trichoderma*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Phoma* e *Pithomyces*) na silagem de sorgo tratada com aditivos ao longo do perfil fermentativo (Tabela 7).



Tabela 7. Ocorrência de fungos (log UFC g<sup>-1</sup>) na silagem de sorgo forrageiro com aditivos em diferentes dias de abertura

Tratamento	Trichod.	Fusar.	Cladosp.	Penic.	Asperg.	Phoma	Pithom.	Total
Dia 0								
ST	2,75	2,08	2,84	1,16	1,10	1,46	2,93	14,32
SIB	2,37	2,31	2,57	1,55	1,21	ND	1,93	11,94
SU	1,51	2,86	2,64	1,58	1,78	0,90	2,25	13,52
SUIB	2,06	2,81	2,77	0,87	2,29	ND	0,91	11,71
Dia 1								
ST	0,44	2,57	1,45	0,25	1,85	0,50	ND	7,06
SIB	ND	1,41	0,90	0,96	2,62	ND	0,25	6,14
SU	0,50	1,13	0,75	0,95	1,60	ND	0,50	5,43
SUIB	ND	0,50	0,75	0,62	1,75	ND	1,00	4,62
Dia 3								
ST	ND	1,50	1,60	0,63	2,27	ND	0,75	6,75
SIB	0,25	2,50	0,75	0,65	1,97	ND	ND	6,12
SU	1,19	2,36	1,13	0,81	2,71	0,75	0,50	9,45
SUIB	0,33	2,58	2,00	1,31	2,38	ND	ND	8,60
Dia 7								
ST	ND	ND	ND	0,46	0,85	ND	ND	1,31
SIB	1,35	1,70	2,04	1,00	1,92	ND	ND	8,01
SU	ND	1,70	1,95	1,49	1,46	1,50	1,33	9,43
SUIB	ND	2,00	0,25	ND	1,27	ND	ND	3,52
Dia 14								
ST	ND	0,97	ND	0,50	1,25	ND	0,50	3,22
SIB	ND	0,50	1,25	1,12	1,37	ND	1,25	5,49
SU	ND	1,33	1,62	ND	2,37	ND	1,75	7,07
SUIB	ND	1,12	0,75	0,63	1,08	ND	1,58	5,16
Dia 28								
ST	ND	0,32	0,65	0,75	1,33	ND	1,58	4,63
SIB	0,75	1,25	0,25	ND	ND	ND	0,50	2,75
SU	ND	2,07	0,62	1,58	1,69	ND	1,60	7,56
SUIB	ND	0,50	0,25	ND	1,38	ND	1,58	3,71
Dia 56								
ST	1,82	2,46	0,75	ND	1,67	ND	2,07	8,77
SIB	0,25	0,54	ND	ND	0,87	ND	1,74	3,40
SU	0,50	0,83	0,50	1,28	1,91	ND	0,25	5,27
SUIB	ND	1,25	ND	ND	0,33	ND	0,75	2,33

Trichod.: *Trichoderma* spp.; Fusar.: *Fusarium* spp.; Cladosp.: *Cladosporium* spp.; Penic.: *Penicillium* spp.; Asperg.: *Aspergillus* spp.; Phoma: *Phoma* spp.; Pithom.: *Pithomyces* spp.; ST: Silagem Testemunha; SIB: Silagem com Inoculante Bacteriano; SU: Silagem com Ureia; SUIB: Silagem com Ureia + Inoculante Bacteriano; ND: Não identificado.

No material *in natura*, os tratamentos apresentaram elevada população dos fungos citados, exceto os tratamentos (SI e SUIB) com inclusão de inoculante bacteriano, no qual não foi determinada a presença do gênero *Phoma*. O mesmo ocorreu até o final dos dias de abertura, já que não foi encontrado esse gênero nas silagens tratadas com inoculante.

A partir do primeiro dia de abertura, foi verificada redução da população de fungos na silagem principalmente dos gêneros *Trichoderma* e *Phoma*, sendo este último observado até o 14º dia. A ocorrência de fungos detectados frequentemente ao longo de todos os dias de abertura foram principalmente *Fusarium*, *Cladosporium*, *Aspergillus* e *Pithomyces*. Ao longo do perfil fermentativo a adição dos aditivos à silagem, ocorreu o desaparecimento de algumas populações de fungos, como determinado nos dias de abertura sete, 14 e 28 dias em que as silagens com ureia inibiram a presença do *Trichoderma*, aos 28 dias o inoculante bacteriano inibiu o gênero *Penicilium* e aos 56 dias os gêneros *Penicilium* e *Cladosporium*.

#### 4.4 Discussão

A adição de ureia e inoculante bacteriano apresentou ausência de efeito sobre os teores de matéria seca. A elevação dos teores de MS da silagem de sorgo após a abertura dos silos experimentais é consequência da desidratação do material ensilado e evaporação da água (ÁVILA et al., 2009). Porém, em função da prolongação dos dias de abertura, ocorre a oxidação dos substratos solúveis, consumo pelos microrganismos deterioradores e perdas na forma de gases, gerando a chamada “água de metabolismo”, ocasionando pequenas reduções nos teores de MS (ZAGO, 1991).

A matéria seca da silagem de sorgo ficou abaixo das recomendações sugeridas por Nussio et al. (2001), o qual determina concentrações acima de 250 g kg<sup>-1</sup> de MS para que possa ocorrer um processo fermentativo adequado. Entretanto, devido às demais características da forrageira, tais como elevado teores de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão estarem apropriados, o processo fermentativo apresentou estabilidade.

A ureia, além de aditivo nutriente, pode modificar a exposição da celulose e da hemicelulose que estão complexadas no material ensilado, alterando o tipo e o desenvolvimento de determinados grupos de microrganismos responsáveis pela fermentação, promovendo aumento do teor de MS, como observado no presente trabalho e redução das perdas (MERRILL et al., 2012).

Um fator importante na qualidade fermentativa é a observação da matéria seca do material ensilado, visto que em condições elevadas de MS e aumento ao longo do período de abertura, pode ocorrer depressão no desenvolvimento de bactérias ácido lácticas, reduzindo a taxa e extensão da fermentação (KUNG JUNIOR et al., 2003).

O aumento do fluxo de efluentes e a remoção dos compostos iônicos da silagem, em condições de elevação da MS, ocasiona redução do conteúdo de ácido láctico, sendo necessário

a inoculação com bactérias homo e heterofermentativas para regulação do pH e da estabilidade aeróbica, explicando de certa forma, a ausência de efeito na silagem de sorgo avaliada, tendo em vista o baixo teor de matéria seca do material ensilado e a alta concentração de carboidratos solúveis, elevando a concentração de BAL.

Oliveira et al. (2017) realizaram uma meta-análise sobre a inoculação com bactérias homo e heterofermentativas em várias espécies forrageiras para ensilagem e observaram que a inoculação apresenta pouco ou nenhum efeito sobre os teores de matéria seca das silagens de sorgo e milho. Entretanto, resultados positivos são observados em forrageiras tropicais e temperadas com elevado teor de umidade.

A matéria orgânica modificou ao longo do processo fermentativo, devido ao consumo de carboidratos solúveis e à produção de ácidos orgânicos nos primeiros dias após a ensilagem até a estabilização do material. Houve redução da matéria orgânica até os 14 de ensilagem, aumentando novamente aos 28 e 56 dias, ocasionado pelo aumento da fração mineral da silagem.

As silagens de sorgo com e sem aditivos apresentaram baixa capacidade tampão (CT), fato esse comprovado pelo rápido declínio do pH pela elevada produção de ácidos orgânicos durante a fermentação (SIQUEIRA et al., 2007).

A capacidade tampão está relacionada à composição proteica, inorgânica (Ca, K, Na) e combinatória dos ácidos orgânicos produzidos e aos sais presentes na planta. Juntamente com o teor de MS e a concentração de carboidratos solúveis, a CT é uma das variáveis de grande importância na qualidade fermentativa (CHERNEY & CHERNEY, 2003).

Plantas com elevada CT apresentam lenta queda de pH, acarretando em fermentações secundárias e consequentes perdas na qualidade da silagem, caso este que não foi observado no presente estudo, o qual pode ser explicado pelo fato do pH ter reduzido rapidamente e os valores das silagens com e sem aditivos terem sido próximos até a estabilização do material.

Os altos valores de recuperação de matéria seca (RMS), determinados no presente estudo estão relacionados à adequada compactação, elevada densidade (JOBIM et al., 2007) e ao baixo conteúdo perdido na forma de efluentes e principalmente gases que podem corresponder até 98% de todas as perdas no silo, na ocorrência de fermentações secundárias, resultando em alta produção de CO<sub>2</sub> (PEDROSO et al., 2008).

A adição de inoculante bacteriano na silagem de sorgo geralmente não contribui positivamente, devido ao fato de que a silagem sem inoculação (controle) contém elevada população de bactérias ácido lácticas, bom padrão fermentativo, pH baixo, estabilidade aeróbica adequada e reduzidas perdas de MS (SCHMIDT et al., 2014).

Resultados positivos de recuperação de matéria seca em silagens com adição de inoculante bacteriano são restritos. Oliveira et al. (2017), avaliando a inoculação de diversas culturas utilizadas para ensilagem, abordou valores de até 2,8% de melhora na RMS em silagens de capim-arroz temperado e tropical, entretanto, em silagens de milho e sorgo não houve diferença entre os materiais com e sem inoculação. O mesmo autor afirma que os inoculantes bacterianos homo fermentativos têm a capacidade de redução das perdas fermentativas, contudo, é de difícil mensuração quais são as perdas por fermentação e quais as perdas de MS.

Araki et al. (2017) afirmam que a ureia contribui para a estabilidade aeróbica das silagens de sorgo, apresentando ação antimicrobiana e capacidade de manter o meio em condições osmóticas. Santos et al. (2018) observaram aumento na recuperação de matéria seca, redução nas perdas e melhora no valor nutricional do sorgo forrageiro tratado com doses de 0,5 e 1,0% de ureia, justificado pelo efeito tóxico da ureia sobre as leveduras, grande responsável pelas perdas de MS.

No presente trabalho, a ureia apresentou menor RMS que o tratamento controle e a silagem com adição de inoculante, possivelmente devido ao elevado teor de carboidratos solúveis, que em excesso pode ser utilizado pelas leveduras para produção de etanol e consequentes perdas de MS (SCHMIDT et al. 2007).

As perdas por efluentes avaliam a quantidade de componentes solúveis do conteúdo celular da planta que são perdidos durante o processo de fermentação pela lixiviação (RIBEIRO et al., 2010). Dentre os componentes perdidos, estão principalmente os compostos orgânicos como açúcares, ácidos, proteínas e minerais (NUSSIO, 2011), que apresentam elevada digestibilidade e são essenciais para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela fermentação e conservação da qualidade da silagem.

Balieiro Neto et al. (2009) afirmam que determinados aditivos, principalmente os químicos, têm a capacidade de romper a estrutura celular das plantas e a sua capacidade de retenção de água, aumentando o conteúdo celular extravasado.

As perdas por efluentes da silagem de sorgo forrageiro determinadas estão abaixo do teor citado por Pupo (2002) que podem chegar a 150 kg ton<sup>-1</sup> de massa verde em materiais de alto teor de umidade. As perdas relativamente baixas demonstram que o elevado teor de umidade no sorgo avaliado não foi um agravante para alterar o processo fermentativo e a qualidade do produto (McDONALD et al., 1991).

No presente estudo, as perdas por gases aumentaram em função dos dias de abertura da silagem, possivelmente causadas pela intensa atividade respiratória inicial da planta

juntamente com o desenvolvimento da população dos microrganismos responsáveis pela fermentação do material, diminuindo gradativamente a taxa de perdas devido à estabilização das atividades microbianas e celulares da forrageira (BALSALOBRE et al., 2001).

Os valores de perdas determinados para a silagem de sorgo avaliada no presente estudo (< 1,1%) ficaram abaixo dos parâmetros apresentados por Pupo (2002), entre 2 a 5% da MS inicial. França et al. (2011) obtiveram perdas de gases na faixa de 1,9% da MS em quatro cultivares de sorgo forrageiro. Resultado do baixo desenvolvimento e atividade das bactérias heterofermentativas, leveduras, enterobactérias e principalmente os clostrídios que convertem o lactato e açúcares em ácido butírico e CO<sub>2</sub> (JOBIM et al., 2007).

A redução do pH da silagem, estabilizando dias depois da ensilagem, é essencial para manutenção da qualidade e inibição de fermentações indesejáveis. Silagens de sorgo forrageiro em condições ideais de fermentação apresentam valores mínimos de pH em até sete dias após a ensilagem, conforme observado no presente trabalho, permanecendo estabilizados por um longo período de armazenamento em condições anaeróbicas (FAZAELI et al., 2008).

A estabilidade do pH da silagem é dependente da concentração de MS, capacidade tampão, concentração de carboidratos solúveis, população de BAL, produção de ácido lático e condições anaeróbicas do meio (BORBA et al., 2012). Entretanto, cuidados devem ser tomados em relação ao teor de carboidratos solúveis, em condições elevadas do mesmo podem acarretar redução extrema de pH (<3,0), propiciando condições adequadas para crescimento de leveduras, responsáveis pela fermentação alcoólica (PAIVA et al., 2011).

Ribeiro et al. (2007) avaliaram o padrão fermentativo da silagem de cinco genótipos de sorgo forrageiro e observaram valores de pH entre 3,69 e 4,58. Ferreira (2005), ao avaliar o pH de seis genótipos de sorgo forrageiro de porte alto determinou pH médio de 3,92.

A utilização de inoculantes bacterianos à base de BAL contribui para o rápido crescimento bacteriano e redução do pH, pela predominância de BAL no processo fermentativo. Oliveira et al. (2017) em revisão da utilização de inoculantes homo fermentativos em silagens de sorgo, afirmam que a adição é benéfica na redução do pH e aumento da produção de ácido lático em grande parte dos trabalhos realizados, porém no presente estudo, favorecido pelo alto teor de CS, não diferiu da silagem controle.

A adição de ureia apresentou maior controle sobre o pH, com valores levemente superiores às silagens SIB e ST e contribuiu positivamente sobre as concentrações de proteína bruta da silagem. A ureia apresenta ação tamponante, quando adicionada à silagem reage com a água e é convertida em amônia pela urease formando o hidróxido de amônio (NH<sub>4</sub>OH), liberando íons de amônio no material ensilado. O nível de ureia adicionado à silagem deve ser

regulado, visto que níveis elevados contribuem para a elevação do pH, aumento dos teores de N-NH<sub>3</sub>/NT e propiciam condições para desenvolvimento de microrganismos responsáveis pelas fermentações indesejadas (PEREIRA et al., 2008).

O aquecimento da silagem recém-cortada e durante a ensilagem em até 12°C em relação à temperatura ambiente é uma atividade normal, condicionada à fermentação biológica (MUCK, 2010), principalmente em silagens com elevada população de bactérias homoláticas, com adição de inoculante bacteriano, como verificado no material *in natura*.

Após a fermentação, ocorre a estabilização da temperatura, influenciada pelas condições da temperatura ambiente, dimensionamento do silo (BORREANI et al., 2018) e pelo teor de matéria seca do material colhido (KUNG JUNIOR, 2011).

Em condições intensas de aerobiose, pode refletir em aumento da temperatura e da umidade do material ensilado e ocasionar intensas fermentações indesejáveis (Reação de Maillard) causadas por fungos, leveduras e bactérias aeróbicas (AMARAL et al., 2008), refletindo em perdas de matéria seca e valor nutritivo da silagem (SANTOS et al., 2010).

Segundo Driehuis et al. (2001) a temperatura ideal da silagem para desenvolvimento e atividade das BAL é entre 20 e 40°C, alcançada em todos os períodos e tratamentos avaliados. Os tratamentos com inoculante apresentaram maior temperatura inicial na silagem e podem estar relacionados ao aumento no teor de MS do material, visto que é necessário maior quantidade de calor para elevar a temperatura em matérias de maior umidade em relação às forragens mais secas (ZHOU et al., 2016).

Outro ponto importante a ser destacado é sobre a temperatura ambiente, pois condições de elevada temperatura durante o armazenamento contribuem para maior desenvolvimento de bactérias acéticas e produção de ácido acético (WANG & NISHINO, 2013) e por outro lado, em condições baixas de temperatura (<10°C), retardam o início do processo fermentativo e declínio do pH (ZHOU et al., 2016).

O desenvolvimento populacional e a atividade das bactérias ácido lácticas (BAL) é intenso quando encontra condições ideais de temperatura, substratos, anaerobiose e umidade. Encontrando todas essas características, como observado no presente trabalho, os processos fermentativos em sua grande maioria devem ser realizados em um prazo de sete a 10 dias pós-ensilagem (YAMAMOTO et al., 2011).

Os aditivos apresentaram ausência de efeito sobre a população de BAL, devido às condições ideais para crescimento e atuação sobre a massa ensilada. Justifica-se a falta de efeito ao elevado teor de CS presentes no material *in natura* (116,13 g kg<sup>-1</sup>) que contribuiu para aumento do desenvolvimento das BAL, permanecendo a população elevada (5,95 log

UFC g<sup>-1</sup>) até os 28 dias de abertura. Os valores obtidos demonstram que a oferta de condições favoráveis ao desenvolvimento das respectivas bactérias (pH, carboidratos solúveis, matéria seca) estavam adequados.

O uso da inoculação homo fermentativa ou facultativa de BAL nas silagens de sorgo, principalmente forrageiros e sacarinos, visa aumentar a fermentação do ácido lático (ARRIOLA et al., 2015), inibição de microrganismos indesejáveis, queda acentuada do pH (NKOSI et al., 2009) e preservação do valor nutritivo do material ensilado (OGUNADE et al., 2016).

Entretanto, na literatura os resultados em relação à ação dos inoculantes divergem. Filya et al. (2000) observaram efeito positivo da inoculação sobre a redução do pH e produção de ácido lático com relação às silagens não tratadas. Por outro lado, Xing et al. (2009) e Ogunade et al. (2016) relataram ausência de efeito da inoculação em silagens de sorgo sacarino, justificada pelo fato de o sorgo apresentar elevada concentração de CS que teoricamente contribui para redução acelerada do pH com ou sem adição de aditivos.

Houve também efeito negativo da inoculação bacteriana sobre a qualidade do sorgo forrageiro. Danner et al. (2003) observaram deterioração aeróbica na silagem em função da inoculação com BAL, devido à inibição das bactérias acéticas, responsáveis pela produção de acetato, que tem ação antifúngica e elevada concentração de lactato, o qual é um substrato para desenvolvimento de leveduras (WEINBERG et al., 1993).

As enterobactérias são responsáveis pela deterioração aeróbica da silagem, devido à sua competição com as BAL pelos substratos presentes (açúcares), produzindo ácido acético e succínico, podendo degradar também proteínas reduzindo o valor nutricional e a palatabilidade da silagem (WEISS et al., 2016).

A utilização de aditivos não diferiu do material controle, sobre a população de enterobactérias. A redução na sua população em função dos dias de abertura é reflexo da queda acentuada do pH do material ensilado, devido à inibição do seu desenvolvimento em condições de pH <4,5 (ELFERINK et al., 2000). Da mesma forma, Gonçalves et al. (2014), aponta essa redução a queda do pH, além de influenciar na atividade dos demais microrganismos que tem ação deletéria, dentre eles os clostrídios e os fungos.

Gandra et al. (2016) relataram que a adição de ureia restringe o crescimento desse grupo de microrganismos, estimulando a produção de outros ácidos (acético e propiônico), produzidos por bactérias ácido lácticas heterofermentativas.

As leveduras são microrganismos deletérios indesejáveis, pois são responsáveis pela deterioração aeróbica inicial, consomem os açúcares solúveis e os ácidos orgânicos,

convertendo em etanol e CO<sub>2</sub>, que volatilizam e resultam em perdas de MS (DRIEHUIS & VAN WIKSELAAR, 2000), elevando a temperatura e o pH, abrindo caminho para desenvolvimento de fungos, clostrídios e enterobactérias (PAHLOW et al., 2003).

Oliveira et al. (2017) em um compilado de dados sobre aditivos em silagens de sorgo, verificaram que as silagens inoculadas apresentaram maior população de leveduras em relação às silagens não tratadas, fato esse que não obtido no presente trabalho. Por outro lado, Santos et al. (2018) avaliando a adição de ureia em silagens de sorgo, observaram redução na população de leveduras em relação ao tratamento controle, justificado pelo efeito tóxico que a amônia liberada pela hidrólise da ureia tem sobre as leveduras e os fungos (NEUMANN et al., 2010). No presente estudo, não foi observada influência dos aditivos sobre a população de leveduras, entretanto, o rápido crescimento e ação das BAL convertendo os açúcares em lactato, reduzindo o pH, inibiu o desenvolvimento e atividade das leveduras, demonstrando um adequado processo fermentativo.

A presença dos clostrídios em todos os dias de abertura ao longo do processo fermentativo evidencia a ocorrência de fermentações indesejáveis, possivelmente ocasionadas pelo baixo teor de matéria seca inicial, o qual é um dos parâmetros ideais para o desenvolvimento desses microrganismos (McDONALD et al., 1991), mesmo em condições de baixo pH como observado no presente estudo.

Os clostrídios são bactérias gram-positivas que se desenvolvem principalmente em ambientes modificados pela presença de fungos e leveduras, com redução do ácido lático, aminoácidos e aumento do pH. A forrageira apresenta baixas concentrações de clostrídios, entretanto, a elevada presença de tais microrganismos no material ensilado deve-se principalmente à elevada população presente no solo (NADEAU & AUERBACH, 2014).

Os aditivos podem exercer diferentes ações sobre o material ensilado. Como observado no presente trabalho, a população de clostrídios das silagens com adição de ureia e com inoculante bacteriano reduziu a população em relação ao tratamento controle a partir do 14º e 28º dias de abertura, respectivamente. A diminuição da população clostrídica contribui para redução das fermentações butírica, etílica e acética (REICH & KUNG JUNIOR, 2010) provocada por clostrídios, fungos e leveduras (REZENDE et al., 2011).

Os fungos também estão envolvidos em reações indesejáveis na silagem, pois consomem os açúcares e o ácido lático produzido, além disso, atuam sobre a composição fibra da forragem (SCUDAMORE & LIVESEY, 1998)

De acordo Schocken-Iturrino et al. (2005), os gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* são os gêneros mais comuns em silagens de forrageiras, como observado no



presente trabalho maior população desses gêneros, juntamente com *Phitomyces* e *Cladosporium*, os quais apareceram com maior frequência.

Araki et al. (2017) avaliaram a adição de inoculante bacteriano e aditivos químicos (CaO, NaCl e ureia) exclusivos ou conjuntamente na silagem de sorgo forrageiro e observaram que os aditivos isoladamente ou em associação reduziram a população dos fungos em relação ao tratamento controle. Os mesmos justificam os resultados aos compostos antifúngicos produzidos por algumas cepas de BAL heterofermentativas e ação dos aditivos químicos sobre a silagem propiciando um ambiente anaeróbico adequado à conservação e inadequado ao desenvolvimento de tais microrganismos (GANDRA et al., 2017).

#### 4.5 Conclusão

O predomínio da fermentação láctica, redução de pH, temperatura estável, baixo índice de perdas, elevada população de BAL e baixa população de microrganismos indesejáveis do sorgo forrageiro, dispensa a utilização de aditivos. A silagem com 28 dias de armazenamento mostra-se adequada para fornecimento aos animais, uma vez que apresenta estabilidade no processo fermentativo.

#### Referências Bibliográficas

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONCALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. 2013. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. 22(6):711-728.
- AMARAL, R.C.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. 2008. Estabilidade aeróbia de silagens de capim marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 37(6):977-983.
- ARAKI, H.M.C.; OLIVEIRA, E.R.; GANDRA, J.R.; GOES, R.H.T.B.; TAKIYA, C.S.; JACAÚNA, A.G.; OLIVEIRA, K.M.P.; VASQUES, D.N.; BRANDÃO CONSOLO, N.R.; DEL VALLE, T.A.; DUAN ORBACH, N. 2017. Association of biological and chemical additives on nutrient composition, total losses, microbiological and fermentative profile of sugarcane silage. **Iranian Journal of Applied Animal Science**. 7:577-584.
- ARRIOLA, K.G.; QUEIROZ, O.C.M.; ROMERO, J.J.; CASPER, D.; MUNIZ, E.; HAMIE, J.; ADESOGAN, A.T. 2015. Effect of microbial inoculants on the quality and aerobic stability of bermudagrass round-bale haylage. **Journal of Dairy Science**. 98:478-485.
- AVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; FIGUEIREDO, H.C.P.; SCHWAN, R.F. 2009. Effects of an indigenous and a commercial *Lactobacillus buchneri* strain on quality of sugar cane silage. **Grass and Forage Science**. 64(4):384-394.

- BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; NOGUEIRA, J.R.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. 2007. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36:1231-1239.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JUNIOR, G.B. 2001. **Controle de Perdas na produção de Silagens de Gramíneas Tropicais**. Workshop Sobre Silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba. A produção animal na visão dos brasileiros. p.890-911.
- BORBA, L.F.P.; FERREIRA, M.A.; GUIM, A.; TABOSA, J.N.; GOMES, L.H.S.; SANTOS, V.L.F. 2012. Nutritive value of different silage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivars. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. 4(2):123-129.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R.J.B.; HOLMES, J.; MUCK, R.E. 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages 1. **Journal of Dairy Science**. 101(5):3952-3979.
- BRACKETT, R.E.; SPLITTSTOESSER, D.F. 1992. Fruits and vegetables. In: ANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium for the Microbiological Examination of Foods**. 3rd ed. Washington DC: American Public Health Association. p.919-927.
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. 2003. Assessing Silage Quality. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.; HARRISON, J. (Eds.). **Silage Science and Technology**. p.141-198.
- DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. 2003. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**. 69:562-567.
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; VAN WIKSELAAR, P.G. 2001. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass Forage and Science**. 56:330-343.
- DRIEHUIS, F.; VAN WIKSELAAR, P.G. 2000. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high dry matter grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 80:711-718.
- ELFERINK, S.J.W.H.O.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOELSTRA, S.F. 2000. Silage fermentation process and their manipulation. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE, Rome, 1999, Rome. **Proceedings...** Rome: FAO. p.17-30.
- FAZAELI, H.; GOLMOHAMMADI, H.A.; AL-MODDARES, A.; MOSHARRAF, S.; SHOAEI, A.A. 2008. Comparing the performance of sorghum silage with maize silage in feedlot calves. **Pakistan Journal of Biological Sciences**. 9(13):2450-2455.
- FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVINDO, C.S. 2009. Forage sorghum silage with added urea in two storage periods. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 38:2111-2115.

- FERREIRA, J.J.C. 2005. **Avaliação da qualidade e do perfil de fermentação das silagens de seis cultivares de sorgo**. 57f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FILYA, I.; ASHBELL, G.; HEN, Y.; WEINBERG ZG. 2000. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. **Animal Feed Science and Technology**. 88:39-46.
- FRANÇA, A.F.D.S.; OLIVEIRA, R.D.P.; MIYAGI, E.S.; DA SILVA, A.G.; PERÓN, H.J.M.C.; BASTO, D.D.C. 2011. Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**. 12(3):383-391.
- GANDRA, J.R.; MIRANDA, G.A.; GOES, R.H.T.B.; TAKIYA, C.S.; DEL VALLE, T.A.; OLIVEIRA, E.R.; FREITAS JUNIOR, J.E.; GANDRA, E.R.S.; ARAKI, H.M.C.; SANTOS, A.L.A.V. 2017. Fibrolytic enzyme supplementation through ruminal bolus on eating behavior, nutrient digestibility and ruminal fermentation in Jersey heifers fed either corn silage or sugarcane silage-based diets. **Animal Feed Science and Technology**. 231:29-37.
- GANDRA, J.R.; OLIVEIRA, E.R.; TAKIYA, C.S.; GOES, R.H.T.B.; PAIVA, P.G.; OLIVEIRA, K.M.P.; GANDRA, E.R.S.; ORBACH, N.D.; HAKI, H.M.C. 2016. Chitosan improves the chemical composition, microbiological quality, and aerobic stability of sugarcane silage. **Animal Feed Science and Technology**. 214:44-52.
- GONÇALVES, J.A.G.; ZAMBOM, M.A.; FERNANDES, T.; MESQUITA, E.E.; SCHMIDT, E.; JAVORSKI, C.R.; CASTAGNARA, D.D. 2014. Composição químico-bromatológica e perfil de fermentação da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca. **Bioscience Journal**. 30(2):502-511.
- GONZÁLEZ, G.; RODRIGUEZ, A.A. 2003. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. **Journal of Dairy Science**. 86:926-933.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36:101-119.
- KLEINSCHMIT, D.H.; SCHMIDT, R.J.; KUNG, L. 2005. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**. 88:2130-2139.
- KUNG JUNIOR, L.; TAYLOR, C.C.; LYNCH, M.P.; NEYLON, J.M. 2003. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 86(11):336-343.
- KUNG JUNIOR, L. 2011. **Silage temperatures: how hot is too hot?** Disponível em: <<https://cdn.canr.udel.edu/wp-content/uploads/2014/02/HowHotisTooHot-2011.pdf>>. Acesso: fev./2019.

- McDONALD, P.; HENDERSON, A.; HERON, S.J.E. 1991. **The biochemistry of the silage**. 2nd. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 340p.
- MERRILL, C.; ROTH, A.P.T.P.; SANTOS, M.A.; BEDROSIAN, M.C.D.; KUNG JUNIOR, L. 2012. Characterization of aerobic deterioration of corn silage treated with stabilizers. **Journal of Dairy Science**. 95:461.
- MOHD-SETAPAR, S.H.; MOHAMAD-AZIZ, S.N.; HARU, N.H.; MOHD-AZIZI, C.Y. 2012. Review on the extraction of biomolecules by biosurfactant reverse micelles. **APCBEE Procedia**. 3:78-83.
- MUCK, R.E. 2010. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39:183-191.
- NADEAU, E.; AUERBACH H. 2014. **Effects of particle size and chemical additives on fermentation and aerobic stability of grass-clover silage**. p.19-24 in Proc. 5th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Report 290, Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; REINERH, L.L.; DURMAN, T. 2010. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. 3(2):187-195.
- NKOSI, B.D.; MEESKE, R.; PALIC, D.; LANGAA, T.; LEEUWA, K.J.; GROENEWALD, I.B. 2009. Effects of ensiling whole crop maize with bacterial inoculants on the fermentation, aerobic stability, and growth performance of lambs. **Animal Feed Science and Technology**. 154:193-203.
- NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. 2011. **Metabolismo de carboidratos estruturais**. In: Nutrição de Ruminantes. Editores: BERCHIELLI, T.T.; A.V.; OLIVEIRA, S.G. Editora Jaboticabal: Funep.
- OGUNADE, I.M.; KIM, D.H.; JIANG, Y.; WEINBERG, Z.G.; JEONG, K.C.; ADESOGAN, A.T. 2016. Control of *Escherichia coli* O157:H7 in contaminated alfalfa silage: Effects of silage additives. **Journal of Dairy Science**. 99:4427-4436.
- OLIVEIRA, A.S.; WEINBERG, Z.G.; OGUNADE, I.M.; CERVANTES, A.A.P.; ARRIOLA, K.G.; JIANG, Y.; KIM, D.; LI, X.; GONÇALVES, M.C.M.; VYAS, D.; ADESOGAN, A.T. 2017. Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 100:4587-4603.
- PAIVA, G.N.; GIL, F. G.; FREITAS, P.M.D.; RAMOS, R. C. S.; AQUINO, M.M.; SANTOS, E.M. 2011. **Perdas na ensilagem de cinco cultivares de sorgo**. In: SINCORTE, 2011, JOÃO PESSOA. 5 Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de corte.
- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S.O. 2003. **Microbiology of ensiling**. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) Silage science

- and technology. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. p.31-93.
- PEDROSO, A.D.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S.; PAZIANI, S.D.F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.J.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; MATTOS, W.R.S.; HORII, J. 2008. Fermentation, losses, and aerobic stability of sugarcane silages treated with chemical or bacterial additives. **Scientia Agricola**. 65(6):589-594.
- PERAZZO, A.F.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, E.M.; BEZERRA, H.F.C., SILVA, T.C., PEREIRA, G.A.; RAMOS, R.C.S.; RODRIGUES, J.A.S. 2017. Agronomic evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions. **Frontiers in Plant Science**. 8:1088.
- PEREIRA A.C.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUES, J.A.S.; GOMES, S.P.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N.M.; FERREIRA, J.J.C.; DELGADO, L.P.; CAMPOS, M.M. 2008. Avaliação da silagem do híbrido de sorgo BR 601 com aditivos – alterações nos teores de matéria seca, frações fibrosas e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. 7(2):153-163.
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal Science of Food and Agriculture**. 17:262-268.
- PUPO, N.I.H. 2002. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. p.274-303.
- REICH, L.J.; KUNG JUNIOR, L. 2010. Effects of combining *Lactobacillus buchneri* 40788 with various lactic acid bacteria on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Animal Feed Science and Technology**. 159:105-109.
- REZENDE, A.V.; RABELO, C.H.S.; RABELO, F.H.S.; NOGUEIRA, D.A.; FARIA JUNIOR, D.C.N.A.; BARBOSA, L.A. 2011. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 40:739-746.
- RIBEIRO, C.G.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, E.O.S.; CASTRO, G.H.F.; RIBEIRO JUNIOR, G.O. 2007. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 59(6):1531-1537.
- RIBEIRO, L.S.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, A.B.; FERREIRA, A.R.; BONOMO, P.; SILVA, F.F. 2010. Composição química e perdas fermentativas de silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia ou hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39:1911-1918.
- SANTOS, A.P.M.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; RIBEIRO, O.L.; PERAZZO, A.F.; PINHO, R.M.A.; MACÊDO, A.J.S.; PEREIRA, G.A. 2018. Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. **African Journal of Range & Forage Science**. 35(1):55-62.

- SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. 2010. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**. 59:25-43.
- SAS INSTITUTE. 2009. SAS PROPRIETARY SOFTWARE, RELEASE 9.2. SAS INST. INC., CARY, N.C.
- SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; PEDROSO, A.F.; PAZIANI, S.F.; WECHSLER, F.S. 2007. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36:1666-1675.
- SCHMIDT, P.; SOUZA, C.M.; BACH, B.C. 2014. Uso estratégico de aditivos em silagens: Quando e como usar? In: JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M.W.; BANKUTI, F.I (eds.), SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 5.ed., Maringá, 2014. **Anais...** Maringá: UEM. p.243-264.
- SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; REIS, R.A.; COAN, R.M.; BERNARDES, T.F.; PANIZZI, R.C.; POIATTI, M.L.; PEDREIRA, M.S. 2005. Alterações químicas e microbiológicas nas silagens de capim-tifton 85 após a abertura dos silos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 34(2):464-471.
- SCUDAMORE, K.A.; LIVESEY, C.T. 1998. Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 77:1-17.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. 1997. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela. 295p.
- SILVA, V.P.; PEREIRA, O.G.; LEANDRO, E.; SILVA, T.; RIBEIRO, K.; MANTOVANI, H.; SANTOS, S. 2016. Effects of lactic acid bacteria with bacteriocinogenic potential on the fermentation profile and chemical composition of alfalfa silage in tropical conditions. **Journal of Dairy Science**. 99:1895-1902.
- SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, T.F.; PIRES, A.J.V.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. 2007. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 4:789-798.
- STORM, IM.L.D.; KRISTENSEN, N.B.; RAUN, B.M.L. 2010. Dynamics on the microbiology of maize silage during whole-season storage. **Journal of Applied Microbiology**. 109: 1017-1026.
- TAYLOR, C.C.; KUNG JUNIOR, L. 2002. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**. 85:1526-1532.
- XING, L.; CHEN, L.J.; HAN, L.J. 2009. The effect of an inoculant and enzymes on fermentation and nutritive value of sorghum straw silages. **Bioresource Technology**. 100:488-491.

- WANG, C.; NISHINO, N. 2013. Effects of storage temperature and ensiling period on fermentation products, aerobic stability and microbial communities of total mixed ration silage. **Journal of Applied Microbiology**. 114:1687-1695.
- WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, Y.; AZRIELI, A. 1993. The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silages. **Journal of Applied Bacteriology**. 75:512-518.
- WEISS, K.; KROSCHEWSKI, B.; AUERBACH, H. 2016. Effect of air exposure, temperature and additives on fermentation characteristics, yeasts count, aerobic stability and volatile organic compounds in corn silage. **Journal of Dairy Science**. 99:8053-8069.
- WILKINSON, J.M.; DAVIES, D.R. 2013. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**. 68:1-19.
- YAMAMOTO, Y.; GAUDU, P.; GRUSS, A. 2011. **Oxidative stress and oxygen metabolism in lactic acid bacteria**. p.1-102 in Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria: Current Progress in Advanced Research. SONOMOTO, K.; YOKOTA, A. ed. Caister Scientific Press, Norfolk, UK.
- YITBAREK, M.B.; TAMIR, B. 2014. Silage additives: review. **Open Journal of Applied Sciences**. 4:258-274.
- ZAGO, C.P. 1991. Cultura de sorgo para a produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. p.169-213.
- ZHOU, Y.; DROUIN, P.; LAFRENIÈRE, C. 2016. Effect of temperature (5-25°C) on epiphytic lactic acid bacteria populations and fermentation of whole-plant corn silage. **Journal of Applied Microbiology**. 121:657-671.

## 5. SUBSTITUIÇÃO DA SILAGEM DE MILHO PELA SILAGEM DE SORGO NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM LACTAÇÃO

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a substituição da silagem de milho (*Zea mays*) pela silagem de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) na dieta de vacas em lactação. Foram utilizadas cinco vacas multíparas da raça Holandesa após o pico de lactação ( $30,20 \pm 4,80$  kg dia<sup>-1</sup>), distribuídas em um quadrado latino 5x5 (12 dias de adaptação e seis dias de coleta). Os tratamentos avaliados foram as substituições (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) da silagem de milho pela silagem de sorgo. Foi determinada a ingestão, digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, produção e composição do leite, síntese microbiana, parâmetros sanguíneos e análise econômica das dietas. Houve efeito linear negativo na ingestão de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos totais, carboidratos não fibrosos, nutrientes digestíveis totais e efeito linear positivo na ingestão de fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido. A digestibilidade do extrato etéreo e dos carboidratos não fibrosos reduziu e a digestibilidade da fibra em detergente neutro e em detergente ácido aumentou em função da silagem de sorgo. A produção, composição do leite e síntese microbiana não diferiram entre as dietas. As concentrações séricas das enzimas alanina aminotransferase, aspartato aminotransferase, fosfatase alcalina e gama-glutamiltransferase não foram influenciadas pelas dietas e tempos de coleta de sangue. A concentração de colesterol aumentou linearmente em função da silagem de sorgo. As concentrações de glicose e triglicerídeos foram superiores antes da alimentação em comparação à coleta após quatro horas da alimentação, no entanto houve incremento do nitrogênio ureico do plasma. A dieta com silagem de milho como fonte exclusiva de volumoso apresentou maior receita bruta, entretanto a substituição de 100% da silagem de milho pela silagem de sorgo apresentou menor ponto de equilíbrio. Conclui-se que a substituição de até 100% da silagem de milho pela silagem de sorgo para animais de média a alta produção não interfere na produção e qualidade do leite, nos parâmetros sanguíneos e na síntese microbiana, além de propiciar melhor retorno econômico.

**Palavras chave:** alimento alternativo, digestibilidade, nutrição, parâmetros sanguíneos, síntese microbiana.



## REPLACEMENT OF CORN SILAGE BY SORGHUM SILAGE IN FEEDING OF LACTATING COWS

**Abstract:** The aim of this work was to evaluate the replacement of corn silage (*Zea mays*) by forage sorghum silage (*Sorghum bicolor*) in the diet of lactating cows. Five Holstein multiparous cows were used after the peak of lactation ( $30.20 \pm 4.80 \text{ kg day}^{-1}$ ), distributed in a 5x5 Latin Square (12 days of adaptation and six days of collection). The evaluated treatments were the replacements (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) of corn silage for sorghum silage. Intake, dry matter and nutrient digestibility, milk production and composition, microbial synthesis, blood parameters and economic analysis of the diets were determined. There was a linear negative effect on dry matter intake, organic matter, crude protein, ethereal extract, total carbohydrates, non-fibrous carbohydrates, total digestible nutrients and positive linear effect on neutral detergent fiber intake and fiber in acid detergent. The digestibility of ethereal extract and non-fibrous carbohydrates reduced, and the digestibility of neutral detergent and acid detergent fiber increased as sorghum silage. Production, milk composition and microbial synthesis haven't differed between diets. Serum concentrations of the enzyme's alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, alkaline phosphatase and gamma glutamyltransferase weren't influenced by diets and blood collection times. The cholesterol concentration increased linearly as a function of sorghum silage. The concentrations of glucose and triglycerides were higher before feeding compared to the collection after four hours of feeding; however, there was an increase in plasma urea nitrogen. The corn silage diet as an exclusive source of roughage presented higher gross revenue; nonetheless, the replacement of 100% of corn silage by sorghum silage presented a lower equilibrium point. It is concluded that the replacement of up to 100% of corn silage by sorghum silage for medium to high production animals doesn't interfere with milk production and quality, blood parameters and microbial synthesis, in addition to providing a better economic return.

**Keywords:** alternative food, digestibility, nutrition, blood parameters, microbial synthesis.

## 5.1 Introdução

A busca pela maximização do potencial produtivo dos bovinos leiteiros sugere a intensificação dos sistemas de produção, sendo o alimento volumoso responsável pela elevada proporção da matéria seca da dieta dos ruminantes (COSTA et al., 2005). Na alimentação dos animais, são necessárias fontes de alimentos (concentrados e volumosos) com elevado valor nutritivo para atender a demanda nutricional e produtiva. Considerando que os alimentos concentrados representam o maior custo da dieta, a utilização de volumosos de elevada qualidade nutricional e menor custo de produção é fundamental para a eficiência do sistema.

A ensilagem é uma das principais alternativas utilizadas para conservação de alimentos volumosos, visando posterior fornecimento aos animais. O processo consiste na fermentação natural da forragem em ambiente anaeróbico, onde as bactérias ácido-láticas convertem carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, reduzindo o potencial hidrogeniônico e a ação de microrganismos indesejáveis (WEINBERG et al., 2007).

O milho (*Zea mays* L.) é a principal cultura utilizada para a alimentação animal, entretanto, em determinadas épocas do ano sua utilização torna-se inviável devido ao baixo custo/benefício ocasionado pela elevada demanda e redução da oferta do produto. Desta forma, é necessário utilizar alimentos alternativos que propiciem melhor rentabilidade, sem prejudicar o desempenho animal e o ambiente ruminal (ABDELHADI & SANTINI, 2006).

O sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma opção para a produção de silagem de qualidade, pela adaptação agrícola em áreas de baixa precipitação e alto rendimento de massa por área (MARSALIS et al., 2010). Além disso, o sorgo apresenta facilidade de ensilagem, uma vez que é rico em carboidratos solúveis, elevado teor de matéria seca e baixa capacidade de tamponamento (AMER et al., 2012).

Com a crescente necessidade de produzir silagens de qualidade e em quantidade suficiente para atender a demanda alimentar, pesquisas têm sido executadas a fim de desenvolver híbridos e/ou variedades que possam atender às necessidades dos produtores (FERRARETO et al., 2015). A utilização de alimentos alternativos de alta digestibilidade é de fundamental importância no sistema de produção, visto que deve atender a demanda nutricional de novilhas, vacas secas e vacas em lactação de alta produção, as quais são responsáveis pelo maior custo de produção do sistema (HARPER et al., 2017).

O sorgo AGRI 002E é um novo híbrido de sorgo com genética boliviana, projetado para elevada produção de matéria seca por área, atingindo até quatro metros de altura com

material altamente digestível e composição química semelhante ao milho (CARAFFA et al., 2017).

O valor nutritivo de um alimento não é definido apenas pela sua composição química, mas também, considerando o aproveitamento dos nutrientes pelos animais. A associação dos microrganismos ruminais com os nutrientes da dieta resulta nos produtos necessários para atender à exigência dos ruminantes. Dessa maneira, pela ação de microrganismos e de enzimas, os ruminantes têm a capacidade de utilizar indiretamente os nutrientes presentes na dieta (MAGALHÃES et al., 2006), ficando a resposta animal condicionada ao tipo de fermentação e concentração de nutrientes do alimento consumido (JOBIM et al., 2007).

Com isso, surge a hipótese de que a utilização da silagem de sorgo forrageiro na alimentação de vacas leiteiras de alta produção em substituição à silagem de milho de forma parcial e/ou total supre as exigências de manutenção e produção.

Dessa forma, objetivou-se avaliar a substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E sobre a ingestão e digestibilidade da MS e dos nutrientes, síntese microbiana, parâmetros sanguíneos, produção e composição do leite e análise econômica das dietas de vacas da raça Holandês em lactação.

## 5.2 Material e métodos

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) localizada a 24°31'55.3" latitude Sul, 54°01'08.0" longitude Oeste a 392 metros de altitude. Todos os procedimentos experimentais para a utilização dos animais foram submetidos à avaliação e previamente aprovados pelo Comitê de Ética no Uso dos Animais (CEUA) da UNIOESTE conforme protocolo nº 24/18.

Foram utilizadas cinco vacas multíparas da raça Holandês, entre a 3ª e 4ª lactação, após o pico de produção ( $86,60 \pm 9,07$  dias de lactação), com peso corporal médio de  $654,00 \pm 64,40$  kg e produção média inicial de  $30,20 \pm 4,80$  kg de leite por dia. Após período de sete dias de adaptação ao manejo, alimentação e instalações, os animais foram alocados em um delineamento em quadrado latino 5x5 (cinco tratamentos e cinco períodos experimentais com 12 dias de adaptação e seis dias para a coleta de dados). Avaliaram-se substituições de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da silagem de milho pela silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E na alimentação de vacas em lactação.

O corte do milho (AS 1555) para silagem foi realizado aos 115 dias pós-plantio (grão 2/3 leitoso e 1/3 farináceo). O sorgo forrageiro AGRI 002E foi ensilado aos 110 dias pós-

plântio, conforme recomendações agrônômicas de corte (90 - 120 dias), no estágio de maturação fisiológica. Ambas as silagens foram armazenadas em silos tipo trincheira.

As análises bromatológicas (Tabela 1), para determinação dos teores de seca (MS – método 934.01), cinzas (MM – método 938.08), proteína bruta (PB – método 981.10) e extrato etéreo (EE – método 920.85) foram realizadas segundo metodologia da AOAC (2000) e a determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo VAN SOEST et al. (1991). O teor de matéria orgânica (MO) foi estimado por diferença entre o teor de MM e o total de MS.

Tabela 1. Composição química, digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da matéria orgânica (DIVMO), fracionamento de carboidratos e proteínas dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Variáveis	Sil. de Milho	Sil. de Sorgo	Milho moído	Farelo de soja
	Composição e digestibilidade <i>in vitro</i> (g kg <sup>-1</sup> de MS)			
Matéria seca	327,49	169,57	850,90	884,87
Matéria orgânica	954,09	918,08	978,13	929,31
Proteína bruta	77,45	67,32	91,80	454,20
Extrato etéreo	31,24	21,79	43,55	20,29
Fibra detergente neutro	427,30	680,50	100,58	190,45
Fibra detergente ácido	233,65	526,65	33,12	77,24
Carboidratos não fibrosos	418,09	148,47	742,24	264,36
Carboidratos solúveis	69,31	81,90	24,80	108,12
Hemicelulose	193,65	153,85	67,46	113,21
Celulose	200,36	473,46	9,90	52,02
Lignina	33,29	53,19	23,22	25,22
Nutrientes digestíveis totais <sup>1</sup>	722,84	699,14	896,33	898,01
DIVMS	721,62	691,83	954,98	967,31
DIVMO	740,56	719,71	971,93	973,88
Fração	Fracionamento de carboidratos (g kg <sup>-1</sup> de CT)			
A+B <sub>1</sub>	510,28	197,40	885,20	623,22
B <sub>2</sub>	395,16	648,61	49,28	243,71
C	94,56	153,98	65,52	133,07
Fração	Fracionamento de proteínas (g kg <sup>-1</sup> de PB)			
A	591,31	517,91	174,52	157,98
B <sub>1</sub>	33,61	31,52	187,73	89,80
B <sub>2</sub>	201,08	225,48	520,43	710,08
B <sub>3</sub>	69,81	68,67	75,86	20,88
C	104,19	156,42	41,46	21,26

<sup>1</sup>Nutrientes digestíveis totais estimados segundo Cappelle et al. (2001) - Volumoso:  $-11,9095 + 1,1369 * DIVMO$ ; Concentrado:  $5,60 + 0,8646 * DIVMO$ .

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados segundo as equações propostas por Sniffen et al. (1992). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados segundo Cappelle et al. (2001). As concentrações de carboidratos solúveis (CS) foram determinadas de

acordo com Dubois et al. (1956). O teor de lignina foi determinado conforme metodologia de Van Soest & Wine (1968). A celulose foi obtida por diferença entre a FDA e o teor de lignina, enquanto a hemicelulose foi determinada pela diferença entre a FDN e a FDA.

Para a digestibilidade *in vitro* da (MS) foi utilizada a técnica descrita por Tilley & Terry (1963) adaptada por Holden (1999), com dois estágios de incubação. A DIVMS foi determinada pela diferença da amostra incubada com a amostra residual. Após a pesagem, o resíduo foi queimado na mufla obtendo-se a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO). O fracionamento de carboidratos e proteína foram determinados de acordo com as metodologias descritas por Sniffen et al. (1992) e Licitra et al. (1996), respectivamente.

O balanceamento da dieta foi realizado de acordo com as exigências nutricionais para a fase de lactação que se encontravam, baseado nas recomendações do NRC (2001). A dieta experimental foi formulada na relação 50:50 (volumoso:concentrado), como fontes de volumoso as silagens de milho e sorgo AGRI 002E e como fonte concentrada uma mistura com milho moído, farelo de soja, suplemento mineral e tamponante (Tabela 2).

Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais (g kg<sup>-1</sup> de MS)

Ingredientes	Nível de substituição				
	0%	25%	50%	75%	100%
Silagem de milho	500,00	375,00	250,00	125,00	-
Silagem de sorgo	-	125,00	250,00	375,00	500,00
Farelo de soja	186,50	191,50	196,50	201,50	206,50
Milho moído	288,50	283,50	278,50	273,50	268,50
Suplemento mineral vitamínico <sup>1</sup>	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Tamponante <sup>2</sup>	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Composição Química (g kg <sup>-1</sup> de MS)				
Matéria seca	596,73	578,15	559,54	538,00	519,71
Matéria orgânica	931,41	925,28	922,34	915,93	911,86
Proteína bruta	142,76	142,59	140,86	139,36	138,96
Extrato etéreo	26,59	24,69	23,98	22,56	21,69
Fibra em detergente neutro	349,23	380,27	409,54	444,68	477,27
Fibra em detergente ácido	159,39	195,81	230,74	268,41	301,93
Carboidratos totais	762,14	757,30	757,75	754,21	752,51
Carboidratos não fibrosos	412,91	377,02	348,21	309,53	275,24
Carboidratos solúveis	63,41	65,42	67,43	69,45	71,46
Hemicelulose	189,85	184,46	178,80	176,26	175,34
Celulose	130,74	164,67	197,11	232,28	263,29
Lignina	28,64	31,14	33,64	36,14	38,63
Nutrientes digestíveis totais <sup>3</sup>	801,23	790,30	782,55	786,48	768,84

<sup>1</sup>Ca: 225 g kg<sup>-1</sup>; P: 60 g kg<sup>-1</sup>; Mg: 12 g kg<sup>-1</sup>; Na: 65 g kg<sup>-1</sup>; S: 12 g kg<sup>-1</sup>; Fe: 1000 mg kg<sup>-1</sup>; Cu: 430 mg kg<sup>-1</sup>; Mn: 1180 mg kg<sup>-1</sup>; Zn: 2550 mg kg<sup>-1</sup>; Co: 75 mg kg<sup>-1</sup>; I: 88 mg kg<sup>-1</sup>; Se: 30 mg kg<sup>-1</sup>; F: 600 mg kg<sup>-1</sup>; Cr: 3 mg kg<sup>-1</sup>; Vitamina A: 250000 UI kg<sup>-1</sup>; Vitamina D: 50000 UI kg<sup>-1</sup>; Vitamina E: 650 UI kg<sup>-1</sup>; <sup>2</sup>Ca: 98 g kg<sup>-1</sup>; Mg: 115 g kg<sup>-1</sup>; Na: 135 g kg<sup>-1</sup>; BHT: 300 mg kg<sup>-1</sup>; <sup>3</sup>Nutrientes Digestíveis Totais estimados segundo Capelle et al. (2001) – NDT: -6,88 + 1,0808 \* DIVMO.

Os animais foram alojados em estábulo tipo *tie-stall* (4 m<sup>2</sup>), com água *ad libitum* e alimentação individual durante o dia. Durante a noite, os animais permaneceram em um piquete próximo às instalações (200 m<sup>2</sup>), desprovido de alimento. O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia às 6:20 e às 16:20 horas, nas proporções de 70% e 30%, respectivamente, do total de MS fornecida. As sobras alimentares oferecidas no cocho foram pesadas diariamente e ajustadas a fim de proporcionar sobras entre 5-10%, como garantia do consumo voluntário. A pesagem dos animais foi realizada no início e final de cada período.

Aproximadamente 200 g de amostras de alimentos fornecidos e das sobras foram coletadas após a alimentação da tarde do 13° ao 18° dia de cada período experimental, as quais foram armazenadas em sacos plásticos e congeladas em freezer a -20°C para posteriores análises. A ingestão de matéria seca (IMS) e dos nutrientes foi determinada pela pesagem do alimento fornecido e das sobras diárias de cada animal do 13° ao 18° dia.

A coleta de amostras fecais para a determinação da digestibilidade foi realizada na saída retal dos animais do 13° ao 18° dia, distribuído da seguinte forma: 13° dia (8:30 horas), 14° dia (10:30 horas), 15° dia (12:30 horas), 16° dia (14:30 horas), 17° dia (16:30 horas) e 18° dia (18:30 horas).

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram secas em estufa com ventilação forçada (55°C - 72h), posteriormente foram processadas em moinho do tipo Willey (1 mm) e realizado um *pool* composto das amostras de cada alimento, sobras e fezes por animal/período, para posteriores análises da composição química. Os teores de NDT foram calculados segundo as equações propostas por Sniffen et al. (1992).

Para determinação da excreção fecal diária foi utilizado como indicador interno a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), estimada nas amostras do alimento fornecido, sobras e composição fecal por intermédio de incubação *in situ* (COCHRAN et al., 1986). A FDNi foi obtida como descrito por Casali et al. (2008) com incubação ruminal por 240 horas e posterior análise de FDN.

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, às 6:00 e às 16:00 horas. A produção de leite (PL) diária das vacas foi registrada durante o período de coleta de dados, com auxílio de medidores de fluxo de leite acoplados ao equipamento de ordenha. A eficiência de produção de leite (EPL) foi obtida pela produção média de leite de cada vaca dividido pela ingestão média de MS em cada período experimental. A produção de leite, corrigida para 3,5% de gordura, foi calculada pela equação descrita por Sklan et al. (1992).

A amostragem de leite para as análises químicas foi realizada no 13° e 14° dias de cada período experimental. A amostra de leite individual de cada animal foi composta pela ordenha

da manhã (60%) e da tarde (40%), totalizando duas amostras por animal por período. O material coletado foi acondicionado em frascos de polietileno contendo conservante Bromopol® (2-bromo-2-nitropopano-1,3-diol) e encaminhado para a Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH), para análise dos teores de proteína, gordura, lactose, sólidos totais, sólidos não gordurosos e nitrogênio ureico do leite (NUL).

Foram realizadas duas coletas de urina *spot*, quatro horas após a alimentação matinal (10:30 horas) no 13º e 14º dias dos períodos experimentais. Imediatamente após a coleta foi realizada a aferição do pH urinário, posteriormente foi coletada uma alíquota de 10 mL de urina, filtrada e diluída com 40 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 0,036 N) para determinação das concentrações urinárias de alantoína e ácido úrico e outra alíquota de 50 mL de urina para a determinação de creatinina (CHEN & GOMES, 1992). Chizzotti et al. (2007) determinaram como sendo 24,05 mg kg<sup>-1</sup> PC a excreção diária de creatinina para estimar o volume urinário por intermédio das amostras de urina *spot*.

Para determinação da excreção de purinas totais (PT) (mmol dia<sup>-1</sup>), procedeu-se a soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na urina e da alantoína no leite (CHEN & GOMES, 1992), determinadas através de “kits” comerciais Analisa®, sendo as leituras realizadas em espectrofotômetro (Shimadzu modelo UV<sup>-1</sup> 601). Para determinação da alantoína do leite, procedeu-se a coleta juntamente com as amostras enviadas para as análises químicas, sendo desproteínizado utilizando cinco mL de solução de ácido tricloroacético a 25%, posteriormente filtrado em papel-filtro qualitativo e armazenado a -20°C.

As purinas microbianas absorvidas (PA) (mmol dia<sup>-1</sup>) foram estimadas a partir da excreção de purinas totais (mmol dia<sup>-1</sup>), conforme modelo proposto por Verbic et al. (1990). A estimativa do fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (g NM dia<sup>-1</sup>) foi determinada conforme a equação proposta por Chen & Gomes (1992), a partir da quantidade de purinas absorvidas (mmol dia<sup>-1</sup>).

A determinação dos metabólitos sanguíneos foi realizada no 18º dia experimental, realizando-se duas coletas por animal (jejum e quatro horas após a alimentação matutina), utilizando-se tubos vacutainer seco com ativador de coágulo de quatro mL, através de punção da veia coccígea. As amostras coletadas foram centrifugadas a 3.500 rpm por 15 minutos para a retirada do soro, o qual foi transferido para *ependorfs* e refrigerados para posteriores análises. Foram determinadas as concentrações de colesterol, triglicerídeos, glicose, creatinina, ureia e das enzimas alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), gama-glutamyltransferase (GGT) e fosfatase alcalina (ALP), a partir de *kits* comerciais específicos,

utilizando-se um espectrofotômetro de calibração automática com leitura de alta performance Elitech EL 200 (FLEXOR EL200, LITech Group, Paris, France).

As análises estatísticas foram realizadas pelo PROC MIXED do SAS (versão 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, 2009). As variáveis dependentes foram analisadas no desenho do quadrado latino 5×5 dividido em blocos, com efeitos fixos (período e tratamento) e efeito aleatório (animal).

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk}: \mu + A_i + P_j + T_k + e_{ijk}$$

Em que,  $Y_{ijk}$ : Observação relativa a i-ésimo animal, ao j-ésimo período e ao k-ésimo tratamento;  $\mu$ : Média geral;  $A_i$ : Efeito correspondente ao i-ésimo animal (1, 2, 3, 4 e 5);  $P_j$ : Efeito correspondente ao j-ésimo período (1, 2, 3, 4 e 5);  $T_k$ : Efeito correspondente ao k-ésimo tratamento (0, 25, 50, 75 e 100);  $e_{ijk}$ : Erro aleatório associado a i-ésimo animal, j-ésimo período e k-ésimo tratamento.

A amostragem de sangue foi analisada como medida repetida no tempo (0 e 4 horas) como estrutura de covariância para intervalos de tempo.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + T_k + H_l + TH_{il} + e_{ijkl}$$

Em que,  $Y_{ijkl}$ : Observação relativa a i-ésimo animal, ao j-ésimo período e ao k-ésimo tratamento;  $\mu$ : Média geral;  $A_i$ : Efeito correspondente ao i-ésimo animal (1, 2, 3, 4 e 5);  $P_j$ : Efeito correspondente ao j-ésimo período (1, 2, 3, 4 e 5);  $T_k$ : Efeito correspondente ao k-ésimo tratamento (0, 25, 50, 75 e 100);  $H_l$ : Efeito correspondente ao l-ésimo tempo (0 e 4);  $TH_{il}$ : efeito da interação entre tratamento e tempo;  $e_{ijkl}$ : Erro aleatório associado a i-ésimo animal, j-ésimo período, k-ésimo tratamento e l-ésimo tempo.

As variâncias residuais foram assumidas como sendo normalmente distribuídas e todos os dados são apresentados como mínimos quadrados significativos. Os efeitos de mínimos quadrados e os erros padrão foram determinados usando a instrução LSMEANS, e as diferenças dos mínimos quadrados foram determinadas usando a instrução PDIF.

Os valores de P para efeitos lineares, quadráticos e as interações, quando utilizados foram analisados usando contrastes polinomiais ortogonais. A análise de regressão foi realizada pelo procedimento REG do SAS, com significância de 5% ( $P \leq 0,05$ ).

A avaliação econômica considerou apenas os custos de produção referentes à dieta dos animais durante o período experimental. A análise de viabilidade econômica foi determinada considerando o valor do real em dólar (US\$ 1,00 corresponde à R\$ 3,15), valor pago pelo litro do leite ao produtor (US\$ 0,42/L) e os preços referentes aos ingredientes das rações praticados no Paraná (FAEP, 2018), no mês de maio de 2017: milho moído US\$ 0,17/kg de MS; farelo de



soja US\$ 0,42/kg de MS; suplemento mineral US\$ 0,90/kg de MS e tamponante US\$ 1,19/kg de MS. Os custos referentes à confecção da silagem de milho US\$ 0,04/kg de MS e à silagem de sorgo US\$ 0,02/kg de MS estão discriminados na Tabela 3.

Tabela 3. Discriminação dos custos por hectare para confecção da silagem

Insumos	Unidade	Milho			Sorgo		
		Qtde.	US\$ (kg)	Total US\$	Qtde.	US\$ (kg)	Total US\$
Semente	kg	20	9,52	190,38	6	9,52	57,11
Fertilizante (NPK)	kg	350	0,44	155,48	300	0,44	133,27
Ureia	kg	250	0,51	126,92	150	0,51	76,15
Defensivos <sup>1</sup>	l	3	31,73	95,19	1	31,73	31,73
Colheita silagem	h/máq.	3	31,73	95,19	3	31,73	95,19
Diversos <sup>1</sup>	-	-	-	158,65	-	-	158,65
<b>Despesas totais</b>				<b>821,80</b>			<b>552,10</b>
<b>kg (MS ha<sup>-1</sup>)</b>				<b>20.000</b>			<b>27.000</b>
<b>US\$ (kg MS)</b>				<b>0,04</b>			<b>0,02</b>

US\$ 1,00: R\$ 3,15; <sup>1</sup>Fungicida, herbicida, inseticida e adjuvante; <sup>2</sup>Diversos: Mão de obra, lona para silagem, plantio, combustível.

O custo médio por quilo de ração foi calculado através da composição centesimal de cada ingrediente na dieta multiplicado pelo seu custo. O custo médio com alimentação foi obtido pela multiplicação do custo médio da ração pelo consumo médio da dieta total dos animais em cada tratamento. A receita bruta de cada dieta experimental foi determinada pela multiplicação da produção de leite média do animal pelo preço do litro de leite. A margem bruta foi calculada pela diferença entre a receita bruta e o custo médio de alimentação.

O ponto de equilíbrio foi calculado pelo quociente do custo médio de alimentação pelo valor recebido pelo litro de leite, sendo que o mesmo mostra o volume exato de produção em que há retorno zero. O índice de rentabilidade representa a taxa de retorno do capital empregado, sendo determinado através do quociente da margem bruta e do custo médio de alimentação.

### 5.3 Resultados

As ingestões de MS (kg dia<sup>-1</sup> e %PC), MO, EE, PB, CT e CNF apresentaram efeito linear decrescente ( $P \leq 0,05$ ) em função do acréscimo da silagem de sorgo (Tabela 4). A adição de silagem de sorgo ocasionou efeito linear positivo na ingestão ( $P \leq 0,05$ ) de FDN (kg dia<sup>-1</sup> e %PC) e FDA (kg dia<sup>-1</sup> e %PC), entretanto, não apresentou efeito ( $P > 0,05$ ) sobre a ingestão de nutrientes digestíveis totais.

Tabela 4. Ingestão diária de matéria seca e dos nutrientes da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo

Variáveis	Níveis de Substituição					P value		EPM
	0%	25%	50%	75%	100%	L	Q	
MS <sup>1</sup> (kg dia <sup>-1</sup> )	20,13	20,01	19,89	19,28	18,64	0,04	0,10	1,09
MS <sup>2</sup> (%PC)	3,08	3,05	3,04	2,96	2,84	0,03	0,07	0,05
MO <sup>3</sup> (kg dia <sup>-1</sup> )	18,75	18,51	18,34	17,66	16,99	0,01	0,04	1,00
EE <sup>4</sup> (kg dia <sup>-1</sup> )	0,53	0,49	0,48	0,43	0,40	<0,01	0,01	0,03
PB <sup>5</sup> (kg dia <sup>-1</sup> )	2,89	2,87	2,80	2,67	2,56	<0,01	0,01	0,16
FDN <sup>6</sup> (kg dia <sup>-1</sup> )	6,99	7,65	8,21	8,68	9,05	<0,01	0,01	0,46
FDN <sup>7</sup> (%PC)	1,07	1,16	1,25	1,33	1,38	<0,01	0,01	0,02
FDA <sup>8</sup> (kg dia <sup>-1</sup> )	3,16	3,91	4,62	5,25	5,66	<0,01	0,01	0,26
FDA <sup>9</sup> (%PC)	0,48	0,60	0,71	0,80	0,86	<0,01	0,01	0,02
CNF <sup>10</sup> (kg dia <sup>-1</sup> )	8,32	7,49	6,85	5,87	4,93	<0,01	0,01	0,37
NDT (kg dia <sup>-1</sup> )	15,16	14,74	14,52	14,16	13,32	0,13	0,19	0,93

MS: Matéria seca; MO: Matéria Orgânica; EE: Extrato etéreo; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; CNF: Carboidratos Não Fibrosos; NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; EPM: Erro Padrão da Média; <sup>1</sup>Ŷ: 20,703 - 0,371x; <sup>2</sup>Ŷ: 3,165 - 0,057x; <sup>3</sup>Ŷ: 19,361 - 0,437x; <sup>4</sup>Ŷ: 0,562 - 0,032x; <sup>5</sup>Ŷ: 3,016 - 0,086x; <sup>6</sup>Ŷ: 1,001 + 0,079x; <sup>7</sup>Ŷ: 6,571 + 0,515x; <sup>8</sup>Ŷ: 2,618 + 0,634x; <sup>9</sup>Ŷ: 0,402 + 0,096x; <sup>10</sup>Ŷ: 9,212 - 0,830x.

A digestibilidade da MS, MO e PB não apresentou efeito (P>0,05) em função das dietas com silagem de sorgo (Tabela 5), entretanto a DEE e a DCNF apresentaram efeito linear negativo (P≤0,05).

Tabela 5. Digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes (g kg<sup>-1</sup> de MS) da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo

Variáveis (g kg <sup>-1</sup> )	Níveis de Substituição					P value		EPM
	0%	25%	50%	75%	100%	L	Q	
MS	726,49	718,59	706,24	717,53	695,77	0,62	0,55	19,36
MO	747,70	737,58	730,41	734,05	717,73	0,50	0,51	16,96
PB	735,28	729,51	730,14	725,83	736,34	0,72	0,80	17,72
EE <sup>1</sup>	774,86	743,42	713,44	710,29	690,49	0,02	0,03	18,43
FDN <sup>2</sup>	598,47	639,88	662,53	672,85	686,00	<0,01	0,01	17,44
FDA <sup>3</sup>	410,94	518,52	563,74	617,35	635,19	<0,01	<0,01	15,22
CNF <sup>4</sup>	873,10	847,66	931,05	815,98	790,01	<0,01	0,01	18,61
NDT calc.	749,49	740,46	731,96	732,58	718,25	0,60	0,37	18,78

MS: Matéria Seca; MO: Matéria Orgânica; EE: Extrato Etéreo; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; CT: Carboidratos Totais; CNF: Carboidratos Não Fibrosos; NDT calc.: PBd + CTd + EEd\*2,25; EPM: Erro Padrão da Média; <sup>1</sup>Ŷ: 787,061 - 20,187x; <sup>2</sup>Ŷ: 589,537 + 20,803x; <sup>3</sup>Ŷ: 384,949 + 54,733x; <sup>4</sup>Ŷ: 910,918 - 19,786x.

A digestibilidade da FDN e da FDA apresentou efeito linear positivo em função da adição da silagem de sorgo. O NDT calculado não apresentou efeito em função dos tratamentos (P>0,05), apresentando teor médio de 733,18 g kg<sup>-1</sup> de MS.

A produção de leite média (30,19 kg dia<sup>-1</sup>), produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (28,87 kg dia<sup>-1</sup>) e a eficiência de produção de leite (1,54) não apresentaram efeito (P>0,05) da substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo AGRI 002E (Tabela 6).

Os teores de proteína (28,35 g kg<sup>-1</sup>), gordura (32,34 g kg<sup>-1</sup>), lactose (45,38 g kg<sup>-1</sup>), sólidos totais (115,51 g kg<sup>-1</sup>), sólidos não gordurosos (83,18 g kg<sup>-1</sup>) e nitrogênio ureico (14,18 mg dL<sup>-1</sup>) também não foram influenciados pelas dietas experimentais (P>0,05).

Tabela 6. Produção e composição do leite da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo

Variáveis	Níveis de Substituição					P value		EPM
	0%	25%	50%	75%	100%	L	Q	
PL (kg dia <sup>-1</sup> )	31,67	30,37	30,50	29,40	29,00	0,14	0,12	2,20
EPL	1,57	1,52	1,54	1,53	1,56	0,33	0,55	0,13
PLCG (kg dia <sup>-1</sup> )	29,68	29,11	29,04	28,38	28,15	0,21	0,33	2,30
Proteína (g kg <sup>-1</sup> )	28,76	27,70	28,60	28,34	28,36	0,72	0,93	0,61
Gordura (g kg <sup>-1</sup> )	31,54	32,48	31,72	32,56	33,42	0,57	0,54	2,24
Lactose (g kg <sup>-1</sup> )	45,66	45,20	45,64	45,44	44,94	0,54	0,52	0,62
ST (g kg <sup>-1</sup> )	115,54	114,74	115,44	115,82	116,00	0,55	0,60	2,33
SNG (g kg <sup>-1</sup> )	84,04	82,28	83,72	83,28	82,60	0,87	0,96	0,73
NUL (mg dL <sup>-1</sup> )	13,78	14,63	14,23	14,02	14,22	0,63	0,65	1,00

PL: Produção de leite; EPL: Eficiência produção de leite; PLCG: Produção de leite corrigida para gordura (3,5%); ST: Sólidos totais; SNG: Sólidos não gordurosos; NUL: Nitrogênio ureico do leite; EPM: Erro Padrão da Média.

Com relação às excreções dos derivados de purina (Tabela 7), não houve efeito significativo (P>0,05) para a alantoína urinária, alantoína do leite e ácido úrico em função da adição de sorgo na dieta dos animais.

Tabela 7. Excreções de derivados de purinas e síntese microbiana da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo

Variáveis	Níveis de Substituição					P value		EPM
	0%	25%	50%	75%	100%	L	Q	
Excreções (mmol dia <sup>-1</sup> )								
Alantoína da urina	332,28	313,00	312,28	331,28	334,04	0,93	0,93	10,55
Alantoína do leite	39,07	46,19	45,89	42,18	40,09	0,41	0,57	3,11
Ácido úrico	60,18	55,66	55,14	57,15	58,01	0,79	0,80	2,75
Purinas Totais	434,04	414,61	412,92	429,76	431,10	0,79	0,80	13,68
Purinas Microbianas (mmol dia <sup>-1</sup> )								
Purinas Absorvidas	375,67	355,80	354,08	371,57	372,62	0,79	0,80	13,01
Produção Microbiana (g dia <sup>-1</sup> )								
N -microbiano	273,13	258,68	257,43	270,15	270,91	0,79	0,80	9,46
PB -Microbiana	1707,05	1616,77	1608,92	1688,45	1693,20	0,79	0,80	59,12
PB-Mic kg NDT <sup>-1</sup>	115,47	110,22	111,19	120,29	128,69	0,48	0,56	7,28
pH								
Urina <sup>1</sup>	7,76	7,85	8,12	8,20	8,21	0,01	0,01	0,09

EPM: Erro Padrão da Média; <sup>1</sup>Ŷ: 7,653 + 0,125x.

As purinas totais e purinas microbianas absorvidas não apresentaram efeito ( $P>0,05$ ) em função dos tratamentos. Da mesma forma, a substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo não ocasionou diferença ( $P>0,05$ ) nos valores de N microbiano, PB microbiana e PB-mic. kg NDT<sup>-1</sup> das dietas. Entretanto, houve efeito linear positivo ( $P\leq 0,05$ ) do pH urinário das vacas em lactação resultante do fornecimento da silagem de sorgo.

As concentrações séricas das enzimas (ALT, AST, ALP e GGT) e os teores de COL, CRE, GLI e TRIG não apresentaram interação entre os tratamentos e os tempos de coleta sanguíneos (Tabela 8). A atividade das enzimas aspartato aminotransferase (AST), fosfatase alcalina (ALP), alanina aminotransferase (ALT) e gama glutamil transferase (GGT) não apresentaram efeito em função das dietas testadas ( $P>0,05$ ) e nem entre os tempos de coleta de sangue dos animais.

O teor de creatinina (CRE) também não foi influenciado ( $P>0,05$ ) pelas dietas experimentais e pelos tempos de coleta de sangue, apresentando média de 1,08 mg dL<sup>-1</sup>. As concentrações de colesterol (COL) apresentaram efeito linear positivo ( $P\leq 0,05$ ), em função dos níveis crescentes de substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo. Entretanto, não foi constatado diferença ( $P>0,05$ ) na concentração de colesterol dos animais nos tempos de coletas avaliados, apresentando teor médio de 142,8 mg dL<sup>-1</sup>.

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) das dietas experimentais sobre a concentração sérica de glicose (GLI) e de triglicerídeos (TRIG). Entretanto, houve redução ( $P\leq 0,05$ ) dos níveis de glicose e triglicerídeos na corrente sanguínea na coleta realizada quatro horas após a primeira alimentação (52,44 e 9,36 mg dL<sup>-1</sup>) em relação à coleta em jejum (63,92 e 10,24 mg dL<sup>-1</sup>), respectivamente. As concentrações de ureia sanguínea também não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pela substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo AGRI002E, entretanto, houve aumento ( $P\leq 0,05$ ) da concentração de ureia no sangue em análise posterior à alimentação matutina.

Tabela 8. Concentrações séricas da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo, antes e após a alimentação

Variáveis	Níveis de Substituição (N)					Horas (H)					P value		EPM
	0%	25%	50%	75%	100%	0	4	N	H	N x H	L	Q	
Concentrações Séricas (U L <sup>-1</sup> )													
ALT	21,73	24,21	23,13	23,40	23,97	23,84	22,70	0,51	0,25	0,41	0,92	0,99	1,22
AST	59,20	66,90	56,70	65,90	66,10	65,96	61,56	0,31	0,46	0,31	0,72	0,32	5,37
ALP	100,00	97,20	100,70	101,80	104,00	101,72	104,96	0,76	0,32	0,91	0,71	0,88	9,56
GGT	24,48	24,86	24,72	25,37	24,03	24,65	24,73	0,88	0,91	0,28	0,65	0,92	0,96
Concentrações Séricas (mg dL <sup>-1</sup> )													
COL <sup>1</sup>	132,52	138,73	138,15	151,55	152,96	142,70	142,86	<0,01	0,96	0,97	<0,01	<0,01	7,40
CRE	1,11	1,09	0,98	1,10	1,10	1,10	1,04	0,23	0,11	0,52	0,47	0,16	0,05
GLI	59,70	58,60	55,00	58,90	58,70	63,92	52,44	0,70	<0,01	0,69	0,71	0,43	2,56
TRIG	10,30	9,80	9,90	9,20	9,80	10,24	9,36	0,57	0,04	0,96	0,13	0,28	0,46
UREA	15,20	18,55	16,15	17,02	17,83	15,78	18,12	0,08	<0,01	0,78	0,74	0,93	0,99

ALT: Alanina Aminotransferase; AST: Aspartato Aminotransferase; ALP: Fosfatase Alcalina; GGT: Gamma Glutamiltransferase; COL: Colesterol; CRE: Creatinina; TRIG: Triglicerídeos; GLI: Glicose; EPM: Erro Padrão da Média; <sup>1</sup>Ŷ: 126,672 + 5,37x.

A utilização da silagem de sorgo em substituição à silagem de milho apresentou custo médio da ração por kg de MS semelhante em todas as dietas experimentais (Tabela 9), porém, avaliando-se o custo médio de alimentação por vaca/dia, houve decréscimo do custo de alimentação, favorecido pela redução no consumo ocasionado em função da substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo.

Tabela 9. Análise econômica da dieta de vacas em lactação substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo

Variáveis	Tratamentos				
	0%	25%	50%	75%	100%
Custo Médio Ração (US\$/kg de MS)	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16
Custo Médio Alimentação (US\$ vaca/dia)	3,43	3,36	3,29	3,14	2,98
Receita Bruta (US\$ vaca/dia)	13,26	12,72	12,77	12,31	12,15
Margem Bruta (US\$ vaca/dia)	9,84	9,36	9,49	9,18	9,16
Ponto de Equilíbrio (kg leite/vaca/dia)	8,18	8,01	7,85	7,49	7,12
Índice de Rentabilidade (%)	34,85	35,85	34,63	34,16	32,57

Em termos de receita bruta, o tratamento com 100% de silagem de milho como fonte volumosa foi o mais rentável (US\$ 13,26 vaca/dia) e o tratamento com 100% de silagem de sorgo o menos rentável (US\$ 12,15 vaca/dia). A margem bruta foi superior na dieta com silagem de milho (9,84 US\$ vaca/dia) como fonte exclusiva de volumoso e reduzindo em função da substituição pela silagem de sorgo (9,16 US\$ vaca/dia). Entretanto, o tratamento com 100% de inclusão de silagem de sorgo apresentou o menor ponto de equilíbrio (7,12 kg leite/vaca/dia) necessário para pagamento das despesas relacionadas à alimentação dos animais. Contudo, o índice de rentabilidade determinado foi semelhante entre todas as dietas experimentais.

#### 5.4 Discussão

A redução na ingestão de MS das vacas em lactação em função da silagem de sorgo pode estar associada aos maiores conteúdos de FDN, FDA, celulose e lignina, os quais são responsáveis diretamente pela redução da taxa de passagem e digestão dos alimentos, ocasionando aumento do preenchimento ruminal (HARPER et al., 2017). Dietas com maiores frações da fibra indigestível, como é o caso daquelas com maiores níveis de silagem de sorgo tendem a reduzir a ingestão, pois apresentam correlação negativa, principalmente em vacas de alta produção que apresentam elevada demanda energética (ALLEN, 2000).

Além disso, a utilização de silagem de sorgo na dieta, em substituição total à silagem de milho, tem sido frequentemente associada a uma redução da IMS, devido principalmente à maior concentração da FDNi na silagem de sorgo (DANN et al., 2008; COLOMBINI et al., 2012; BERNARD & TAO, 2015).

Outro ponto importante ainda sem uma definição conhecida está relacionado ao alto nível de ácidos acético e, principalmente, butírico presentes em silagens com elevados teores de umidade, os quais reduzem a palatabilidade do alimento e refletem negativamente no consumo (ERDMAN, 1993), fato esse que pode ter ocorrido na silagem de sorgo do presente trabalho que apresentou teor de MS de 169,57 g kg<sup>-1</sup>, entretanto, não foram feitas análises de ácidos orgânicos do material.

Dann et al. (2008) avaliando vacas holandesas alimentadas com silagem de sorgo com nervura marrom em comparação à silagem de milho e Lusk et al. (1984) avaliando novilhas e vacas em lactação ingerindo silagem de milho e de sorgo BMR-12 (sorgo de nervura marrom), também relataram menor ingestão de MS para as silagens de sorgo com relação à silagem de milho. Por outro lado, Oliver et al. (2004) e Miron et al. (2007), testando o consumo de vacas em lactação alimentadas com silagem de híbridos de sorgo e silagem de milho não observaram diferença para ingestão de MS dos animais.

Desse modo, a diminuição no consumo é devida provavelmente a fatores físicos relacionados ao enchimento, sendo a FDN principal limitante em condições de alta IMS. Mertens (2009) sugere que a ingestão aproximada de FDN para vacas multíparas de média lactação seja de até 1,3% do peso corporal. No presente trabalho, a IFDN (%PC) variou de 1,07 até 1,38% PC em função da silagem de sorgo, demonstrando que houve limitação da ingestão das vacas referentes aos tratamentos que receberam maiores quantidades de silagem de sorgo.

A redução das ingestões de MO, EE, CT e CNF são reflexo dos menores conteúdos de tais nutrientes na composição da dieta, da mesma forma que para o aumento da ingestão de FDN e FDA, os conteúdos dos nutrientes foram superiores na dieta com silagem de sorgo. A maior ingestão de proteína bruta nas dietas a base de silagem de milho é em razão da maior ingestão de matéria seca e pela maior presença de grãos, visto que as dietas foram isoproteicas.

A redução da digestibilidade do extrato etéreo e dos carboidratos não fibrosos deve-se a menor concentração de tais nutrientes na composição da silagem de sorgo. A silagem de milho apresentou concentrações de CNF (418,09 g kg<sup>-1</sup> de MS) superior à silagem de sorgo (148,47 g kg<sup>-1</sup> de MS), contribuindo para a maior digestibilidade nas dietas com maiores proporções de

silagem de milho, visto que os CNF apresentam alto coeficiente de digestibilidade verdadeiro, chegando até 98% (DETMANN et al., 2006).

Além disso, os carboidratos não fibrosos podem influenciar diretamente na digestibilidade da fibra, fato ocasionado por dois efeitos distintos (pH e/ou efeito carboidrato) (ARROQUY et al., 2005). Portanto, o efeito carboidrato pode ser o principal responsável pela menor digestibilidade da fibra, em decorrência da competição entre microrganismos fibrolíticos e amilolíticos pelos nutrientes essenciais (DETMANN et al., 2006).

Um dos principais fatores que interferem na digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta é o tempo que as partículas ficam retidas no rúmen e não propriamente relacionado com a qualidade da forrageira (FOX et al., 2004), visto que animais que consomem maiores quantidades de MS aumentam a taxa de passagem e conseqüentemente reduzem a digestibilidade aparente total da fibra (DOREAU et al., 2003; HARPER et al., 2017).

Os resultados para produção de leite, produção corrigida para gordura e a eficiência produtiva de leite são condizentes com Oliver et al. (2004), Lusk et al. (1984) e Bernard & Tao (2018), que não observaram diferenças para a produção de leite de animais alimentados com silagens de milho e sorgo forrageiro. Diferentemente de outros resultados, como apresentados por Dann et al. (2008) e por Aydın et al. (1999) que relataram diminuição da produção de vacas leiteiras de alta produção alimentadas com silagem de sorgo em comparação às vacas alimentadas com de silagem de milho.

Harper et al. (2017) descreveram uma menor produção de leite em vacas alimentadas com silagem de sorgo, relacionada diretamente com a menor ingestão de MS. A eficiência produtiva semelhante entre as dietas experimentais demonstra que a menor ingestão de matéria seca nos tratamentos com maior inclusão de silagem de sorgo não foi suficiente para limitar a produção de leite, isto porque houve maior degradabilidade da FDN e da FDA e os teores de NDT foram semelhantes entre as dietas. Da mesma forma, Colombini et al. (2012), relataram eficiência produtiva semelhante entre os animais alimentados com dietas contendo silagem de milho e silagem de sorgo.

Os teores de proteína do leite, de gordura, de lactose, de sólidos totais e de sólidos não gordurosos condizem com os resultados de Lusk et al. (1984), Oliver et al. (2004) e Colombini et al. (2010), apresentando dados similares entre as dietas experimentais. No entanto, outros estudos demonstraram que vacas alimentadas com silagem de milho apresentaram elevação nos teores de proteína do leite e da lactose em relação a animais consumindo silagem de sorgo forrageiro e sorgo BMR forrageiro (GRANT et al., 1995; AYDIN et al., 1999).



Vários são os fatores que podem influenciar em alterações na concentração de NUL, principalmente os teores de proteína (BRODERICK & CLAYTON, 1997) e de energia fermentável da dieta (OLTNER & WIKTORSSON, 1983). Entretanto, como as dietas apresentaram composição química similar para proteína bruta e nutrientes digestíveis totais, os resultados foram semelhantes, estando inseridos na faixa de 10 a 16 mg dL<sup>-1</sup>, considerados adequados para vacas em lactação conforme citado por Rajala-Schultz & Saville (2003).

A similaridade para as excreções de alantoína e ácido úrico é devida ao fato de as dietas serem isoproteicas, além do mais, estas substâncias excretadas via urina resultam do catabolismo de proteínas em ruminantes e são variáveis importantes para estimativa da quantidade de proteína microbiana utilizada (BRAGA et al., 2012). Segundo Verbic et al. (1990), a excreção de alantoína da urina está diretamente ligada à excreção total de derivados de purina correspondendo a aproximadamente 85% dos derivados excretados.

Harper et al. (2017); Khosravi et al. (2018) da mesma forma, relataram ausência de efeito nas excreções urinárias de alantoína, ácido úrico, purinas totais e purinas absorvidas entre vacas leiteiras alimentadas com dietas contendo silagem de milho ou silagem de sorgo, relacionando essa ausência à similaridade entre o consumo de matéria seca e a digestibilidade das dietas experimentais.

Os derivados de purina são originados da digestão dos ácidos nucleicos, os quais na grande maioria são convertidos em microrganismos ruminais no intestino (FUJIHARA & SHEM, 2011), apresentando uma relação direta entre as purinas excretadas na urina e o fluxo microbiano (VO & ØRSKOV, 2006). A semelhança dos derivados de purina entre os grupos experimentais pode estar relacionada à similaridade de proteína e NDT de ambas as dietas, conforme observado por Khosravi et al. (2018). Harper et al. (2017) avaliando as excreções urinárias de alantoína, ácido úrico e derivados de purina de animais recebendo silagem de sorgo ou milho também não observaram diferenças entre as dietas testadas.

As excreções urinárias diárias de derivados de purina estão diretamente relacionadas à ingestão de matéria seca (DÓREA et al., 2017), entretanto, o comportamento linear da ingestão de matéria seca não condiz com as excreções. O aumento da IMS está diretamente relacionado ao aumento da taxa de passagem, conseqüentemente, a tendência é aumentar a eficiência da síntese proteica (NRC, 2001). Essa tendência não foi constatada no presente estudo, provavelmente ocasionada pela redução da digestão da matéria orgânica ruminal, fornecendo menos substrato para a síntese microbiana.

Outra razão pela qual houve ausência de efeito é porque em dietas de elevado teor energético ocorre aumento do fluxo de PB microbiana para o intestino em razão da diminuição

da IMS ocasionada por efeitos químicos reguladores, conforme observado por Voelker & Allen (2003) que observaram redução da IMS e aumento do fluxo de PB microbiana com aumento dos teores de amido.

A síntese da proteína microbiana é dependente da disponibilidade e sincronização de energia fermentável (carboidratos), do nitrogênio degradável no rúmen (NRC, 2001) e da proliferação microbiana ruminal (NAKAGAWA et al., 1992). Segundo preconizado pelo NRC (2001), a eficiência da síntese de proteína bruta microbiana é de 130 g dia<sup>-1</sup> de PB mic. kg<sup>-1</sup> de NDT, valor superior ao determinado no presente trabalho que foi de 117,17 g dia<sup>-1</sup> de PB mic. kg<sup>-1</sup> de NDT. A eficiência microbiana média do presente trabalho foi semelhante ao citado por Chizzotti et al. (2007) que realizaram a avaliação em vacas lactantes de baixa, média e alta produção com coleta total e coleta *spot* de urina, apresentando eficiência microbiana média de 118,76 g dia<sup>-1</sup> de PB mic. kg<sup>-1</sup> de NDT, demonstrando que houve disponibilidade de esqueletos de carbono e amônia semelhante entre as dietas.

O pH urinário apresentou elevação com a substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo, fator que pode estar relacionado diretamente ao conteúdo de carboidratos não fibrosos da dieta, o qual reduziu conforme aumentou-se a substituição do volumoso. Entretanto, os valores determinados de pH urinário dos animais estão de acordo com os valores citados como normais (7,8-8,4) para a espécie bovina (GARCIA-NAVARRO, 1996), demonstrando um bom aproveitamento dos nutrientes e evidenciando ausência de acidose ruminal nos mesmos.

Segundo GHADAA (2014), as enzimas alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), gama glutamiltransferase (GGT) e fosfatase alcalina (FAL), tem papel determinante no fornecimento de energia, contribuindo na função hepática dos animais. A avaliação do plasma sanguíneo e das atividades séricas das enzimas são de extrema importância para o acompanhamento de vacas leiteiras pós-parto, monitorando casos de incidência de doenças subclínicas (STOJEVIĆ et al., 2005; SAMANC et al., 2011) e são biomarcadores de lesão hepática (GHOURI et al., 2010).

A atividade enzimática da enzima ALT no plasma sanguíneo observada no presente trabalho ( $23,29 \pm 1,22$  U L<sup>-1</sup>) foi superior aos valores relatados por Stojević et al. (2005) e Liu et al. (2012) de ( $14,89 \pm 5,88$  U L<sup>-1</sup>) e ( $14,26 \pm 0,51$  U L<sup>-1</sup>), respectivamente, para vacas em lactação. Porém, os dados do presente trabalho encontram-se dentro da faixa de referência (11-40 U L<sup>-1</sup>) para vacas em lactação citada por Kaneko et al. (2008).

As concentrações séricas de AST ( $63,76 \pm 6,26$  U L<sup>-1</sup>) determinadas no presente estudo são consistentes com os valores relatados por Civelek et al. (2006) e Liu et al. (2012) que

observaram ( $72,33 \pm 1,90 \text{ U L}^{-1}$ ) e ( $76,99 \pm 1,59 \text{ U L}^{-1}$ ), respectivamente, estando em níveis de normalidade ( $78\text{-}132 \text{ U L}^{-1}$ ) sugeridos por Kaneko et al. (2008) para vacas em lactação. A AST pode indicar o mau funcionamento do fígado, quando em condições de elevação na corrente circulatória pode indicar hipoglicemias (GONZÁLEZ & SILVA, 2006), ou ainda, anormalidades infecciosas ou tóxicas (GREGORY et al., 1999).

Da mesma forma, a GGT ( $24,69 \pm 0,96 \text{ U L}^{-1}$ ) apresentou-se em condições normais ( $6,1\text{-}17,4 \text{ U L}^{-1}$ ) citadas por Kaneko et al. (2008), diminuindo a probabilidade de lesões hepáticas, pois a mesma aumenta sua atividade em condições de necessidade de formação de cetoácidos em casos de excesso de aminoácidos (STELLA et al., 2007). Os valores observados no presente estudo são similares aos abordados por Civelek et al. (2006) e Liu et al. (2012) de ( $22,44 \pm 1,60 \text{ U L}^{-1}$ ) e ( $23,17 \pm 0,32 \text{ U L}^{-1}$ ), respectivamente para vacas lactantes.

Logo, a atividade da ALP ( $103,34 \pm 10,83 \text{ U L}^{-1}$ ) foi superior ao relatado por Farzaneh et al. (2006) de ( $76,55 \pm 1,86 \text{ U L}^{-1}$ ), mas dentro do padrão de normalidade ( $0\text{-}488 \text{ U L}^{-1}$ ) para a categoria avaliada, segundo Kaneko et al. (2008). Os valores de ALP apresentam uma elevada amplitude, devido às variações decorrentes durante o estágio produtivo dos animais.

A discrepância entre os resultados das concentrações séricas das enzimas determinadas é resultante das diferenças em relação a manejo, nutrição, época e critérios adotados em cada experimento. Entretanto, os valores abordados para a ALT, AST, ALP e GGT estão dentro da faixa de normalidade para vacas em lactação citada por Kaneko et al. (2008), demonstrando não haver problemas ou doenças hepáticas (WEBBER et al., 2010).

A concentração sérica do colesterol apresentou valores próximos aos valores de referência para vacas Holandesas em lactação ( $133,50 \text{ mg dL}^{-1}$ ) citados por POGLIANI & BIRGEL JÚNIOR (2007), visto que após 45 dias de lactação ocorre equilíbrio do balanço energético dos animais (SOUZA & BIRGEL JUNIOR, 2009). O colesterol é um indicador relacionado à exportação de lipídios do fígado na forma de VLDL (lipoproteínas de densidade muito baixa) (NDLOVU et al., 2007).

Protes et al. (2018) trabalhando com cordeiros em confinamento, relataram que a utilização da silagem de sorgo na alimentação dos animais proporcionou maior concentração do ácido graxo C16:0 (ácido palmítico), considerado por ser hipercolesterolêmico, causando elevação da síntese de colesterol, justificando o aumento da concentração de colesterol nas vacas alimentadas com maiores proporções de silagem de sorgo.

Da mesma forma, Cattani et al. (2017) afirmaram que o leite de vacas alimentadas com silagem de sorgo apresentou maiores proporções de ácido palmítico (32,05% dos AG totais)

em relação ao leite das vacas alimentadas com silagem de milho (30,76% dos AG totais). Howes et al. (2015) relataram que o ácido graxo C16:0 contribui para o aumento as concentrações totais e de LDL do colesterol, pois interfere na atuação dos receptores de LDL (lipoproteínas de baixa densidade), restringindo sua remoção e elevando a sua concentração plasmática (WOOLLETT et al., 1992).

Byers & Schelling (1993) sugerem como nível normal de triglicerídeos sanguíneos 18 mg dL<sup>-1</sup> e Pogliani & Birgel Júnior (2007) citam como valores de referência para vacas holandesas em lactação 16,54 mg dL<sup>-1</sup>. No presente trabalho, os valores ficaram inferiores aos valores considerados normais, porém a concentração está relacionada ao baixo nível de gordura da dieta.

Os ruminantes apresentam como característica a baixa capacidade de síntese hepática de triglicerídeos, sendo a síntese de ácidos graxos e triglicerídeos realizada a partir do acetato, acumulando-se no tecido adiposo, apresentando elevação na concentração sérica no período absorptivo, conforme demanda de energia do animal (ESPINOZA et al., 2008).

A redução dos níveis de triglicerídeos após a ingestão de alimentos com elevada concentração energética, eleva a síntese de ácidos graxos a partir do acetato e propionato direcionados ao fígado, aumentando a exportação de triglicerídeos incorporados nas lipoproteínas na forma de VLDL (BRUSS, 2008) para a circulação linfática, sendo direcionadas aos tecidos periféricos (KOZLOSKI, 2009), como fonte de energia metabólica celular.

González et al. (2000) afirmaram que a concentração de glicose sanguínea tem pouca variação no organismo de animais ruminantes, devido à eficiência dos mecanismos homeostáticos. Visto que a dieta tem pouca influência sobre os níveis de glicemia, com exceção dos casos de animais com elevada desnutrição, o que não foi constatado nos animais avaliados.

Os níveis de glicose sanguínea apresentaram redução quatro horas após a alimentação em decorrência dos processos de degradação e digestão do alimento, visto que as dietas apresentam teores consideráveis de carboidratos solúveis, de rápida degradação ruminal. Resultando em grandes quantidades de propionato, responsável pela formação de até 50% da glicose sanguínea (GONZÁLEZ & SILVA, 2006) e pelo aumento da quantidade de amido para o intestino proveniente das silagens e das matérias primas do concentrado que contribuem para aumento dos níveis de glicose no sangue (CALIXTO JUNIOR et al., 2010).

Os valores de ureia plasmática apresentaram ausência de efeito e estão dentro da faixa considerada ideal para vacas em lactação. Oliveira et al. (2001) sugerem que concentrações

séricas de nitrogênio ureico plasmático superior a  $19 \text{ mg dL}^{-1}$  refletem o limite para ocorrência de perda de nitrogênio dietético resultando em perda nutricional, maiores custos com alimentação e efeitos deletérios na saúde e produção dos animais.

A ausência de significância na ureia do leite é reflexo dos valores da ureia plasmática, considerando que a elevação da amônia ruminal acarreta em aumento da concentração sanguínea de ureia e consequente passagem para o leite (KAUFFMAN & ST-PIERRE, 2001). Assim, a concentração de ureia no leite é um dos principais indicadores do metabolismo proteico de bovinos leiteiros (NOUSIAINEN et al., 2004). Os valores determinados encontram-se de acordo com os padrões sugeridos para vacas em lactação ( $10$  a  $16 \text{ mg dL}^{-1}$ ) (MEYER et al., 2016).

A concentração de nitrogênio ureico no plasma apresentou elevação quatro horas após a alimentação em relação à concentração plasmática antes da alimentação, demonstrando a rápida formação de amônia após a alimentação corroborando com os resultados demonstrados por Kauffman & St-Pierre (2001) que relataram maiores valores de ureia no soro entre 1,5 a 2,0 horas após o pico de nitrogênio amoniacal no rúmen.

A concentração de ureia no sangue e a absorção da amônia pelo epitélio ruminal são influenciadas pelo pH, interagindo com o transporte de potássio, sódio e magnésio através da membrana apical, sendo que vacas em lactação após a alimentação matutina apresentam pH próximo da neutralidade, aumentando o fluxo de amônia para o sangue e reduzindo ao longo do dia com a redução do pH (REYNOLDS & KRISTENSEN, 2008). A amônia pode ser absorvida tanto pelo epitélio ruminal, quanto por outros compartimentos do trato gastrointestinal nas formas  $\text{NH}_3$  e  $\text{NH}_4^+$ , embora os mecanismos exatos de absorção ainda sejam confusos (ABDOUN et al., 2007).

Conforme foi realizada a substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo forrageiro, houve redução das receitas e margens brutas em decorrência de diferenças na produção e consumo entre as dietas experimentais. Porém, constatou-se que o tratamento com substituição total da silagem de milho apresentou o maior retorno econômico, e em contrapartida, o tratamento com silagem de milho como fonte exclusiva de volumoso apresentou o maior ponto de equilíbrio. Levando-se em consideração o ponto de equilíbrio, a silagem de sorgo exclusivamente como fonte de volumoso apresenta-se mais viável em comparação aos demais tratamentos com a presença da silagem de milho, pelo fato de serem necessários menos litros de leite/vaca/dia para cobrir as despesas com a aquisição das matérias primas necessárias para confecção das dietas experimentais.

## 5.5 Conclusão

A silagem de sorgo forrageiro pode ser utilizada em vacas holandesas em lactação como substituta total da silagem de milho, podendo reduzir a ingestão de nutrientes. Entretanto, a maior degradabilidade da fibra da silagem de sorgo mantém inalterada a produção e composição do leite.

### Referências Bibliográficas

- ABDELHADI, L.O.; SANTINI, F.J. 2006. Corn silage versus grain sorghum silage as a supplement to growing steers grazing high quality pastures: Effects on performance and ruminal fermentation. **Animal Feed Science and Technology**. 127:33-43.
- ABDOUN, K.; STUMPF, F.; MARTENS, H. 2007. Ammonia and urea transport across the rumen epithelium: A review. **Animal Health Research Reviews**. 7:1-17.
- ALLEN, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 83:1598-1624.
- AMER, S.; HASSANAT, F.; BERTHIAUME, R.; SEGUIN, P.; MUSTAFA, A.F. 2012. Effects of water-soluble carbohydrate content on ensiling characteristics, chemical composition and *in vitro* gas production of forage millet and forage sorghum silages. **Animal Feed Science and Technology**. 177:23-29.
- ARROQUY, J.I.; COCHRAN, R.C.; NAGARAJA, T.G. 2005. Effect of types of non-fiber carbohydrate on *in vitro* forage fiber digestion of low-quality grass hay. **Animal Feed Science and Technology**. 120:93-106.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC INTERNATIONAL. 2000. **Official methods of analysis**. 17ed. Gaithersburg: 2000p.
- AYDIN, G.; GRANT, R.J.; O'REAR, J. 1999. Brown midrib sorghum in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 82:2127-2135.
- BERNARD, J.K.; TAO, S. 2015. Short communication: Production response of lactating dairy cows to brachytic forage sorghum silage compared with corn silage from first or second harvest. **Journal of Dairy Science**. 98:8994-9000.
- BRAGA, J.M.D.S.; VALADARES, R.F.; PELLIZZONI, S.G.; VALADARES FILHO, S.D.C.; PRATES, L.L.; COSTA E SILVA, L.F. 2012. Estimation of endogenous contribution and urinary excretion of purine derivatives from the total digestible nutrient intake in Nellore heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 41:1899-1906.
- BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**. 80:2964-2971.

- BRUSS, M.L. 2008. Lipids and ketones. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. (Eds.) **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6.ed. San Diego: Academic Press. 81-115.
- BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. 1993. Los lípideos em la nutrición de los rumiantes. In: CHURCH, C.D. **El Rumiante: fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia. 339-356.
- CALIXTO JUNIOR, M.; JOBIM, C.C.; SANTOS, G.T.; BUMBIERIS JÚNIOR, V.H. 2010. Constituintes sanguíneos de vacas da raça holandesa alimentadas com silagens de milho ou de capim-elefante. **Semina: Ciências Agrárias**. 31(2):429-438.
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. 2001. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 30(6):1837-1856.
- CARAFFA, M.; RIFFEL, C.T.; CARNEIRO, E.A.; ZAWACKI, M.E.; WITCZAK, G.P. 2017. Ensaio Estadual de avaliação de genótipos de sorgo silageiro-sacarino, Três de Maio, RS, na safra 2016/17. **Anais... 45º Reunião Técnica Anual da Pesquisa do sorgo**. p.182-185.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 37(2):335-342.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. 1992. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details**. (Occasional publication) – INTERNATIONAL FEED RESEARCH UNIT. Bucksburn, Aberdeen: Rowett Research Institute.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F.H.M.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A. 2007. Consumo, digestibilidade e excreção de ureia e derivados de purinas em vacas de diferentes níveis de produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36(1):138-146.
- CIVELEK, T.; SEVINC, M.; BOYDAK, M.; BASOGLU, A. 2006. Serum apolipoprotein B100 concentrations in dairy cows with left sided displaced abomasum. **Revue de Médecine Vétérinaire**. 157:361-365.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D.; GALYEAN, M.L. 1986. Predicting digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**. 63:1476-1483.
- COLOMBINI, S.; GALASSI, G.; CROVETTO, G.M.; RAPETTI, L. 2012. Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. **Journal of Dairy Science**. 95(8):4457-4467.

- COLOMBINI, S.; RAPETTI, L.; COLOMBO, D.; GALASSI, G.; CROVETTO, G.M. 2010. Brown midrib forage sorghum silage for the dairy cow: nutritive value and comparison with corn silage in the diet. **Italian Journal of Animal Science**. 9(3):273-277.
- COSTA, M.G.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, VALADARES, R.F.D.; MENDONÇA, S.S.; SOUZA, D.P.; TEIXEIRA, M.P. 2005. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 34:2437-2445.
- DANN, H.M.; GRANT, R.J.; COTANCH, K.W.; THOMAS, E.D.; BALLARD, C.S.; RICE, R. 2008. Comparison of brown midrib sorghum sudangrass with corn silage on lactational performance and nutrient digestibility in Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 91:663-672.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; PINA, D.S.; PAULINO M.F.; VALADARES, F.F.D.; CHIZZOTTI, M.L.; MAGALHÃES, K.A. 2006. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 35:1479-1486.
- DÓREA, J.R.R.; DANÉS, M.A.C.; ZANTON, G.I., ARMENTANO, L.E. 2017. Urinary purine derivatives as a tool to estimate dry matter intake in cattle: A meta-analysis. **Journal of Dairy Science**. 100(11):1-18.
- DOREAU, M.; MICHALET-DOREAU, B.; GRIMAUD, P.; ATTI, N.; NOZIÈRE, P. 2003. Consequences of underfeeding on digestion and absorption in sheep. **Small Ruminant Research**. 49:289-301.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**. 28(3):350-356.
- ERDMAN, R.A. 1993. **Silage fermentation characteristics affecting feed intake**. Pages 210-219 in Silage Production.
- ESPINOZA, J.L.; PALACIOS, A.; ORTEGA, R.; GUILLÉN, A. 2008. Efecto de la suplementación de grasas sobre las concentraciones séricas de progesterona, insulina, somatotropina y algunos metabolitos de los lípidos en ovejas Pelibuey. **Archivos de Medicina Veterinária**. 40:135-140.
- FARZANEH, N.; MOHRI, M.; JAFARI, A.M.; HONARMAND, K.; MIRSHOKRAEI, P. 2006. Peripartal serum biochemical, haematological and hormonal changes associated with retained placenta in dairy cows. **Comparative Clinical Pathology**. 15:27-30.
- FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DO PARANÁ – FAEP. 2018. **Cotações**. Disponível em: <<https://sistemafaep.org.br/cotacoes>>. Acesso: out./2018.
- FERRARETO, L.F.; FONSECA, A.C.; SNIFFEN, C.J.; FORMIGONI, A.; SHAVER, R.D. 2015. Effect of corn silage hybrids differing in starch and neutral detergent fiber digestibility on lactation performance and total-tract nutrient digestibility by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 98(1):395-405.



- FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P.; RUSSELL, J.B.; VAN AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**. 112:29-78.
- FUJIHARA, T.; SHEM, M.N. 2011. Metabolism of microbial nitrogen in ruminants with special reference to nucleic acids. **Animal Science Journal**. 82:198-208.
- GARCIA-NAVARRO, C.E.K. 1996. **Manual de Urinálise Veterinária**. São Paulo: Livraria Varela, 96p.
- GHADAA, E.M. 2014. Investigation of some enzymes level in blood and milk serum in two stages of milk yield dairy cows at Assiut city. **Assiut Veterinary Medicine Journal**. 60(142):110-120.
- GHOURI, N.; PREISS, D.; SATTAR, N. 2010. Liver enzymes, nonalcoholic fatty liver disease, and incident cardiovascular disease: a narrative review and clinical perspective of prospective data. **Hepatology**. 52(3):1156-1161.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. 2006. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 357p.
- GRANT, R.J.; HADDAD, S. G.; MOORE, K.J.; PEDERSEN, J.F. 1995. Brown midrib sorghum silage for mid lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 78:1970-1980.
- GREGORY, L.; BIRGEL JUNIOR, E.H.; MIRANDOLA, R.M.S.; ARAÚJO, W.P.; BIRGE, E.H. 1999. Valores de referência da atividade enzimática da aspartato aminotransferase e da gama glutamiltransferase em bovinos da raça Jersey. Influência dos fatores etários, sexuais e da infecção pelo vírus da leucose dos bovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 51(6).
- HARPER, M.T.; OH, J.; GIALLONGO, F.; LOPES, J.C.; ROTH, G.W.; HRISTOV, A.N. 2017. Using brown midrib 6 dwarf forage sorghum silage and fall-grown oat silage in lactating dairy cow rations. **Journal of Animal Science**. 100:1-16.
- HOLDEN, L.A. 1999. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Animal Science**. 68:3832-3842.
- HOWES, N.L.; BEKHIT, A.E.D.A.; BURRITT, D.J.; CAMPBELL, A.W. 2015. Opportunities and implications of pasture-based lamb fattening to enhance the long-chain fatty acid composition in meat. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. 14:22-36.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHIMIDT, P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36:101-119.
- KANEKO, J.J., HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. 2008. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6th Ed. Elsevier Academic, Amsterdam. 356-365.

- KAUFFMAN, A.J.; ST-PIERRE, N.R. 2001. The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows. **Journal of Dairy Science**. 84:2284-2294.
- KHOSRAVI, M.; Y. ROUZBEHAN, Y.; REZAEI, M.; REZAEI, J. 2018. Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 101:1-9.
- KOZLOSKI, G.V. 2009. **Bioquímica dos ruminantes**. 2 ed. Santa Maria: Ed. da UFSM. 216p.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. **Animal Feed Science and Technology**. 57(4):347-358.
- LIU, P.; HE, B.X.; YANG, X.L.; HOU, X.L.; HAN, J.B.; HAN, Y.H.; NIE, P.; DENG, H.F.; DU, X.H. 2012. Bioactivity evaluation of certain hepatic enzymes in blood plasma and milk of Holstein cows. **Pakistan Veterinary Journal**. 32(4):601-604.
- LUSK, J.W.; KARAU, P.K.; BALOGU, D.O.; GOURLEY, L.M. 1984. Brown midrib sorghum or corn silage for milk production. **Journal of Dairy Science**. 67:1739-1744.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S; CABRAL, L.S. MELLO, R.; FREITAS J.A.; TORRES, R.A.; VALADARES FILHO, S.C.; ASSIS A.J. 2006. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 35:591-599.
- MARSALIS, M.A., ANGADI, S.V.; CONTRERAS-GOVEA, F.E. 2010. Dry matter yield and nutritive value of corn, forage sorghum, and BMR forage sorghum at different plant populations and nitrogen rates. **Field Crops Research**. 116:52-57.
- MERTENS, D.R. 2009. **Maximizing forage use by dairy cows**. 303-319 in Proc. 27th Annual Western Canadian Dairy Seminar, Red Deer, Alberta. University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.
- MEYER, P.M.; MACHADO, P.F.; COLDEBELLA, A.; CASSOLI, L.D.; COELHO, K.O.; RODRIGUES, P.H.M. 2006. Fatores não-nutricionais e concentração de nitrogênio ureico no leite de vacas da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 35(3):1114-1121. Supl.
- MIRON, J.; ZUCKERMAN, E.; ADIN, G.; SOLOMON, R.; SHOSHANI, E.; NIKBACHAT, M.; YOSEF, E.; ZENOU, A.; WEINBERG, Z.G.; Chen, Y.; HALACHMI, I.; BENGHEDALIA, D. 2007. Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**. 139:23-39.
- NAKAGAWA, T.; KOBAYASHI, Y.; WAKITA, M.; HOSHINO, S. 1992. Effects of defaunation and inoculation of ciliates on some rumen parameters and feed utilization in sheep. **Animal Science and Technology**. 63:964-969.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. 2001. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Seventh revised edition, Washington D.C.: National Academy Press, 360p.
- NDLOVU, T.; CHIMONYO, M.; OKOH, A.I.; MUCHENJE, V. 2007. Assessing the nutritional status of beef cattle: current practices and prospects. **African Journal of Biotechnology**. 6:2727-2734.
- NOUSIAINEN, J.; SHINGFIELD, K.J.; HUHTANEN, P. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. **Journal of Dairy Science**. 87:386-398.
- OLIVEIRA, A.S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. CECON, P.R.; RENNÓ, L.N.; QUEIROZ, A.C.; CHIZZOTTI, M.L. 2001. Produção de proteína microbiana e estimativas das excreções de derivados de purinas e de ureia em vacas lactantes alimentadas com rações contendo diferentes níveis de compostos nitrogenados não-proteicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 30(5):1621-1629.
- OLIVER, A.L.; GRANT, R.J.; PEDERSEN, J.F.; O'REAR, J. 2004. Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating cows. **Journal of Dairy Science**. 87:637-644.
- OLTNER, R.; WIKTORSSON, H. 1983. Urea concentrations in milk and blood as influenced by feeding varying amounts of protein and energy to dairy cows. **Livestock Production Science**. 10:457-467.
- POGLIANI, F.C.; BIRGEL JUNIOR, E. 2007. Valores de referência do lipidograma de bovinos da raça holandesa, criados no Estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. 44(5):373-383.
- PROTES, V.M.; COSTA, C.; PARIZ, C.M.; CASTILHOS, A.M.; MEIRELLES, P.R.L.; LONGHINI, V.Z.; ROÇA, R.O.; RICARDO, H.A.; MELO, V.F.P. 2018. Effects of soybean silage on feeding behavior, performance, and meat quality of lambs. **Small Ruminant Research**. 164:64-69.
- RAJALA-SCHULTZ, P.J.; SAVILLE, W.J.A. 2003. Sources of variation in milk urea nitrogen in Ohio dairy herds. **Journal of Dairy Science**. 86:1653-1661.
- REYNOLDS, C.K.; KRISTENSEN, N.B. 2008. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: an asynchronous symbiosis. **Journal Animal Science**. 86:293-305.
- SAMANC, H.; DANIJELA, K.; STOJIĆ, V.; DRAGICA, S.; VUJANAC, I.; PRODANOVIĆ, R.; SLAVICA, B.K. 2011. Application of the metabolic profile in the prediction and diagnosis of fatty liver in Holstein cows. **Acta Veterinaria (Beograd)**. 61(5-6):543-553.
- SAS INSTITUTE. 2009. SAS PROPRIETARY SOFTWARE, RELEASE 9.2. SAS INST. INC., CARY, N.C.
- SKLAN, D.; R. ASHKENAZI, A; BRAUN, A.; DEVORIN A.; TABORI K. 1992. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cotton seeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**. 75(9):2463-2472.

- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**. 70(1):3562-3577.
- SOUZA, R.M.; BIRGEL JUNIOR, E.H. 2009. Influência do puerpério e da fase pós- puerperal no lipidograma de vacas da raça Holandesa criadas no Estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. 46(1):5-10.
- STELLA, A.V.; PARATTE, R.; VALNEGRI, L.; CIGALINO, G.; SONCINI, G.; CHEVAUX, E.; DELL'ORTO, V.; SAVOINI, G. 2007. Effect of administration of live *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, milk composition, blood metabolites, and faecal flora in early lactation dairy goats. **Small Ruminant Research**. 67:7-13.
- STOJEVIĆ, Z.; PIRSLJIN, J.; MILINKOVIC-TUR, S.; ZDELAR-TUK, M.; LJUBIC, B.B. (2005): Activities of AST, ALT and GGT in clinically healthy dairy cows during lactation and in the dry period. **Veterinarski Arhiv**. 75:67-73.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**. 18:104-111.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. 1991. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 74(10):3583-3597.
- VAN SOEST, P.J., WINE, R.H. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**. 52: 780-785.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A.; ORSKOV, E.R. 1990. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**. 114(3):243-248.
- VO, T.K.T.; ØRSKOV, E.R. 2006. Causes of differences in urinary excretion of purine derivatives in buffaloes and cattle. **Animal Science**. 82:355-358.
- VOELKER, J.A.; ALLEN, M.S. 2003. Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn: 3. Effects on ruminal fermentation, pH, and microbial protein efficiency in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 86:3562-3570.
- WEBBER, M.; KRISHNAN, A.; THOMAS, N.G.; CHEUNG, B.M.Y. 2010. Association between serum alkaline phosphatase and c-reactive protein in the United States National Health and Nutrition Examination Survey 2005–2006. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**. 48:167-173.
- WEINBERG, Z.G.; SHATZ, O.; CHEN, Y.; YOSEF, E.; NIKBAHAT, M.; BENGHEDALIA, D.; MIRON, J. 2007. Effect of lactic acid bacteria inoculants on *in vitro* digestibility of wheat and corn silages. **Journal of Dairy Science**. 90:4754-4762.
- WOOLLETT, L.A.; SPADY, D.K.; DIETSCHY, J.M. 1992. Saturated and unsaturated fatty acids independently regulate low density lipoprotein receptor activity and production rate. **Journal of Lipid Research**. 33:77-88.

## 6. DIGESTIBILIDADE DA MATÉRIA SECA E DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS ALIMENTADOS COM SILAGEM DE SORGO EM SUBSTITUIÇÃO À SILAGEM DE MILHO

**Resumo:** Este estudo objetivou avaliar a ingestão e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes e parâmetros ruminais de bovinos leiteiros alimentados com silagem de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) AGRI 002E em substituição (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) à silagem de milho (*Zea mays*). Foram utilizados cinco bovinos machos da raça Jersey ( $746,28 \pm 24,94$  kg), castrados e canulados no rúmen, distribuídos em um quadrado latino 5x5 (12 dias de adaptação e seis dias de coleta). As dietas experimentais foram formuladas com 50% de volumoso e 50% de concentrado. A substituição da silagem de milho reduziu a ingestão de proteína bruta, extrato etéreo e carboidratos não fibrosos, entretanto, ocasionou aumento da ingestão da fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. Quanto à digestibilidade dos nutrientes, houve redução na digestibilidade do extrato etéreo e dos carboidratos não fibrosos e aumento na digestibilidade da fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. Não houve diferença entre os tratamentos avaliados com relação à concentração dos ácidos graxos voláteis totais e às proporções de ácido acético, butírico e propiônico no líquido ruminal dos bovinos. Porém, apresentaram efeito quadrático em relação aos tempos de coleta após a alimentação. O pH ruminal teve comportamento padrão ao longo do dia, com elevação em função da adição da silagem de sorgo. O nível de nitrogênio amoniacal apresentou-se dentro da faixa ideal ( $19-23 \text{ mg dL}^{-1}$ ) para maximização da síntese microbiana. A substituição total da silagem de milho pela silagem de sorgo forrageiro ocasiona maiores ingestões e digestibilidade da FDN e FDA e redução nas ingestões de EE, PB e CNF e digestibilidades do EE e dos CNF. Embora tenha ocasionado elevação no pH ruminal, não alterou os parâmetros ruminais dos bovinos.

**Palavras chave:** ácidos graxos voláteis, bovinos, carboidratos, nitrogênio amoniacal, nutrição, silagem.

## DIGESTIBILITY OF DRY MATTER AND NUTRIENTS AND RUMINAL PARAMETERS OF CATTLE FED WITH SORGHUM SILAGE IN REPLACEMENT OF CORN SILAGE

**Abstract:** This study aimed to evaluate the intake and digestibility of dry matter and nutrients and ruminal parameters of dairy cattle fed forage sorghum silage (*Sorghum bicolor*) AGRI 002E in replacement (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) to corn silage (*Zea mays*). Five male Jersey cattle ( $746.28 \pm 24.94$  kg), castrated and cannulated in the rumen, were distributed in a 5x5 Latin square (12 days of adaptation and six days of collection). Experimental diets were formulated with 50% forage and 50% concentrate. The replacement of corn silage reduced the intake of crude protein, ethereal extract and non-fibrous carbohydrates, however, caused an increase in fiber intake in neutral detergent fiber and acid detergent. As for the digestibility of the nutrients, there was a reduction in the digestibility of ethereal extract and non-fibrous carbohydrates and an increase in the digestibility of fiber in neutral detergent and fiber in acid detergent. There was no difference between the treatments evaluated in relation to the concentration of total volatile fatty acids and the proportions of acetic, butyric and propionic acid in the ruminal liquid of cattle. However, they showed a quadratic effect in relation to collection times after feeding. The ruminal pH had a standard behavior throughout the day, with increase as a function of sorghum silage addition. The ammoniacal nitrogen level was within the ideal range ( $19-23$  mg dL<sup>-1</sup>) to maximize microbial synthesis. The total corn silage substitution by forage sorghum silage resulted in higher intakes and digestibility of NDF and ADF and reduction in EE, CP and CNF intakes and digestibilities of EE and CNF. Although it caused an increase in ruminal pH, it hasn't altered the rumen parameters of the cattle.

**Keywords:** volatile fatty acids, cattle, carbohydrates, ammoniacal nitrogen, nutrition, silage.

## 6.1 Introdução

O sucesso em sistemas de produção animal depende da disponibilidade de alimentos em quantidade e qualidade suficiente para atender a demanda nutricional. Entretanto, ao longo do ano, essa disponibilidade pode variar devido à sazonalidade de produção das forrageiras, as quais são a principal fonte de alimento dos bovinos (SANTOS et al., 2018).

A produção e qualidade das forrageiras varia ao longo do ano. A escassez de alimento de qualidade acarreta efeitos negativos na produtividade animal, dessa forma, o armazenamento de alimentos volumosos, principalmente na forma de silagem é uma alternativa viável e necessária para o sucesso da atividade (ZOUGMORÉ et al., 2016).

Dentre as alternativas alimentares a serem utilizadas para os bovinos, o milho destaca-se como a principal fonte de energia dos ruminantes (ARGOV-ARGAMAN et al., 2012). Entretanto, por ser uma commodity e seu valor estar atrelado ao mercado internacional, determinados períodos do ano a sua utilização implica na rentabilidade do sistema de produção ocasionado pela elevação do custo para aquisição, tornando-se necessário a utilização de alimentos alternativos (VIEIRA et al., 2017).

A utilização da cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) para silagem está amplamente difundida em todo o mundo, devido ao seu alto rendimento, resistência às situações adversas de clima, fertilidade e relação custo/benefício. A cultura do sorgo destaca-se pelo seu elevado valor nutritivo e características necessárias (teor de carboidratos solúveis, baixo poder tampão e matéria seca) para uma adequada ensilagem (PERAZZO et al., 2017).

A silagem de sorgo proveniente de genótipos com finalidade forrageira (elevado porte e rendimento de massa e baixa produção de grãos) ou granífera (porte baixo e alta produção de grãos) é uma excelente alternativa alimentar para bovinos leiteiros (COLOMBINI et al., 2012). A inclusão e substituição parcial ou total da silagem de milho pela silagem de sorgo na dieta dos animais deve ser criteriosa, pois a maioria das cultivares de sorgo foram desenvolvidas anteriormente para a produção de etanol e açúcar (SLIWINSKI et al., 2012).

Nutricionalmente, informações relacionadas à degradação ruminal são indispensáveis, visto que é o local responsável pela degradação e absorção da porção fibrosa dos alimentos e da amônia ruminal, sendo determinante para definir os alimentos e a proporção de nutrientes necessários para maximizar a resposta microbiana e, conseqüentemente, o desempenho animal (FERREIRA et al., 2018).

Muitas variedades ou híbridos de sorgo estão disponíveis no mercado para utilização na alimentação animal, dessa forma, tem-se buscado plantas que apresentem melhor

degradabilidade ruminal e, conseqüentemente, maior aproveitamento por parte dos microrganismos e do animal, visto que algumas opções de sorgo apresentam elevado teor de lignina, limitante na degradação da parede celular (CASLER & JUNG, 2006).

A hipótese do trabalho é que a utilização da silagem de sorgo forrageiro na alimentação de bovinos em substituição parcial ou total da silagem de milho não reduz a ingestão e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes e mantém os parâmetros ruminais adequados. Assim, objetivou-se avaliar a substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E sobre a ingestão e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes e parâmetros ruminais de bovinos.

## 6.2 Material e métodos

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) localizada a 24°31'55.3" latitude Sul, 54°01'08.0" longitude Oeste com 392 metros de altitude. Todos os procedimentos experimentais para a utilização dos animais foram submetidos à avaliação e previamente aprovados pelo Comitê de Ética no Uso dos Animais (CEUA) da UNIOESTE conforme protocolo nº 24/18.

Foram utilizados cinco bovinos machos da raça Jersey, castrados e canulados no rúmen (746,28 ± 24,94 kg) com aproximadamente sete anos de idade. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em quadrado latino 5x5 (cinco tratamentos e cinco períodos experimentais com 12 dias de adaptação e seis dias de coleta de dados, totalizando 90 dias). Foram testados níveis de substituição (0%, 25%, 50%, 75% e 100% na matéria seca) da silagem de milho (AS 1555) pela silagem de sorgo forrageiro (AGRI 002E) na dieta.

Foram realizadas as análises bromatológicas dos alimentos utilizados (Tabela 1), para determinação dos teores de matéria seca (MS – método 934.01), cinzas (MM – método 938.08), proteína bruta (PB – método 981.10) e extrato etéreo (EE – método 920.85) pela metodologia da AOAC (2000) e a determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest et al. (1991). Os teores de matéria orgânica (MO) foram estimados por diferença entre o teor de MM e o total de MS.

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados segundo as equações propostas por Sniffen et al. (1992). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados segundo as equações de Cappelle et al. (2001). O teor de carboidratos solúveis foi determinado segundo a metodologia de Dubois et al. (1956). O teor de lignina foi determinado conforme a metodologia de Van Soest & Wine (1968). A celulose foi obtida por diferença entre a FDA e o



teor de lignina, enquanto que a hemicelulose foi determinada pela diferença entre a FDN e a FDA.

A digestibilidade *in vitro* da (MS) foi determinada pela técnica descrita por Tilley & Terry (1963) adaptada por Holden (1999), com dois estágios de incubação. A DIVMS foi determinada pela diferença da amostra incubada com a amostra residual. Após a pesagem, o resíduo foi queimado na mufla obtendo-se a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO). O fracionamento de carboidratos e proteínas foram estimados de acordo com as metodologias descritas por Sniffen et al. (1992) e Licitra et al. (1996), respectivamente.

Tabela 1. Composição química, digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), da matéria orgânica (DIVMO), fracionamento de carboidratos e proteínas dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Variáveis	Sil. de Milho	Sil. de Sorgo	Milho moído	Farelo de soja
	Composição e digestibilidade <i>in vitro</i> (g kg <sup>-1</sup> de MS)			
Matéria seca	327,49	169,57	850,90	884,87
Matéria orgânica	954,09	918,08	978,13	929,31
Proteína bruta	77,45	67,32	91,80	454,20
Extrato etéreo	31,24	21,79	43,55	20,29
Fibra detergente neutro	427,30	680,50	100,58	190,45
Fibra detergente ácido	233,65	526,65	33,12	77,24
Carboidratos não fibrosos	418,09	148,47	742,24	264,36
Carboidratos solúveis	69,31	81,90	24,80	108,12
Hemicelulose	193,65	153,85	67,46	113,21
Celulose	200,36	473,46	9,90	52,02
Lignina	33,29	53,19	23,22	25,22
Nutrientes digestíveis totais <sup>1</sup>	722,84	699,14	896,33	898,01
FDNi <sup>2</sup>	123,55	245,91	14,46	17,22
DIVMS	721,62	691,83	954,98	967,31
DIVMO	740,56	719,71	971,93	973,88
Fração	Fracionamento de carboidratos (g kg <sup>-1</sup> de CT)			
A+B <sub>1</sub>	510,28	197,40	885,20	623,22
B <sub>2</sub>	395,16	648,61	49,28	243,71
C	94,56	153,98	65,52	133,07
Fração	Fracionamento de proteínas (g kg <sup>-1</sup> de PB)			
A	591,31	517,91	174,52	157,98
B <sub>1</sub>	33,61	31,52	187,73	89,80
B <sub>2</sub>	201,08	225,48	520,43	710,08
B <sub>3</sub>	69,81	68,67	75,86	20,88
C	104,19	156,42	41,46	21,26

<sup>1</sup>Nutrientes digestíveis totais estimados segundo Cappelle et al. (2001) - Volumoso:  $-11,9095 + 1,1369 * DIVMO$ ; Concentrado:  $5,60 + 0,8646 * DIVMO$ ; <sup>2</sup>Fibra em detergente neutro indigestível.

A dieta dos animais foi balanceada de acordo com as exigências nutricionais para a manutenção dos bovinos, conforme recomendações do NRC (2001). As dietas experimentais

(Tabela 2) foram formuladas na proporção 50:50 (volumoso:concentrado), com silagem de milho e/ou silagem de sorgo forrageiro, milho moído, farelo de soja e suplemento mineral.

Os animais permaneceram alojados em estábulo tipo *tie-stall* (4 m<sup>2</sup>), com água *ad libitum* e alimentação individual durante o dia. A noite foram conduzidos a um piquete próximo às instalações (150 m<sup>2</sup>), desprovido de alimento. O arraçamento foi realizado duas vezes ao dia (às 6:00 e às 16:00 horas) nas proporções de 70% e 30%, respectivamente, do total de MS fornecida com pesagem das sobras alimentares diariamente. A determinação do peso corporal dos animais foi realizada no início e final de cada período experimental.

Amostras de alimentos fornecidos e das sobras foram coletadas após a alimentação da tarde do 13° ao 18° dia de cada período experimental, as quais foram armazenadas em sacos plásticos e congeladas em freezer a -20°C, para posteriores análises. A ingestão de matéria seca (IMS) e dos nutrientes foi determinada pela pesagem do alimento fornecido e das sobras diárias de cada animal do 13° ao 18° dia.

Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais (g kg<sup>-1</sup> de MS)

Ingredientes	Nível de substituição				
	0%	25%	50%	75%	100%
Silagem de milho	500,00	375,00	250,00	125,00	-
Silagem de sorgo	-	125,00	250,00	375,00	500,00
Farelo de soja	102,50	106,50	111,50	116,50	121,50
Milho moído	377,50	373,50	368,50	363,50	358,50
Suplemento mineral <sup>1</sup>	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	Composição Química (g kg <sup>-1</sup> de MS)				
Matéria seca	602,21	578,86	559,36	541,05	521,21
Matéria orgânica	936,03	930,39	925,40	922,33	919,53
Proteína bruta	117,31	116,13	113,08	112,88	111,38
Extrato etéreo	27,19	25,54	24,20	23,49	21,48
Fibra detergente neutro	351,54	377,51	411,82	439,82	478,38
Fibra detergente neutro indigestível	64,58	83,26	106,10	112,82	136,28
Fibra detergente ácido	156,40	193,85	230,04	266,35	305,04
Carboidratos não fibrosos	439,98	411,21	376,29	346,14	308,28
Carboidratos solúveis	55,95	57,87	59,88	62,12	64,14
Hemicelulose	195,14	183,67	181,78	173,47	173,35
Celulose	127,93	162,89	196,59	230,40	266,58
Lignina	28,46	30,96	33,46	35,96	38,45
Nutrientes digestíveis totais <sup>2</sup>	841,95	801,26	804,13	800,25	776,64

<sup>1</sup>Suplemento mineral: Ca: 160 g kg<sup>-1</sup>; P: 60 g kg<sup>-1</sup>; Mg: 18 g kg<sup>-1</sup>; Na: 90 g kg<sup>-1</sup>; S: 10 g kg<sup>-1</sup>; Fe: 2700 mg kg<sup>-1</sup>; Cu: 850 mg kg<sup>-1</sup>; Mn: 2350 mg kg<sup>-1</sup>; Zn 3600 mg kg<sup>-1</sup>; Co: 160 mg kg<sup>-1</sup>; I: 100 mg kg<sup>-1</sup>; Se: 25 mg kg<sup>-1</sup>; F: 600 mg kg<sup>-1</sup>; Cr: 4 mg kg<sup>-1</sup>; <sup>2</sup>Nutrientes Digestíveis Totais estimados Segundo Cappelle et al. (2001) – NDT: -6,88 + 1,0808 \* DIVMO.

A coleta de amostras fecais para a determinação da digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes foi realizada na saída do reto dos animais do 13° ao 18° dia, distribuído da

seguinte forma: 13º dia (8:30 horas), 14º dia (10:30 horas), 15º dia (12:30 horas), 16º dia (14:30 horas), 17º dia (16:30 horas) e 18º dia (18:30 horas).

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram secas em estufa com ventilação forçada de ar (55°C – 72h), posteriormente foram processadas em moinho do tipo Willey (1 mm) e realizado um pool composto das amostras de cada alimento, sobras e fezes por animal/período, para posteriores análises da composição química. Os teores de NDT foram calculados segundo as equações propostas por Sniffen et al. (1992).

Para estimativa da excreção fecal diária foi utilizado como indicador interno a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), estimada nas amostras do alimento fornecido, sobras e composição fecal por intermédio de incubação *in situ* (COCHRAN et al., 1986). A FDNi foi obtida como descrito por Casali et al. (2008) com incubação ruminal por 240 horas e posterior análise de FDN.

Para a determinação do potencial hidrogeniônico (pH), do nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e dos ácidos graxos voláteis (AGV) do fluido ruminal, foram realizadas coletas de amostras do líquido ruminal no 18º dia experimental, via cânula ruminal, nas porções dorsal, ventral e central do rúmen, nos seguintes horários: 0 (jejum), 2, 4, 6 e 8 horas após a alimentação da manhã. Posteriormente, as amostras foram filtradas em compressas de gazes aferindo-se o pH com auxílio de um peagâmetro digital. Para a determinação do N-NH<sub>3</sub> foi adicionado um mL de ácido sulfúrico (1:1) em 50 mL de amostra do líquido ruminal, armazenados a -20°C para posterior análise das concentrações do N amoniacal, através da destilação em (KOH) 2N conforme técnica descrita por Fenner (1965) adaptada por Vieira et al. (1980).

Para determinação dos AGV (acético, propiônico e butírico), as amostras foram acidificadas com ácido metafosfórico 25% e congeladas (-20°C) para posterior análise laboratorial (ERWIN et al., 1961). Posteriormente, foram descongeladas, centrifugadas, filtradas em filtro de seringa com membrana de 0,20 µm e acondicionadas em *vials*.

A determinação foi realizada por cromatografia líquida de alta precisão (HPLC) com detector UV (LAZARO, 2009), conforme condições cromatográficas a seguir: fase móvel de água ultra pura com solução de acetonitrila (3%) e de ácido sulfúrico (0,005 M), fluxo de 0,8 mL min<sup>-1</sup>, temperatura da coluna (50°C), comprimento de onda (208 nm) e injeção de 20 µL.

A quantificação dos ácidos foi realizada através do método padrão externo, onde a porcentagem em massa de uma amostra é determinada a partir de um gráfico de calibração.

As análises estatísticas foram realizadas pelo PROC MIXED do SAS (versão 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, 2009). As variáveis dependentes foram analisadas no desenho do

quadrado latino 5×5 dividido em blocos, com efeitos fixos (período e tratamento) e efeito aleatório (animal).

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk}: \mu + A_i + P_j + T_k + e_{ijk}$$

Em que,  $Y_{ijk}$ : Observação relativa a i-ésimo animal, ao j-ésimo período e ao k-ésimo tratamento;  $\mu$ : Média geral;  $A_i$ : Efeito correspondente ao i-ésimo animal (1, 2, 3, 4 e 5);  $P_j$ : Efeito correspondente ao j-ésimo período (1, 2, 3, 4 e 5);  $T_k$ : Efeito correspondente ao k-ésimo tratamento (0; 25; 50; 75 e 100);  $e_{ijk}$ : Erro aleatório associado a i-ésimo animal, j-ésimo período e k-ésimo tratamento.

A amostragem de líquido ruminal e pH foram analisadas como medidas repetidas no tempo (0, 2, 4, 6 e 8 horas) como estrutura de covariância para intervalos de tempo, conforme o modelo estatístico abaixo.

$$Y_{ijkl}: \mu + A_i + P_j + T_k + H_l + TH_{kl} + e_{ijkl}$$

Em que,  $Y_{ijkl}$ : Variável dependente para o i-ésimo animal, ao j-ésimo período e ao k-ésimo tratamento;  $\mu$ : Média geral;  $A_i$ : Efeito correspondente ao i-ésimo animal (1, 2, 3, 4 e 5);  $P_j$ : Efeito correspondente ao j-ésimo período (1, 2, 3, 4 e 5);  $T_k$ : Efeito correspondente ao k-ésimo tratamento (0; 25; 50; 75 e 100);  $H_l$ : Efeito correspondente ao l-ésimo tempo (0, 2, 4, 6 e 8);  $TH_{kl}$ : Efeito da interação entre tratamento e tempo;  $e_{ijkl}$ : Erro aleatório associado a i-ésimo animal, j-ésimo período, k-ésimo tratamento e l-ésimo tempo.

As variâncias residuais foram assumidas como sendo normalmente distribuídas, e todos os dados são apresentados como mínimos quadrados significativos. Os meios de mínimos quadrados e os erros padrão foram determinados usando a instrução LSMEANS, e as diferenças dos mínimos quadrados foram determinadas usando a instrução PDIF.

Os valores de P para efeitos lineares, quadráticos e interações, quando utilizados, foram analisados usando contrastes polinomiais ortogonais. A análise de regressão foi feita através do procedimento REG do SAS, com significância de 5% ( $P \leq 0,05$ ).

### 6.3 Resultados

A utilização da silagem de sorgo “AGRI 002E”, em substituição à silagem de milho não influenciou ( $P > 0,05$ ) na ingestão de matéria seca (IMS - kg dia<sup>-1</sup> e %PC), de matéria orgânica (IMO), de carboidratos totais (ICT) e de nutrientes digestíveis totais (INDT) (Tabela 3). No entanto, ocasionou aumento linear ( $P \leq 0,05$ ) na ingestão de FDN (kg dia<sup>-1</sup> e %PC), FDA (kg dia<sup>-1</sup> e %PC) e efeito linear negativo na ingestão de EE, PB e CNF.

Tabela 3. Ingestão diária de matéria seca e dos nutrientes da dieta de bovinos substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo

Variáveis	Níveis de Substituição					P value		EPM
	0%	25%	50%	75%	100%	L	Q	
MS (kg dia <sup>-1</sup> )	10,64	10,70	10,73	10,57	10,12	0,79	0,89	0,47
MS (%PC)	1,42	1,43	1,44	1,42	1,36	0,92	0,82	0,03
MO (kg dia <sup>-1</sup> )	9,97	9,97	9,95	9,74	9,30	0,30	0,41	0,34
EE (kg dia <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	0,29	0,27	0,26	0,24	0,23	0,01	0,01	0,01
PB (kg dia <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	1,26	1,25	1,23	1,18	1,13	0,03	0,06	0,06
FDN (kg dia <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	3,72	4,09	4,41	4,73	4,82	<0,01	<0,01	0,21
FDN (%PC) <sup>4</sup>	0,50	0,55	0,59	0,63	0,65	<0,01	<0,01	0,02
FDA (kg dia <sup>-1</sup> ) <sup>5</sup>	1,62	2,06	2,49	2,84	3,09	<0,01	<0,01	0,13
FDA (%PC) <sup>6</sup>	0,22	0,27	0,33	0,38	0,41	<0,01	<0,01	0,01
CNF (kg dia <sup>-1</sup> ) <sup>7</sup>	4,70	4,37	4,05	3,59	3,13	<0,01	<0,01	0,18
NDT (kg dia <sup>-1</sup> )	1,11	1,07	1,09	1,07	0,99	0,41	0,61	0,04

MS: Matéria seca; MO: Matéria Orgânica; EE: Extrato etéreo; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; CNF: Carboidratos Não Fibrosos; NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; EPM: Erro Padrão da Média; <sup>1</sup>Ŷ: 0,288 - 0,06x; <sup>2</sup>Ŷ: 1,276 - 0,132x; <sup>3</sup>Ŷ: 3,786 + 1,136x; <sup>4</sup>Ŷ: 0,508 + 0,152x; <sup>5</sup>Ŷ: 1,676 + 1,488x; <sup>6</sup>Ŷ: 0,224 + 0,196x; <sup>7</sup>Ŷ: 4,752 - 1,568x.

As digestibilidades da MS, MO, PB e da FDN não apresentaram diferenças (P>0,05) em função da utilização da silagem de sorgo na alimentação dos bovinos (Tabela 4). A digestibilidade da FDN e da FDA apresentou efeito linear positivo (P≤0,05) com o aumento da proporção da silagem de sorgo.

Tabela 4. Digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes (g kg<sup>-1</sup> de MS) da dieta de bovinos substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo

Variáveis (g/kg)	Níveis de Substituição					P value		EPM
	0%	25%	50%	75%	100%	L	Q	
MS	741,19	703,00	701,99	702,65	673,82	0,08	0,17	15,54
MO	785,37	747,72	750,38	746,79	724,94	0,06	0,16	13,99
PB	720,60	668,35	686,12	705,65	671,77	0,71	0,93	20,39
EE <sup>1</sup>	783,18	717,94	730,05	713,15	681,80	0,03	0,13	19,74
FDN <sup>2</sup>	621,89	640,26	654,55	665,39	668,46	0,05	0,10	17,66
FDA <sup>3</sup>	506,77	535,45	550,84	576,21	591,83	0,01	0,01	14,31
CNF <sup>4</sup>	931,15	894,39	883,42	867,97	848,68	0,01	0,01	9,70
NDTcalc.	785,70	749,78	753,58	755,09	725,01	0,14	0,31	14,91

MS: Matéria Seca; MO: Matéria Orgânica; EE: Extrato Etéreo; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; CNF: Carboidratos Não Fibrosos; NDT calc.: PBd + CTd + EEd \* 2,25; EPM: Erro Padrão da Média; <sup>1</sup>Ŷ: 787,489 - 20,755x; <sup>2</sup>Ŷ: 614,629 + 11,827x; <sup>3</sup>Ŷ: 488,956 + 21,088x; <sup>4</sup>Ŷ: 942,53 - 19,136x.

Por outro lado, as digestibilidades do extrato etéreo e dos carboidratos não fibrosos, reduziram linearmente (P≤0,05), em função do aumento da quantidade de silagem de sorgo na dieta dos animais. Os nutrientes digestíveis totais calculados (NDT) não diferiram entre os tratamentos avaliados, apresentando média de 753,83 g kg<sup>-1</sup> de MS.

As concentrações de acetato, propionato e butirato, além da razão acetato:propionato do líquido ruminal dos bovinos, não foram influenciados ( $P>0,05$ ) em função das dietas com silagem de sorgo. O pH do fluido ruminal dos animais apresentou efeito linear positivo ( $P\leq 0,05$ ) em consequência da substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo (Tabela 5). Por outro lado, nas concentrações de nitrogênio amoniacal do fluido ruminal, não houve efeito ( $P>0,05$ ) das dietas experimentais, apresentando concentração média de  $22,22 \text{ mg dL}^{-1}$ .

Tabela 5. Ácidos graxos voláteis, potencial hidrogeniônico e nitrogênio amoniacal do fluido ruminal da dieta de bovinos substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo

Variáveis	Níveis de Substituição					P value		EPM
	0%	25%	50%	75%	100%	L	Q	
AGV's Totais ( $\text{mmol L}^{-1}$ )	66,55	65,77	65,68	65,43	64,91	0,67	0,74	1,83
Acetato (%)	58,11	58,16	58,20	57,58	58,43	0,54	0,66	0,32
Propionato (%)	29,10	29,85	29,36	30,24	29,09	0,21	0,53	0,68
Butirato (%)	12,80	12,00	12,44	12,18	12,48	0,49	0,85	0,99
Acetato:Propionato	2,07	2,03	2,03	1,95	2,06	0,14	0,26	0,40
pH <sup>1</sup>	6,07	6,28	6,29	6,31	6,40	<0,01	0,03	0,06
N-NH <sub>3</sub> ( $\text{mg dL}^{-1}$ )	21,54	23,83	21,42	22,05	22,25	0,84	0,33	0,98

EPM: Erro Padrão da Média; <sup>1</sup> $\hat{Y}$ :  $6,063 + 0,069x$ ; \*( $P<0,01$ ).

Em função do tempo de coleta do conteúdo ruminal, os teores de acetato, propionato e butirato, além da razão acetato:propionato apresentaram comportamento quadrático (Figura 1). Ao derivar as equações obtidas, estimaram-se os pontos máximos de acetato, propionato e butirato ( $42,41$ ;  $24,25$  e  $10,50 \text{ mmol L}^{-1}$  do conteúdo ruminal), respectivamente, obtidos nos tempos 4:36; 4:36 e 4:25 horas após o fornecimento da alimentação matutina.

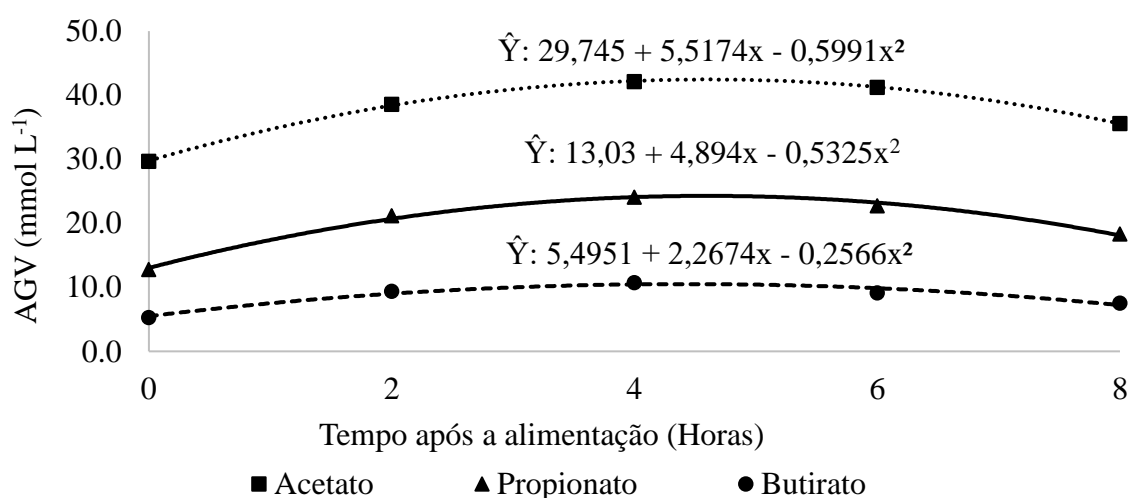


Figura 1. Concentração de ácidos graxos voláteis do fluido ruminal da dieta de bovinos substituindo a silagem de milho pela silagem de sorgo em função do tempo após a alimentação.

Observou-se efeito quadrático ( $P \leq 0,05$ ) para os valores de pH ruminal após a primeira alimentação em todas as dietas experimentais, sendo que a dieta com 0% de silagem de sorgo forrageiro apresentou o menor ponto de mínimo (5,58) aproximadamente 5 horas da alimentação matutina e o tratamento com 100% de silagem de sorgo forrageiro apresentou o maior valor de ponto de mínimo (5,97) decorridos aproximadamente 4:30 após a alimentação (Figura 2). Entretanto, não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre os níveis de substituição e os tempos avaliados após a primeira alimentação diária nos valores de pH do fluido ruminal.

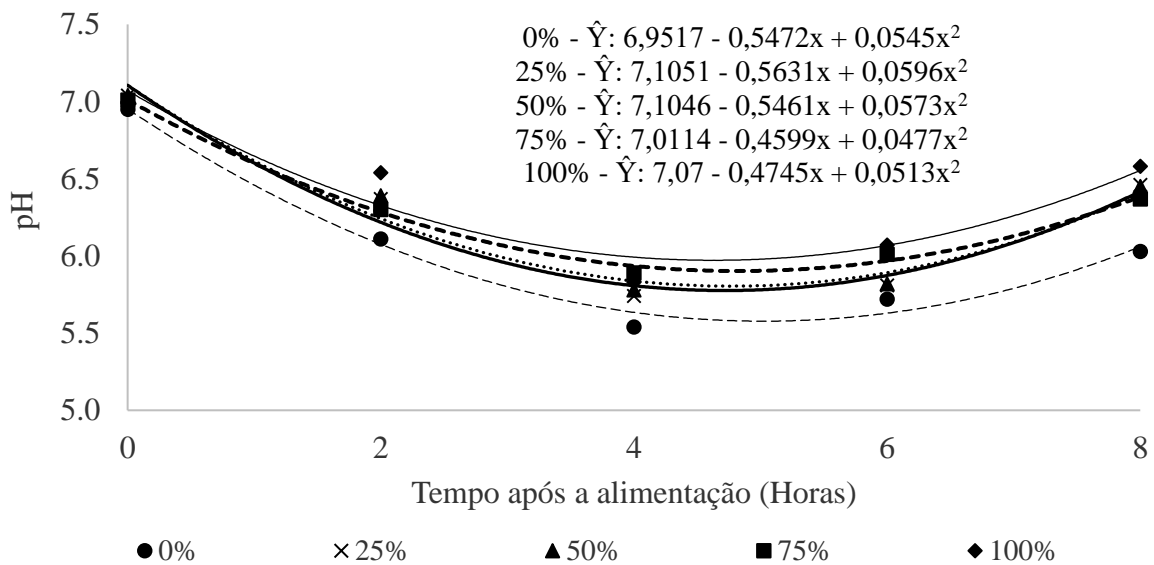


Figura 2. Potencial hidrogeniônico (pH) do fluido ruminal de bovinos alimentados com silagem de sorgo em substituição à silagem de milho em função do tempo após a alimentação.

A concentração de  $N-NH_3$  após a alimentação apresentou efeito quadrático ( $P \leq 0,05$ ). Derivando a equação correspondente, estimou-se o ponto de máximo e mínimo de  $N-NH_3$  (34,90 e 11,19  $mg\ dL^{-1}$ ), respectivamente, decorridos 01:33 e 06:42 horas após a alimentação matutina (Figura 3). Da mesma forma que o pH, não foi observado interação ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos e os tempos de avaliação da concentração de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal.

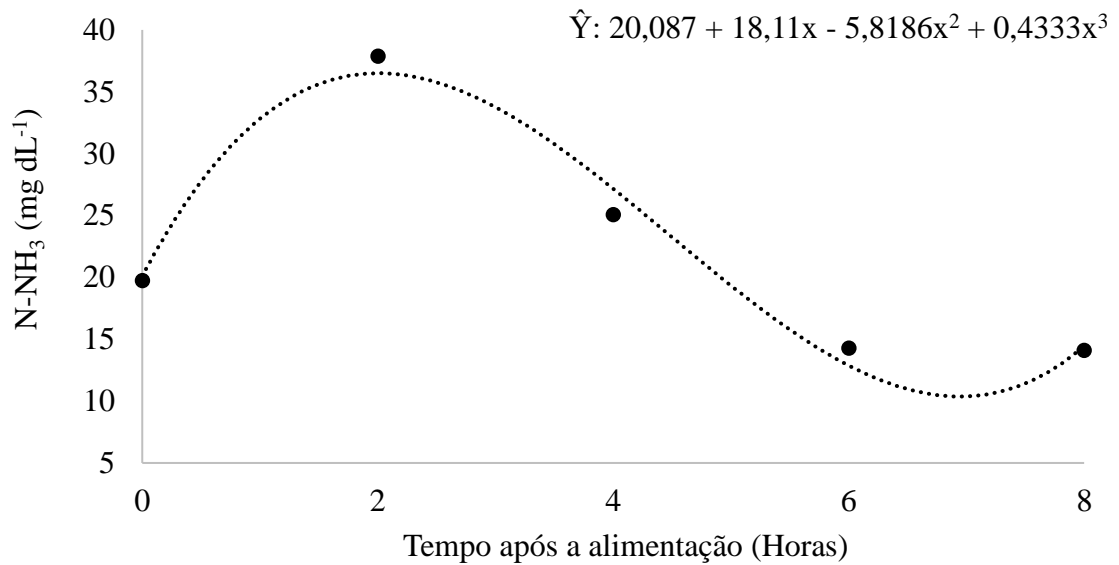


Figura 3. Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) do fluido ruminal de bovinos alimentados com silagem de sorgo em substituição à silagem de milho em função do tempo após a alimentação.

#### 6.4 Discussão

O aumento na ingestão de FDN e de FDA das dietas em função da substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo pode ser explicado pelos maiores teores destes nutrientes na sua composição. Segundo Van Soest (1994), em silagens com elevada porção fibrosa, ocorre preenchimento dos espaços do retículo-rúmen, reduzindo a taxa de passagem do conteúdo celular, aumentando o tempo de permanência da porção fibrosa no compartimento e alterando a digestibilidade dos alimentos.

Os valores de FDN da silagem de sorgo obtidos no presente trabalho foram inferiores ao FDN (711,3 g kg<sup>-1</sup> de MS) determinados por Cattani et al. (2017), os quais avaliaram a substituição total da silagem de milho pela silagem de sorgo forrageiro e também não verificaram redução na ingestão de matéria seca dos animais. O menor teor de FDN da silagem de sorgo no presente trabalho em comparação ao trabalho citado anteriormente, deve-se à maior concentração de CNF (148,47 versus 111,90 g kg<sup>-1</sup>).

A FDA da silagem de sorgo determinado no presente estudo foi superior aos registrados por Pereira et al. (2006) e Cattani et al. (2017). A fibra em detergente ácido está diretamente relacionada à digestibilidade do alimento (VELÁSQUEZ et al., 2009), em função de que altos teores dessa fração indicam maiores concentrações de componentes fibrosos, que juntamente com altos teores de lignina reduzem a digestibilidade da forragem.



Simon et al. (2009), sugerem que alimentos com FDA superior a 40%, como determinado na silagem de sorgo do presente trabalho, podem ocasionar redução da ingestão de matéria seca e dos nutrientes. Entretanto, a substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo não ocasionou esse efeito sobre a ingestão de MS pelo fato de a ingestão ser limitada a 1,5% do PV. Entretanto, pela maior concentração de tal nutriente nas dietas em função da silagem de sorgo, ocasionou resposta positiva sobre a ingestão de FDA.

A substituição do volumoso na dieta dos animais ocasionou redução na ingestão de proteína, de extrato etéreo e de carboidratos não fibrosos. A redução de tais nutrientes pode ser explicada devido à redução dos mesmos na matéria seca das dietas em função da silagem de sorgo, corroborando com os resultados apresentados nas análises bromatológicas das dietas, em que se constataram maiores proporções de PB, EE e CNF nas dietas com maiores níveis de silagem de milho.

A redução na ingestão de PB nas dietas em função da silagem de sorgo, pode estar relacionada aos maiores teores de NIDN e NIDA observados na silagem de sorgo em relação à silagem de milho (CHIZZOTTI et al., 2005).

Mendes et al. (2014) ao avaliarem a substituição da silagem de sorgo pela silagem de Capim-marandu até o nível de 100% em novilhas de corte, não encontraram diferenças para as ingestões de PB e EE, e atribuíram os resultados ao fato das dietas experimentais serem isonitrogenadas pela correção dos níveis de PB das dietas com silagem de Capim-marandu pela adição de ureia. Da mesma forma, Cabral et al. (2006) também não apresentaram diferenças na ingestão de matéria seca e proteína bruta, possivelmente pela proporção de carboidratos não fibrosos presentes na silagem de milho, que atuam na manutenção do equilíbrio energético ativando o centro de saciedade e restringindo maior consumo de alimento.

Outro fator determinante no consumo de proteína em dietas à base de silagem com suplementação de concentrados é a resposta do animal, muito variável conforme o tipo de material ensilado, padrão fermentativo, concentrado utilizado e relação volumoso:concentrado (SILVA et al., 2000). Além disso, Tauqir et al. (2009), sugerem que a redução na ingestão de PB também pode estar atrelada à ocorrência de degradação excessiva de proteína bruta para nitrogênio não proteico (NNP) durante a ensilagem.

A DEE e a DCNF reduziram em função da substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo, devido às concentrações dos nutrientes em questão serem menores na silagem de sorgo. As concentrações de EE e CNF são 1,4 e 2,8 vezes maior na silagem de milho em comparação à silagem de sorgo, respectivamente, contribuindo para redução da

digestibilidade conforme se realizou a substituição, visto que os CNF podem apresentar alto coeficiente de digestibilidade verdadeiro (98%) (DETMANN et al., 2006).

Os teores de carboidratos não fibrosos têm influência direta sobre a digestibilidade da matéria seca (DMS) e da fibra (DFDN e DFDA), conforme determinado por Pereira et al. (2007) que avaliaram a utilização de diferentes níveis de concentrado e silagem de sorgo para bovinos de corte. Os autores atribuíram maiores digestibilidades nas dietas dos animais alimentados com maiores proporções de concentrado, pois apresentavam superioridade na concentração de CNF em relação às dietas com maior proporção de silagem de sorgo.

O aumento da digestibilidade aparente da fibra da forragem no rúmen está relacionado à maior concentração de tais nutrientes (FDN e FDA) na MS e consequente redução dos teores de carboidratos solúveis, proporcionando maior desenvolvimento de microrganismos celulolíticos no rúmen e aumento da taxa de degradação da fibra (ZAGO, 1991). O aumento de microrganismos atrelado ao conteúdo de resíduos fibrosos (celulose e lignina) no retículo-rúmen, tende a reduzir o conteúdo que passa pelo trato gastrintestinal (TGI) e refletir no consumo de matéria seca (FOX et al., 2004; LUND et al., 2007), fato esse não observado no presente trabalho, devido a ingestão de alimento ser restrita.

Segundo Martins et al. (2003), silagens que apresentem teores de celulose até 350 g kg<sup>-1</sup> de MS proporcionam maiores taxas de consumo e de digestibilidade da MS das frações fibrosas. Entretanto, o teor de celulose superior determinado no presente trabalho para a silagem de sorgo (473,46 g kg<sup>-1</sup> de MS), não influenciou no consumo, porém contribuiu para o aumento da digestibilidade da FDN e da FDA, em razão do maior teor desses nutrientes nas dietas com maiores proporções de silagem de sorgo.

O aumento linear da DFDN e da DFDA em função da adição de silagem de sorgo pode ser explicado pelo fato de existir competição entre bactérias amilolíticas e fibrolíticas. Dessa forma, as dietas com silagem de milho apresentaram maior concentração de CNF, favorecendo o desenvolvimento de bactérias amilolíticas que utilizam eficientemente o nitrogênio e os carboidratos solúveis presentes no rúmen (OLSON et al., 1999). Portanto, dietas com maiores teores de FDN promoverão a proliferação de microrganismos celulolíticos e, conseqüentemente, aumentarão a taxa de digestão da fibra (ÍTAVO et al., 2002).

Cavalcante et al. (2004), avaliando dietas à base de silagem de milho e feno de capim-tifton 85 em bovinos canulados no rúmen estimaram a DFDN máxima de 652,0 g kg<sup>-1</sup> de MS para dietas contendo 30,98% de silagem de milho, valores próximos aos abordados no presente estudo. Por outro lado, Souza et al. (2006) avaliando o efeito da substituição de pré-secado de capim-tifton 85 por silagem de sorgo na dieta de bovinos de corte, observaram redução da

DFDN em função da silagem de sorgo (564,50 para 505,60 g kg<sup>-1</sup> de MS) em decorrência da menor qualidade da FDN da silagem de sorgo em relação ao pré-secado.

Outra variável importante na digestibilidade da forragem é a concentração de lignina, visto que a silagem de sorgo apresenta maiores níveis de lignina em comparação à silagem de milho (KHOSRAVI et al., 2018; CATTANI et al., 2017; COLOMBINI et al., 2012). Além do teor de lignina, o tipo de ligação entre os monômeros da sua composição e os demais componentes da parede celular podem ser limitantes na digestibilidade das forragens (BARRIERE et al., 2007).

Colombini et al. (2012), avaliando dietas à base de silagem de sorgo e de milho não observaram diferenças na digestibilidade da PB, FDN e FDA. Entretanto, Harper et al. (2017) observaram diferenças na DFDA em vacas alimentadas com silagem de milho, silagem de aveia e silagem de sorgo, fato ocasionado pela diferença no teor de lignina das mesmas, pois a lignina é um fator limitante na digestão ruminal dos nutrientes (Van Soest, 1994). Entretanto, há controvérsias em relação ao conteúdo de lignina sobre a digestibilidade da fibra, conforme relataram Raffrenato et al. (2017), a digestibilidade dos nutrientes está diretamente relacionada ao grau de ligação dos fenólicos dentro do carboidrato na parede celular e não com o teor de lignina propriamente dito.

O comportamento quadrático dos AGV (acetato, propionato e butirato) após a alimentação, está relacionado ao início do processo de colonização e aderência pelos microrganismos ao substrato (carboidratos). Após a colonização (horas), os microrganismos aderidos ao substrato realizam a hidrólise da celulose, hemicelulose, carboidratos solúveis e amido, liberando os monômeros, os quais são fermentados em AGV, aumentando a concentração destes aproximadamente 2 a 4 horas após a ingestão (BERGMAN, 1990). Posteriormente, os microrganismos utilizam em torno de 25% dos AGV para crescimento, sendo uma parte perdida na forma de metano, e os 75% restantes são absorvidos e utilizados pelo animal como fonte de energia de acordo com o número de átomos de carbono na cadeia (o butirato absorvido mais rapidamente, seguido pelo propionato e posteriormente o acetato).

A ausência de efeito nas dietas utilizadas sobre as concentrações individuais e totais de AGV's está relacionada ao fato de as mesmas serem isoproteicas e isoenergéticas. Em situações em que a digestibilidade dos nutrientes em sua grande maioria não é influenciada pelas dietas, dificilmente ocorrem modificações nas concentrações totais ou nas proporções de AGV do fluido ruminal dos bovinos (CAMERON et al., 1991).

A proporção de ácido acético e propiônico em relação aos AGV totais foram 58,09 e 29,53%, respectivamente, estando esses valores dentro da faixa de normalidade citada por

Berchielli et al. (2006) para o ácido acético (54-74%) e para o ácido propiônico (16-30%), demonstrando fornecimento equilibrado de substratos para a fermentação no rúmen, principalmente de carboidratos fibrosos e não fibrosos.

O pH ao longo do dia pode apresentar variações devido à fonte de alimento utilizada, forma de fornecimento e tempo de coleta após a refeição. Segundo Barbosa et al. (2003), o comportamento fisiológico normal do pH de bovinos para otimização da taxa de digestão ruminal e de degradação da parede celular da fibra, apresenta variação de 5,5 a 7,0, valores constatados no presente estudo.

A substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo ocasionou elevação do pH do fluido ruminal. Vários fatores podem estar relacionados a esse aumento, como a mastigação da ingesta, pela produção de saliva e variações nas características do alimento. Além disso, os teores de FDN e de FDA da silagem de sorgo foram superiores aos da silagem de milho (COSTA et al., 2008), resultando em maior tempo de mastigação para quebra das fibras, conseqüentemente, aumentando a produção de saliva, que funciona como tamponante no organismo.

A elevação do pH em dietas com maior concentração de silagem de sorgo se dá pela superioridade de carboidratos fibrosos que apresentam degradação mais lenta, reduzindo a queda do pH. A variação ao longo do dia é ocasionada pela natureza da dieta e velocidade a qual ocorre a ingestão dos alimentos, dessa forma, como as dietas apresentavam grandes concentrações de amido e carboidratos solúveis, ocorreu redução do pH entre duas e seis horas após a alimentação, elevando-se novamente com a proximidade do fornecimento de alimento (VAN SOEST, 1994).

A avaliação da concentração de  $N-NH_3$  é necessária para determinar a estabilidade da produção, absorção e utilização de amônia pelos microrganismos (SILVEIRA et al., 2009). Segundo Nolan & Dobos (2005) o pico de nitrogênio amoniacal ocorre de duas a quatro horas após a alimentação, sendo determinado pela degradabilidade da proteína bruta dietética.

A concentração média de  $N-NH_3$  das dietas experimentais do presente trabalho foi de  $22,22 \text{ mg dL}^{-1}$ , sendo superior ao abordado por Pereira et al. (2007), que observaram máxima concentração de amônia ruminal 2,39 horas após a alimentação ( $14,89 \text{ mg dL}^{-1}$ ), trabalhando com dietas à base de silagem de sorgo (60%) e concentrado (40%), possivelmente resultante da sincronização da degradação de proteínas com a degradação de carboidratos.

A concentração ideal de  $N-NH_3$  para maximizar a síntese microbiana é discutível. Maeda et al. (2007) afirmaram que a disponibilidade de carboidratos fermentáveis é determinante para a quantidade ideal de  $N-NH_3$  para melhor aproveitamento. Entretanto,

Silveira et al. (2002) relataram que a maximização da fermentação ruminal ocorre com níveis de N-NH<sub>3</sub> entre 19 e 23 mg dL<sup>-1</sup>, conforme constatado no presente estudo, por outro lado, Van Soest (1994) afirmou que 10 mg dL<sup>-1</sup> seria o suficiente para a síntese microbiana.

A concentração de AGVs no fluido ruminal dos animais é variável (60-150 mmol L<sup>-1</sup>), devido principalmente aos ingredientes da dieta e à concentração de carboidratos fibrosos e não-fibrosos na composição (BERCHIELLI et al., 2006). Os valores na relação acetato:propionato:butirato podem variar de 75:15:10 até 40:40:20, em dietas ricas em carboidratos fibrosos e não fibrosos, respectivamente (GOULARTE et al., 2011). Os valores de AGVs Total (66 mmol L<sup>-1</sup>) e a relação acetato:propionato:butirato (58:30:12) determinados no presente trabalho estão dentro da normalidade, demonstrando equilíbrio e bom aproveitamento dos carboidratos disponíveis na dieta pelos animais. A ausência de diferenças na concentração de AGVs das dietas é resultante da digestibilidade semelhante entre as dietas (OLIVER et al., 2004; DANN et al., 2008).

## 6.5 Conclusão

A substituição total da silagem de milho pela silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E propicia maior ingestão e digestibilidade da FDN e FDA e redução na ingestão de EE, PB e CNF e na digestibilidade do EE e dos CNF. Embora tenha ocasionado elevação no pH ruminal, não altera os parâmetros ruminais dos bovinos.

## Referências Bibliográficas

- ARGOV-ARGAMAN, N.; ESHEL, O.; MOALLEM, U.; LEHRER, H.; UNI, Z.; ARIELI, A. 2012. Effects of dietary carbohydrates on rumen epithelial metabolism of non- lactating heifers. **Journal of Dairy Science**. 95(7):3977-3986.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC INTERNATIONAL. 2000. **Official methods of analysis**. 17ed. Gaithersburg: 2000p.
- BARBOSA, J.D.; ÁVILA, S.C.; DIAS, R.V.C.; PFEIFER, I.B.; OLIVEIRA, C.M.C. 2003. Estudo comparativo de algumas provas funcionais do fluido ruminal e de metabólitos sanguíneos de bovinos e bubalinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. 23(1):33-37.
- BARRIÈRE, Y.; RIBOULET, C.; MÉCHIN, V.; MALTESE, S.; PICHON, M.; CARDINAL, A.; LAPIERRE, C.; LÜBBERSTEDT, T.; MARTINANT, J.P. 2007. Genetics and genomics of lignification in grass cell walls based on maize as model species. **Genes, Genomes and Genomics**. 1(2):133-156.

- BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. 2006. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep. 2:583p.
- BERGMAN, E.N. 1990. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**. 70(2):567-590.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; MALAFAIA, P.A.M.; TILEMANHOS, J. 2006. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 35(6):2406-2412.
- CAMERON, M.R.; KLUSMEYER, T.H.; LYNCH, G.L.; CLARK, J.H; NELSON, D.R. 1990. Effects of urea and starch on rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum and performance of cows. **Journal of Dairy Science**. 74:1321-1336.
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. 2001. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 30(6):1837-1856.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 37(2):335-342.
- CASLER, M.D.; JUNG, H.G. 2006. Relationships of fiber, lignin, and phenolics to *in vitro* fiber digestibility in three perennial grasses. **Animal Feed Science and Technology**, 125(1/2):151-161.
- CATTANI, M.; GUZZO, N.; MANTOVANI, R.; BAILONI, L. 2017. Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. 8:1-15.
- CAVALCANTE, A.C.R.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; RIBEIRO, K.G.; GARCIA, R.; LANA, R.P. 2004. Dietas contendo silagem de milho (*Zea mays* L.) e feno de capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp.) em diferentes proporções para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 33(6):2394-2402.
- CHIZZOTTI, F.H.M.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; GARCIA, R.; CHIZZOTTI, M.L.; LEÃO, M.I.; PEREIRA, D.H. 2005. Intake, apparent total tract digestibility and production of Nellore steers fed diets containing different proportions of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu and sorghum silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 34(6):2427-2436.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D.; GALYEAN, M.L. 1986. Predicting digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**. 63:1476-1483.
- COLOMBINI, S.; GALASSI, G.; CROVETTO, G.M.; RAPETTI, L. 2012. Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. **Journal of Dairy Science**. 95:4457-4467.

- COSTA, S.F.; PEREIRA, M.N.; MELO, L.Q.; CALIARI, M.V. CHAVES, M.L. 2008. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e epiderme de bezerros. II. Aspectos ultra estruturais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 60:10-18.
- DALLA CHIEZA, E.; ARBOITTE, M.Z.; BRONDANI, I.L.; MENEZES, L.F.G.; RESTLE, J.; SANTI, M.A.M. 2008. Aspectos agronômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**. 30(1):67-73.
- DANN, H.M.; GRANT, R.J.; COTANCH, K.W.; THOMAS, E.D.; BALLARD, C.S.; RICE, R. 2008. Comparison of brown midrib sorghum sudangrass with corn silage on lactational performance and nutrient digestibility in Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 91:663-672.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; PINA, D.S.; PAULINO M.F.; VALADARES, F.F.D.; CHIZZOTTI, M.L.; MAGALHÃES, K.A. 2006. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 35:1479-1486.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**. 28(3):350-356.
- ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. 1961. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**. 44:1768-1771.
- FENNER, H. 1965. Method for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**. 48:249-51.
- FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. 2018. Ruminal degradability of brown-midrib sorghum-sudangrass hybrids for cutting and grazing. **Revista Ciência Agronômica**. 49(1):141-149.
- FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P.; RUSSELL, J.B.; VAN AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**. 112:29-78.
- GOULARTE, S.R.; ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; ÍTAVO, C.C.B.F.; OLIVEIRA, L.C.S.; FAVARO, S.P.; DIAS, A.M.; TORRES JUNIOR, R.A.A.; BITTAR, C.M.M. 2011. Ácidos graxos voláteis no rúmen de vacas alimentadas com diferentes teores de concentrado na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 63(6):1479-1486.
- HARPER, M.T.; OH, J.; GIALLONGO, F.; LOPES, J.C.; ROTH, G.W.; HRISTOV, A.N. 2017. Using brown midrib 6 dwarf forage sorghum silage and fall-grown oat silage in lactating dairy cow rations. **Journal of Dairy Science**. 100:5250-5265.

- HOLDEN, L.A. 1999. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Animal Science**. 68:3832-3842.
- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I.; CECON, P.R.; ÍTAVO, C.C.B.F.; MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, P.V.R. 2002. Consumo e digestibilidade aparentes totais e parciais de nutrientes em novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 31(3):1543-1552.
- KHOSRAVI, M.; ROUZBEHAN, Y.; REZAEI, M.; REZAEI, J. 2018. Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 101:1-9.
- LAZARO, C.Z. 2009. **Obtenção e caracterização filogenética de consórcio de bactérias fototrópicas púrpuras não sulfurosas consumidoras de ácidos orgânicos visando a produção de hidrogênio reator anaeróbio de batelada**. 127f. Dissertação (Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. **Animal Feed Science and Technology**. 57(4):347-358.
- LUND, P.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. 2007. Digestible NDF is selectively retained in the rumen of dairy compared to indigestible NDF. **Animal Feed Science and Technology**. 134:1-17.
- MAEDA, E.M.; ZEOULA, L.M.; GERON, L.J.V.; BEST, J.; PRADO, I.N.; MARTINS, E.N.; KAZAMA, R. 2007. Digestibilidade e características ruminais de dietas com diferentes níveis de concentrado para bubalinos e bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36(3):716-726.
- MARTINS, R.G.R.; GONCALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; PIRES, D.A.A. 2003. Consumo e digestibilidade aparente das frações fibrosas de silagens de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 55(3).
- MENDES, G.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; RUAS, J.R.M.; PEREIRA, M.E.G.; SILVA, F.V.; CALDEIRA, L.A.; COSTA, M.D.; ALVES, D.D.; AGUIAR, A.C.R. 2014. Substitution of sorghum silage by Marandu grass silage: intake, digestibility and weight gain. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**. 21(1):44-52.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Seventh revised edition, Washington D.C.: National Academy Press, 360p.
- NOLAN, J.V.; DOBOS, R.C. 2005. Nitrogen transactions in ruminants. In: **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J.(eds). 2ed. 177-206.



- OLIVER, A.L.; GRANT, R.J.; PEDERSEN, J.F.; O'REAR, J. 2004. Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 87:637-644.
- OLSON, K.C.; COCHRAN, R.C.; JONES, T.J. VANZANT, E.S, TITGEMEYER, E.C, JOHNSON, D.E. 1999. Effects of ruminal administration of supplemental degradable intake protein and starch on utilization of low-quality warm-season grass hay by beef steers. **Journal of Animal Science**. 77:1016-1025.
- PERAZZO, A.F.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, E.M.; BEZERRA, H.F.C.; SILVA, T.C.; PEREIRA, G.A.; RAMOS, R.C.S.; RODRIGUES, J.A.S. 2017. Agronomic evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions. **Frontiers in Plant Science**. 8:1088.
- PEREIRA, D.H.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; GARCIA, R.; OLIVEIRA, A.P.; MARTINS, F.H.; VIANA, V. 2006. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira Zootecnia**. 35(1):282-291.
- PEREIRA, D.H.; PEREIRA, O.G.; SILVA, B.C.; LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, F.H.M.; GARCIA, R. 2007. Intake and total and partial digestibility of nutrients, ruminal pH and ammonia concentration and microbial efficiency in beef cattle fed with diets containing sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) silage and concentrate in different ratios. **Livestock Science**. 107:53-61.
- RAFFRENATO, E.; FIEVISOHN, R.; COTANCH, K.W.; GRANT, R.J.; CHASE, L.E.; VAN AMBURGH, M.E. 2017. Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on *in vitro* and *in vivo* neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages. **Journal of Dairy Science**. 100:8119-8131.
- SANTOS, A.P.M.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; RIBEIRO, O.L.; PERAZZO, A.F.; PINHO, R.M.A.; MACÊDO, A.J.S.; PEREIRA, G.A. 2018. Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. **African Journal of Range & Forage Science**. 35(1):55-62.
- SAS INSTITUTE. 2009. SAS PROPRIETARY SOFTWARE, RELEASE 9.2. SAS INST. INC., CARY, N.C.
- SILVA, L.F.P.; MACHADO, P.F.; FRANCISCO JUNIOR, J.C.; DONIZETTI, M.; PEREIRA, A.R. 2000. Relação entre a composição química e a degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro da fração volumosa de híbridos de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 29(1):12-18.
- SILVEIRA, R.N.; BERCHIELLI, T.T.; CANESIN, R.C.; MESSANA, J.D.; FERNANDES, J.J.R.; Pires, A.V. 2009. Influência do nitrogênio degradável no rúmen sobre a degradabilidade *in situ*, os parâmetros ruminiais e a eficiência de síntese microbiana em novilhos alimentados com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 38(3):570-579.

- SILVEIRA, R.N.; BERCHIELLI, T.T.; FREITAS, D.; SALMAN, A.K.D.; ANDRADE, P.; PIRES, A.V.; FERNANDES, J.J.R. 2002. Fermentação e degradabilidade ruminal em bovinos alimentados com resíduos de mandioca e cana de açúcar ensilados com polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 31(2):793-801.
- SIMON, J.E.; LOURENÇO JUNIOR, J.B.; FERREIRA, G.D.G.; SANTOS, N.F.A.; NAHUM, B.S.; MONTEIRO, E.M.M. 2009. Consumo e digestibilidade de silagem de sorgo como alternativa para alimentação suplementar de ruminantes na Amazônia Oriental. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**. 4(8):103-119.
- SLIWINSKI, B.; BRZÓSKA, F.; WEGLARZY, K.; BEREZA, M. 2012. Effect of silage from maize and strip-cropped sorghum and maize on dairy cows yield and milk composition. **Annals of Animal Science**. 12:367-379.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**. 70(1):3562-3577.
- SOUZA, V.G.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, D.H.; CECON, P.R.; MORAES, S.A. 2006. Efeito da substituição de pré-secado de capim-tifton 85 por silagem de sorgo no consumo e na digestibilidade dos nutrientes e no desempenho de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 35(6):2479-2486.
- TAUQIR, N.A.; SARWAR, M.; JABBAR, M.A.; MAHMOOD, S. 2009. Nutritive value of Jumbo grass (*sorghum bicolor* x *sorghum sudanese*) silage in lactating Nili-Ravi Buffaloes. **Pakistan Veterinary Journal**. 29(1):5-10.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**. 18:104-111.
- VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2<sup>nd</sup> ed. Ithaca: Cornell University Press.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. 1991. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 74(10):3583-3597.
- VAN SOEST, P.J., WINE, R.H. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**. 52: 780-785.
- VELÁSQUEZ, P.A.T.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A.; RIVERA, A.R.; DIAN, P.H.M.; TEIXEIRA, I.A.M.A. 2009. Cinética da fermentação e taxas de degradação de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte estimadas pela técnica de produção de gases in vitro. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 38(9):1695-1705.
- VIEIRA, D.M.; MACLEOD, G.K.; BURTON, J.H.; STONE, J.B. 1980. Nutrition of the weaned Holstein calf. II. Effect of dietary protein level on nitrogen balance, digestibility and feed intake. **Journal of Animal Science**. 50:945-951.

- VIEIRA, P.A.S.; AZEVÊDO, J.A.G.; SILVA, F.F.; PEREIRA, L.G.R.; NEVES, A.L.A.; SANTOS, A.B.; SOUZA, L.L.; SANTOS, R.D. 2017. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. 37(8):883-890.
- ZAGO, C.P. 1991. Cultura de sorgo para a produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. p.169-213.
- ZOUGMORÉ, R.; PARTEY, S.; OUÉDRAOGO, M.; OMITOYIN, B.; THOMAS, T.; AYANTUNDE, A.; ERICKSEN, P.; SAID, M.; JALLOH, A. 2016. Toward climate-smart agriculture in West Africa: a review of climate change impacts, adaptation strategies and policy developments for the livestock, fishery and crop production sectors. **Agriculture and Food Security**. 5:26.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sorgo forrageiro apresenta elevado teor de carboidratos solúveis, baixa capacidade tampão e teor de matéria seca considerado adequado ao processo fermentativo, dispensando o uso de inoculante bacteriano para preservação do material ensilado.

A utilização da ureia é uma alternativa acessível e de baixo custo para elevar o valor nutritivo, principalmente de proteína bruta da silagem de sorgo, devendo-se respeitar a dose recomendada e devidas cautelas na manipulação do produto.

A utilização de aditivos é apenas uma das formas disponíveis quando objetiva-se melhorar o ambiente e o processo fermentativo, entretanto, devem-se tomar alguns cuidados quanto à implantação e condução da cultura a ser utilizada, colheita, compactação, vedação e armazenamento no silo, pois são essas as principais variáveis responsáveis pela qualidade do produto final, principalmente na inibição de microrganismos deletérios responsáveis pela redução da qualidade da silagem.

A silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E pode ser utilizada para vacas holandesas em lactação em substituição total à silagem de milho sem efeitos negativos no desempenho animal, além disso, sem ocasionar alterações nos parâmetros ruminais e na ingestão e digestibilidade dos nutrientes de bovinos.

É uma excelente alternativa de alimento para ensilagem e cultivo em condições adversas de clima, apresentando elevada produtividade e valor nutritivo semelhante ao milho com menor custo de produção.