



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**SUBSTITUIÇÃO DA SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO PELA
SILAGEM DE SORGO BIOMASSA NA ALIMENTAÇÃO DE
VACAS MISTIÇAS EM LACTAÇÃO**

JOYCE CIPRIANA PACHECO RAMOS

2020

JOYCE CIPRIANA PACHECO RAMOS

**SUBSTITUIÇÃO DA SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO PELA SILAGEM DE SORGO BIOMASSA
NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS MISTIÇAS EM LACTAÇÃO**

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

Orientador

Prof. Dr. Vicente Ribeiro Rocha Junior

**Janaúba
2020**

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

Ramos, Joyce Cipriana Pacheco

R175s Substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa na alimentação de vacas mestiças em lactação [manuscrito] / Joyce Cipriana Pacheco Ramos – 2020.
54 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2020.

Orientador: Prof. D. Sc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior.

1. Forragem. 2. Lactação. 3. Sorgo forrageiro. 4. Sorgo Silagem. 5. Vacas. I. Rocha Júnior, Vicente Ribeiro. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.62

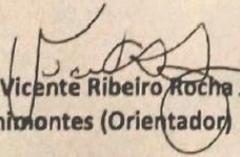
Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

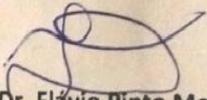
JOYCE CIPRIANA PACHECO RAMOS

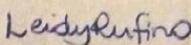
**SUBSTITUIÇÃO DA SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO PELA SILAGEM DE SORGO BIOMASSA
NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS MISTIÇAS EM LACTAÇÃO**

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

APROVADA em 16 de abril de 2020.


Prof. Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior
Unimontes (Orientador)


Prof. Dr. Flávio Pinto Monção
Unimontes


Dra. Leidy Darmony de Almeida Rufino
EPAMIG

Janaúba
2020

Ao meu pai Gentil (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade e por ter me guiado por mais esta etapa da minha vida. Etapa em que enfrentei várias barreiras e que cogitei até a possibilidade de desistir. Mas Ele guiou o meu caminho e, com seu infinito amor e bondade, me permitiu que eu chegasse até aqui.

Ao meu pai (*in memoriam*) que, mesmo não estando presente em vida, esteve sempre presente em todo momento, em minha memória e coração, no qual encontrava forças pra continuar.

À minha mãe, aos meus irmãos, Gilson e Jadson, e à minha tia Quênia por todo amor, paciência e apoio incondicional em mais essa etapa da minha vida.

Ao meu noivo, Saullo, maior presente que Deus me deu durante essa jornada, pelo companheirismo, atenção, carinho e por toda dedicação que tem comigo.

À minha amada e querida amiga Analice que continuou presente em minha vida em mais esta etapa com seu carinho incondicional.

À Universidade Estadual de Montes Claros, para a qual eu tenho muito carinho e respeito, por mais essa oportunidade de fazer parte do seu Programa de Pós-Graduação.

Ao meu orientador, professor Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior, por me orientar pela segunda vez nessa Universidade, sempre com muita dedicação, apoio, presença e pela confiança em mim depositada durante mais esse período.

Aos meus co-orientadores, professores Dr. João Paulo Sampaio Rigueira e Dr. Flávio Pinto Monção, pelo auxílio, companheirismo, paciência, dedicação e contribuição com este trabalho.

Ao mestre Nino Bruno por toda ajuda, amizade e companheirismo durante esse período de mestrado.

A todos os alunos da iniciação científica e voluntários pela colaboração, por não terem medidos esforços para ajudar, construindo união e amizade durante a realização deste trabalho.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental da Unimontes por todo apoio, ajuda e por fazer os dias naquele ambiente serem mais leves e sempre felizes.

À Dra. Leyde Rufino pela participação na banca.

À EMBRAPA Milho e Sorgo, em especial ao Dr. Rafael Parrela.

A todos os colegas e amigos do mestrado pelos risos, apoio e amizade durante essa caminhada.

A todos os professores do Programa que me transmitiram conhecimento, aumentando a minha bagagem de aprendizado.

À FAPEMIG, CAPES e CNPq, pelo auxílio de bolsas e ao INCT – Ciência Animal.

A todos vocês aqui fica a minha eterna gratidão e o meu sincero OBRIGADA!

Que Deus os abençoe grandemente!

SUMÁRIO

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA	9
RESUMO GERAL.....	10
GENERAL ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Características da região semiárida e dos animais F1 Holandês x zebu	14
2.2 Origem do sorgo, características e importância econômica.....	15
2.3 Sorgo biomassa	17
2.4 Potencial para utilização do sorgo biomassa na alimentação animal	18
3 REFERÊNCIAS	21
4 CAPÍTULO I – SUBSTITUIÇÃO DA SILAGEM DE SORGO FORRAGEIRO PELA SILAGEM DE SORGO BIOMASSA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS MISTIÇAS EM LACTAÇÃO	26
Resumo.....	26
Abstract	27
Introdução	27
Material e Métodos.....	29
Local, período, instalações, delineamento e animais	29
Dietas experimentais e manejo.....	29
Análise da composição químico-bromatológica	30
Degradabilidade in situ	33
Consumo e digestibilidade dos nutrientes.....	35
Balanço de nitrogênio	35
Comportamento Ingestivo	36
Produção e composição do leite, peso corporal e escore de condição corporal (ECC).....	37
Análises estatísticas.....	37
Resultados	38
Degradabilidade ruminal.....	38
Consumo e digestibilidade da matéria seca e nutrientes	40
Balanço de nitrogênio	42
Comportamento ingestivo	43

Desempenho e composição do leite	46
Discussão	47
Conclusões.....	50
Agradecimentos	50
Conflitos de interesse.....	50
Referências.....	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

Esta dissertação segue as premissas básicas da Revista *Tropical Animal Health and Production*, disponível em: <https://www.springer.com/journal/11250/submission-guidelines>.

RESUMO GERAL

RAMOS, J.C.P. **Substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa na alimentação de vacas mestiças em lactação.** 2020. 54 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG¹.

O sorgo se destaca como planta forrageira ideal para mitigar os efeitos do baixo rendimento da pecuária no semiárido. Dentre os tipos de sorgo, o biomassa possui a particularidade de ser mais sensível ao fotoperíodo, o que possibilita a ampliação do ciclo vegetativo e aumenta a produção de biomassa por hectare/ciclo. Assim, objetivou-se avaliar a substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa na dieta de vacas F1 Holandês/Zebu sobre o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, o comportamento ingestivo, o balanço de nitrogênio, a produção e a composição do leite. O delineamento experimental foi em dois quadrados latinos 5 x 5, simultâneos, compostos, cada um, por cinco animais, cinco tratamentos e cinco períodos experimentais. O estudo incluiu 10 vacas com peso inicial de 544 ±12,84 e de lactação ao início do experimento. Os tratamentos foram definidos pela substituição de silagem de sorgo forrageiro por silagem de sorgo biomassa em 0, 25, 50, 75 e 100%. A relação volumoso:concentrado, na matéria seca total das dietas foi de 75:25. A substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa na dieta de vacas F1 Holandês/Zebu não altera a produção de leite, apesar de modificar o consumo e a digestibilidade da matéria seca, demonstrando assim, que a silagem de sorgo biomassa pode substituir em até 100% a silagem de sorgo forrageiro na alimentação de vacas mestiças.

Palavras-chave: Alimentação. Forragicultura. Digestibilidade. Produção Animal

¹ Comitê de Orientação: Professor Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador). Professor Dr. Flávio Pinto Monção - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientador). Professor Dr. João Paulo Sampaio Rigueira - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientador).

GENERAL ABSTRACT

RAMOS, J.C.P. **Replacement of forage sorghum silage by biomass sorghum silage in the feeding of crossbred lactating cows.** 2020. 54 p. Dissertation (Master's degree in Animal Science) – State University of Montes Claros, Janaúba, MG²

Sorghum stands out as an ideal forage plant to mitigate the effects of low livestock performance in the semiarid region. Among sorghum types, biomass has the particularity of being more sensitive to the photoperiod, which allows the expansion of the vegetative cycle and increases the biomass production per hectare / cycle. Thus, the objective was to evaluate the replacement of forage sorghum silage by biomass sorghum silage in the diet of F1 Holstein/Zebu cows on nutrient intake and digestibility, ingestive behavior, nitrogen balance, production and composition of milk. The experimental design was in two 5 x 5 Latin squares, simultaneous, composed, each one, by five animals, five treatments and five experimental periods. The study included 10 cows with an initial weight of 544 ± 12.84 and lactation at the beginning of the experiment. The treatments were defined by replacing forage sorghum silage with biomass sorghum silage at 0, 25, 50, 75 and 100%. The roughage: concentrate ratio in the total dry matter of the diets was 75:25. The replacement of forage sorghum silage by biomass sorghum silage in the diet of F1 Holstein/Zebu cows does not alter milk production, despite changing the consumption and digestibility of dry matter, thus demonstrating that biomass sorghum silage can replace up to 100% forage sorghum silage in the feed of crossbred cows.

Keywords: Food. Forage. Digestibility. Animal production

² Guidance Committee : Professor Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior - Department of Agrarian Sciences / UNIMONTES (Advisor). Professor Dr. Flávio Pinto Monção - Department of Agrarian Sciences / UNIMONTES (Co-advisor). Professor Dr. João Paulo Sampaio Rigueira - Department of Agrarian Sciences / UNIMONTES (Co-advisor).

1 INTRODUÇÃO

A região semiárida caracteriza-se pela instabilidade climática, limitando as atividades agropecuárias. Para Oliveira et al. (2010), nessa área, é preciso valorizar as plantas forrageiras que melhor se adaptem às suas condições climáticas. Neste cenário, o sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] se destaca como planta forrageira ideal para mitigar os efeitos do baixo rendimento da pecuária no semiárido.

A planta do sorgo se adapta a uma gama de ambientes, principalmente sob condições de deficiência hídrica, desfavoráveis à maioria dos outros cereais. Essa característica permite que a cultura seja apta para se desenvolver e se expandir em regiões de cultivo com distribuição irregular de chuvas e em sucessão a culturas de verão (Santos et al., 1996).

Em decorrência do ciclo estacional das forragens, no período de estiagem (seco) os pastos não fornecem quantidades de nutrientes suficientes para os índices produtivos dos animais. Desta forma, são necessárias alternativas que atendam à demanda crescente de volumosos nesse período, como a produção de silagens. O armazenamento do excesso de forragem, proveniente da época das águas, para utilização no período da seca, constitui estratégia de grande impacto na viabilidade da atividade pecuária (Cabral et al., 2002).

O sorgo é um dos elementos biológicos essenciais em regiões semiáridas devido ao seu potencial de reserva de forragem para complementação animal no período da seca. Além disso, a planta de sorgo destaca-se por ser um alimento de elevado valor nutritivo e com alta concentração de carboidratos solúveis, essenciais para a adequada fermentação láctica, pelos seus altos rendimentos de matéria seca por unidade de área (Neumann et al., 2002), que podem superar os do milho, e pelo menor custo de produção (Evangelista e Lima, 2000). Dentre os tipos de sorgo, o biomassa possui a particularidade de ser sensível ao fotoperíodo, o que possibilita a ampliação do ciclo vegetativo e concomitantemente aumenta a produção de biomassa por hectare/ciclo, em comparação com as cultivares insensíveis ao fotoperíodo (Parrela et al., 2010; Pereira et al., 2012).

Levando-se em consideração os altos níveis de produtividade e a qualidade da biomassa, bem como os aspectos fitotécnicos da cultura, como ciclo curto, plantio, manejo e colheita mecanizados, o sorgo biomassa, que é uma cultura promissora no fornecimento de

matéria prima na produção de etanol celulósico e cogeração de energia, quando produzida em grande quantidade pode ser uma fonte interessante de forragem (May, 2013).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características da região semiárida e dos animais F1 Holandês x zebu

A Região Nordeste do Brasil, com 1,56 milhão de km (18,2% do território nacional), comporta a maior parte do Semiárido brasileiro, que se localiza na porção central dessa região, abrangendo os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte do norte do Estado de Minas Gerais (Região Sudeste). A principal manifestação da variabilidade climática no semiárido brasileiro é a seca, característica natural que está associada às variabilidades dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical (Nobre et al., 2006; Marengo e Silva Dias, 2007).

Ainda de acordo com Marengo (2006), o Semiárido brasileiro sempre foi acometido de grandes eventos extremos de secas, contudo, não é rara a ocorrência de grandes enchentes. Esses eventos estão diretamente associados à produção agropecuária, sendo os principais responsáveis pelo sucesso, ou não, dessa importante atividade na região.

A quase totalidade da região se localiza em baixa latitude, bem próximas do Equador, entre 5 e 10° S, conferindo-lhe assim temperaturas com mínimas acima de 15 °C e as máximas podendo atingir os 40° C. Segundo Nimer (1979), as temperaturas médias anuais são sempre superiores aos 24°C, ultrapassando 26°C na Depressão Sanfranciscana e no vale do rio Piranhas, com altitudes abaixo dos 200 e 300 metros. A pouca variação de médias mensais e anuais lhe dá amplitudes térmicas de 3 a 5 °C, menores que nas demais regiões intertropicais. Essa região possui forte insolação e o Sol atinge o zênite duas vezes ao ano, fatores que já justificariam a baixa amplitude térmica.

Generalizando, observa-se que diversas localidades na Região do Semiárido brasileiro apresentam precipitações entre 280 a 800 mm de médias anuais. As chuvas, por sua vez, concentram-se em três ou quatro meses do ano, não raro dando lugar às enxurradas com trovoadas; essa concentração (máximo de contribuição percentual - MPC) ultrapassa os 50% do total anual, chegando muitas vezes a aproximadamente 70% das chuvas do ano (Nimer, 1977).

O estado de Minas Gerais, por sua vez, possui diversificadas formações vegetais, resultantes, provavelmente, da sua ampla variação nas condições geológicas, topográficas e climáticas (Mello-Barreto, 1942). Especificamente, a região norte do Estado se caracteriza

por apresentar vegetação que expressa uma condição de sobrevivência ligada à deficiência hídrica, adaptada a um clima severo e com baixa precipitação anual distribuída em um curto período do ano (Fernandes, 2002). Essa região pertence ao sertão brasileiro e está sob o domínio da Caatinga em suas partes norte e nordeste, com transição para o Cerrado, ao sul e a oeste (Brandão, 1994).

Nessa região a eficiência da produção leiteira é afetada pela dificuldade de adaptação das raças europeias a esse clima semiárido. Os elementos climáticos são fatores ambientais marcantes, pois impõem a necessidade de termorregular e podem reduzir o consumo voluntário e, com isso, o desempenho (Broucek et al., 2009). Em vacas leiteiras, por exemplo, um dos maiores entraves é associar genótipos produtivos a animais adaptados ao calor, pois, sobretudo os mais produtivos, apresentam quedas importantes no consumo de alimentos e na produção (Façanha-Morais et al., 2008).

Portanto, para aperfeiçoar a produção leiteira, é importante identificar os genótipos mais convenientes para cada região. Nesse sentido, de acordo com Madalena (1998), a produção de leite a partir de vacas F1, oriundas do primeiro cruzamento entre bovinos da raça holandesa com bovinos Zebu, é uma tecnologia emergente que vem sendo adotada por um crescente número de produtores em várias regiões do Brasil, conciliando, assim, o potencial produtivo das raças taurinas com a rusticidade e a resistência ao clima tropical das raças zebuínas, por meio da heterose. A heterose confere maior adaptabilidade aos animais, com respostas produtivas baseadas nos efeitos do ambiente em que estão inseridos.

Esse esquema de reposição contínua de fêmeas F1 Holandês-Zebu pode viabilizar a utilização dos sistemas mistos de produção de leite e carne no Brasil (Barbosa e Bueno, 2000).

2.2 Origem do Sorgo, características e Importância Econômica

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é originário da África Oriental (Etiópia e/ou Sudão) entre 5 a 7 mil anos atrás, sendo difundido por nativos africanos que migravam para vários países do continente (Wall e Ross, 1975; Von Pinho e Vasconcelos, 2002). Porém, alguns autores advertem que pode haver duas regiões de dispersão independentes, sendo uma na África e a outra na Índia (Buso, 2011).

Apesar de ser uma cultura muito antiga, sua expansão mundial se deu apenas no século XIX. No Brasil, a cultura do sorgo começou a se ampliar somente na década de 70, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia e Paraná (Rosa, 2012).

O sorgo é uma planta que pertence à família *Poaceae* e gênero *Sorghum*, que é composto por gramíneas de rápido crescimento que apresentam fotossíntese C4 e via de ácidos com quatro carbonos (Carrillo et al., 2014; Saballos, 2008).

O sorgo é uma planta do metabolismo C4, portanto apresenta altas taxas fotossintéticas, pois sua planta tolera elevados níveis de radiação solar, diminuindo a abertura dos estômatos e a consequente perda d'água. Portanto, o aumento da intensidade luminosa, implica em maior produtividade, e é claro que sempre em conjunto com as demais condições (disponibilidade hídrica e fertilidade do solo) (Landau e Sans, 2012).

O sistema radicular do sorgo é extenso, fibroso e com grande número de pelos absorventes, podendo chegar a uma profundidade de até 1,5 m (sendo que 80% das raízes ficam localizadas até 30 cm no solo), e em extensão lateral pode alcançar 2,0 m. Essas características conferem à planta maior tolerância à seca (Embrapa, 2010). Apresenta consumo de água que varia de 380 a 600 mm durante todo o ciclo da cultura (Sans et al., 2003).

Em todo o mundo existem mais de 7 mil genótipos de sorgo, e o seu cultivo é de extrema importância nos continentes asiático e africano, além de outras regiões semiáridas do mundo, nas quais é utilizado diretamente na alimentação humana. No Brasil, a cultura do sorgo tem sido utilizada não somente para produção de grãos e forragem para alimentação animal, mas também como fonte de energia renovável através da produção de etanol lignocelulósico e geração de energia térmica, elétrica e mecânica através da queima da biomassa (União da Indústria de Cana-de-Açúcar - UNICA, 2013).

O aumento do cultivo do sorgo no Brasil foi significativo com o passar dos anos, e três fatores contribuíram fortemente para isso: o primeiro está relacionado à criação, no início dos anos noventa, do Grupo Pró-Sorgo, que teve como objetivo o fomento da produção de sorgo no Brasil, com maior divulgação das potencialidades da cultura e suas modernas tecnologias; o segundo está relacionado ao uso do sistema de produção de plantio direto nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, utilizando o sorgo como cultura de rotação para o sistema; e o terceiro diz respeito à crescente importância da safra de inverno (segunda safra

ou safrinha) na região central do Brasil, onde o sorgo se destaca por apresentar maior resistência ao estresse hídrico do que o milho (Embrapa, 2010).

O gênero *Sorghum* abrange todos os sorgos de interesse comercial, independente da morfologia e finalidade de sua utilização. De acordo com Buso (2011), o sorgo é agronomicamente dividido em quatro grupos: granífero, forrageiro, vassoura, sacarino e biomassa. O granífero é uma variedade de porte baixo e adaptada à colheita mecânica, cujo principal produto de utilização é o grão, usado na fabricação de rações animal. O forrageiro é uma planta de porte mais alto, cuja biomassa é utilizada na confecção de silagem, massa verde e feno. O sorgo vassoura tem como principal produto a panícula, que é usada na confecção de vassouras e fabricação de artesanatos. E o quarto grupo, sacarino e biomassa, é utilizado para produção de etanol de primeira e segunda geração, respectivamente, e na cogeração de energia.

De acordo com os dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (Brasil, 2017), existem, atualmente, 466 materiais registrados para a espécie *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

2.3 Sorgo Biomassa

O sorgo biomassa ou lignocelulósico é caracterizado pelo alto potencial produtivo e pela qualidade de fibras, sendo desenvolvido através do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo, com o objetivo de contribuir para o suprimento da demanda nacional de energia, tanto por meio da produção de etanol de segunda geração, como da cogeração de eletricidade (Naik et al., 2010). O sorgo é uma das plantas que melhor satisfazem à demanda de produção de biocombustíveis.

Esse tipo de sorgo é sensível ao fotoperíodo, sendo considerado uma planta de dia curto, que floresce apenas quando os dias possuem menos de 12 horas e 20 minutos, período entre 21 de março e 22 de setembro na maior parte do Brasil (May et al., 2013).

Ainda segundo May et al. (2013), quando o sorgo biomassa é semeado nos meses de outubro a dezembro, quando o fotoperíodo é maior que 12 horas e 20 minutos, o desenvolvimento da gema floral iniciará apenas a partir de 21 de março do ano seguinte, ampliando o ciclo vegetativo e o porte, possibilitando maior produção de biomassa por

hectare/ciclo em comparação a cultivares menos sensíveis ao fotoperíodo, que florescem em qualquer época do ano e com ciclo curto.

Segundo Parrella (2011), o sorgo biomassa apresenta-se como uma matéria-prima promissora devido ao seu alto rendimento energético por hectare e ciclo curto (6 meses). De acordo com Schuck et al. (2014), o sorgo biomassa é uma cultura que permite mecanização do plantio à colheita, com capacidade de produzir grande quantidade de biomassa por hectare.

Foi desenvolvido na Embrapa Milho e Sorgo o primeiro híbrido de sorgo biomassa denominado BRS 716, apresentando produtividade, em média, de 120 a 150 toneladas de matéria fresca por hectare, e um porte de cinco a seis metros de altura, com alto teor de fibras (22 a 28%) e baixo teor de umidade (em torno de 50%) (Sorgo, 2014). É essa a média de umidade que interessa a muitas usinas termelétricas, pois as caldeiras foram projetadas para fazer a queima com esse percentual, que é similar ao de outras fontes de biomassa, como o bagaço de cana.

2.4 Potencial para utilização do sorgo biomassa na alimentação animal

O sorgo biomassa vem ganhando espaço no mercado das energias renováveis. Essa biomassa, produzida em grande quantidade, pode ser uma fonte interessante de forragem. Portanto, justifica-se avaliar o desempenho desse tipo de sorgo como matéria prima para alimentação animal (Lanza, 2017).

Caxito (2017) avaliou o desempenho agrônomo de sorgos biomassa, sacarino e forrageiro e a qualidade de suas silagens, e o cultivo foi realizado em regime de sequeiro na região semiárida de Minas Gerais. A pesquisa foi desenvolvida nas safras 2014/2015 e 2015/2016 nos municípios de Nova Porteirinha e Mamonas, na qual foram avaliados dois materiais forrageiros comumente cultivados na região semiárida mineira, o BRS 655 e o Volumax, dois sorgos sacarinos, o BRS 506 e o BRS 511 e dois sorgos biomassa, o BRS 716 e o CMSXS 7016. Alguns dos resultados obtidos na pesquisa estão descritos a seguir.

Para o estande de plantas, verificou-se que houve efeito de ($p \leq 0,05$) interação de safras e genótipos. Na safra 2014/2015, observou-se que o sorgo CMSXS 7016 e os genótipos pertencentes ao grupo sacarino, BRS 506 e BRS 511, obtiveram menor estande de plantas ha^{-1} em relação aos sorgos forrageiros e ao sorgo biomassa BRS 716. Por outro lado, na safra

2015/2016, observou-se que os genótipos pertencentes ao grupo biomassa obtiveram maior estande de plantas ha⁻¹ em relação aos sorgos sacarino e forrageiro (Caxito, 2017).

Para a produção de matéria verde, os genótipos biomassa BRS 716 e CMSXS 7016 apresentaram produtividades de matéria verde superiores aos sorgos forrageiros e sacarinos, em ambas as safras agrícolas e locais cultivados. Isso ocorreu pelo fato de que esses foram os genótipos que apresentaram as maiores médias de altura e estande final de plantas (Caxito, 2017).

Em relação à produção de matéria seca, os genótipos pertencentes ao grupo biomassa apresentaram produtividades também superiores aos materiais forrageiros e sacarinos, em ambas as safras agrícolas e locais cultivados.

Na safra agrícola 2014/2015, as diferenças nas produtividades de matéria seca entre os materiais biomassa e o segundo material mais produtivo foi de 33 a 41% e, na safra 2015/2016, a variação foi de 19 a 37%.

Esse diferencial produtivo está relacionado com a plasticidade fenotípica de genótipos de sorgo do grupo biomassa em resposta às estiagens e ao volume total precipitado, alterando o seu ciclo de crescimento e desenvolvimento para utilizar de forma eficiente a água disponível. É durante a fase vegetativa de crescimento que se manifestam as características da plasticidade fenotípica e, sobretudo, as adaptações modificativas em relação às condições do habitat (Caxito, 2017).

Na avaliação da aptidão forrageira de cultivares de sorgo, é importante destacar que os principais componentes de produção de volumosos são a massa verde e a massa seca. Essa boa produção de massas dos genótipos do sorgo biomassa é importante quando associamos ao uso forrageiro para alimentação animal sabendo que a disponibilidade de massa verde e o consumo de matéria seca são um dos principais fatores que controlam a produção de ruminantes (Lanza, 2017).

Quanto aos teores de proteína bruta (PB), observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) da interação genótipos e locais, e safras e locais.

Conforme Minson (1990), quando os teores de PB de gramíneas não atingem o valor mínimo de 7%, ocorre limitação na atividade dos microrganismos do rúmen, o que compromete a utilização dos substratos energéticos fibrosos potencialmente digestíveis (Lazzarini et al., 2009).

De acordo com Van Soest (1994) e Lazzarini et al. (2009), as exigências de compostos nitrogenados dos microrganismos ruminais não são atendidas em níveis inferiores a 7% de PB na dieta, o que poderia comprometer sobremaneira o crescimento dos microrganismos ruminais e a utilização da fração potencialmente degradável da fibra em detergente neutro.

Diante dessa informação, Caxito (2017) observou que os genótipos apresentaram valores adequados requeridos para a fermentação ruminal; no entanto, os genótipos do grupo biomassa tiveram menores teores de proteína bruta em Nova Porteirinha. No município de Mamonas, não houve diferença estatística entre os genótipos de sorgo, em relação aos teores de proteína bruta.

Em relação à produção de matéria seca digestível (PMSD), constatou-se diferença significativa ($p < 0,05$) para interação safras, locais e genótipos. Os materiais pertencentes ao grupo biomassa apresentaram produtividades superiores em relação aos sorgos forrageiros e sacarinos, em ambas as safras agrícolas e locais cultivados.

Os sorgos BRS 716 e CMSXS 7016 têm aptidão forrageira em condições de cultivo de sequeiro na região semiárida de Minas Gerais, pois não apresentaram diferenças na digestibilidade da matéria seca e, sobretudo, obtiveram maior produção de matéria seca digestível em relação aos genótipos de sorgos sacarinos e forrageiros avaliados (Caxito, 2017).

Lanza (2017) avaliou de formas qualitativa e quantitativa o potencial agrônomo e forrageiro de uma cultivar de sorgo biomassa (BRS 716), comparativamente ao sorgo forrageiro (BRS 655), submetida a diferentes doses de N e K_2O aplicado em cobertura em diferentes épocas de corte, conduzida em sistema de sequeiro na região central de Minas Gerais. E obteve os seguintes resultados: a produção média de massa verde do sorgo BRS 716 em todos os tratamentos foi $65,91 \text{ t ha}^{-1}$, oscilando entre $49,70$ e $80,68 \text{ t ha}^{-1}$, sendo esses resultados similares aos obtidos por Caxito (2017) para a produção de matéria verde do sorgo biomassa.

Esses valores de produção observados do BRS 716 estão de acordo com Valente (1997), que afirma que a produção mínima deve ser de 40 t ha^{-1} para não se tornar inviável economicamente a produção de massa forrageira, colocando, assim, o BRS 716 como boa alternativa forrageira.

Os valores para nutrientes digestíveis totais (NDT) do sorgo BRS 716 encontrados por Lanza (2017), em todos os tratamentos, foi em média 60,49%, variando de 59,83 a

60,9711%. Considerando-se que os NDT são uma forma de expressar a energia do alimento usado na dieta de um animal e indicar a quantidade de energia contida no alimento para atender às exigências nutricionais, esses resultados permitem inferir que o sorgo biomassa em estudo tem aptidão forrageira, que deve ser dimensionada e relacionada com outras variáveis. Os teores de NDT observados foram pouco inferiores ao encontrados por Ribeiro et al. (2002), que relataram valores de 63,59%; 72,16% e 74,02% de NDT para as silagens de sorgo, milho e girassol respectivamente. Segundo Keplin (1992), para ser considerada de boa qualidade, uma silagem deve apresentar de 64 a 70% de NDT e, considerando essa informação, o sorgo BRS 716 aproximou-se dessa faixa. Assim, os resultados observados para o cultivar em estudo são indicativo de boa qualidade nutricional desse material (Lanza, 2017).

A decisão pelo uso forrageiro do BRS 716, considerando os resultados obtidos nesse trabalho, satisfaz a exigência animal tanto em NDT como em quantidade de MV a ser consumida diariamente respaldando o uso forrageiro deste genótipo (Lanza, 2017).

O valor médio do conteúdo celular em todos os tratamentos do sorgo biomassa foi de 33,67%, variando de 32,34 a 34,48% (Lanza, 2017). Valores semelhantes ao desse trabalho para conteúdo celular foram encontrados por Magalhães et al. (2010), que trabalharam com 25 híbridos de sorgo de duplo propósito em Sete Lagoas-MG, adubados com 400 kg ha⁻¹ de NPK 08-28-16 e 100 kg ha⁻¹ de ureia, quando avaliaram as plantas com os grãos no estágio de leitoso a pastoso e obtiveram 27 a 41% de conteúdo celular, indicando que o BRS 716 possui esse parâmetro em faixa aceitável para planta forrageira.

O percentual médio de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) em todos os tratamentos do sorgo BRS 716 foi de 66,32%, variando de 65,53 a 67,65%. Quanto aos resultados de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), em todos os tratamentos foi de 39,06%, variando de 38,38 a 40%. E os teores de lignina variaram, em média, de 4,97 a 5,54% em todos os tratamentos. Quanto ao teor de hemicelulose do sorgo BRS 716, a média entre os tratamentos foi 27,26%, variando de 27,10 a 27,65%. E para o valor de celulose, a média dos tratamentos foi 33,85%, variando de 33,38 a 34,46%. Assim, Lanza (2017) concluiu que, mediante aos valores de celulose, hemicelulose e lignina obtidos, o sorgo BRS 716 proporcionou composição da fração fibrosa semelhante à de sorgos forrageiros, qualificando-o como uma opção de massa forrageira.

3 REFERÊNCIAS

- Barbosa, P.F. e Bueno, R.S., 2000. Sistemas mistos de produção de leite e carne bovina. In: Simpósio Sobre Manejo e Nutrição de Gado de Leite, 2000. Goiânia. Anais... Goiânia : CBNA, 53-68.
- Brandão, M., 1994. Área Mineira do Polígono das Secas / cobertura vegetal. Informe Agropecuário, 17, 5-9.
- Brasil, 2018. Registro Nacional de Cultivares - RNC: Registro Nacional de Cultivares - RNC Descrição e finalidade. Brasília. <http://www.agricultura.gov.br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cartas-deservico/defesa-agropecuaria-sementes-e-mudas/registro-nacional-de-cultivares-rnc>>. Acesso em: 05 de abril . 2020.
- Broucek, J., Kisac, P. e Uhrincat, M., 2009. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. International Journal of Biometeorology, 15, 201-208.
- Buso, W.H.D., Morgado, H.S., Silva, L.B. e França, F. de S., 2011. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia, PUBVET, Londrina-PR, 5, art. 1145.
- Cabral, L.S., Valadares Filho, S.C., Detmann, E., Zervoudakis, J.T., Pereira, O.G., Veloso, R.G. e Pereira, E.S., 2002. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gases, digestibilidade in vitro da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. Revista Brasileira de Zootecnia, 31, 2332-2339.
- Carrillo, M.A., Staggenborg, S.A. e Pineda, J.A., 2014. Washing sorghum biomass with water to improve its quality for combustion. Fuel, 116, 427-431.
- Caxito, A.M., 2017. Desempenho Agronômico e qualidade nutricional de silagens do sorgo biomassa sacarino e forrageira em região semiárida (Dissertação de Mestrado não publicada, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba MG).
- Church, D.C. 1988. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes, (Acriba, Zaragoza).
- Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Milho e Sorgo, 2014. Cultivo do sorgo. Brasília.
- Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Milho e Sorgo, 2010. Cultivo do sorgo. Brasília.
- Evangelista, A.R. e Lima, J.A., 2000. Silagens: do cultivo ao silo (UFLA, Lavras).
- Façanha-Morais, D.A.E., Maia, A.S.C., Silva, R.G., Vasconcelos, A.M., Lima, P.O. e Guilhermino, M.M., 2008. Variação anual de hormônios tireoidianos e características

- termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 538-545.
- Fernandes, A., 2002. Biodiversidade da caatinga. In: Araújo, EL (ed.), 2002. Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil (UFRPE e SBB, Recife), 42-43.
- Keplin, L.A.S., 1992. Recomendação de sorgo e milho (silagem) safra 1992/93. Encarte Técnico da Revista Batavo. CCLPL, ano I, 16-19.
- Landau, E.C. e Sans, L.M.A., 2008. Clima. Cultivo do Sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção 2, 4 ed. Embrapa.
- Lanza, A.L., 2017. Avaliação forrageira do sorgo biomassa (BRS716) em diferentes épocas de corte e estratégias de cobertura. (Dissertação de Mestrado não publicada, Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei – MG).
- Lazzarini, I., Detmann, E., Sampaio, C.B., Paulino, M.P., Valadares Filho, S.C., Souza, M.A. e Oliveira, F.A., 2009. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 2021-2030.
- Madalena, F.E., 1998. F1: onde estamos e aonde vamos. *Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte*, 25, 5-12.
- Magalhães, R.T., Gonçalves, L.C., Borges, I., Rodrigues, J.A.S. e Fonseca, J.F., 2010. Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 62, 747-751.
- Marengo, J.A., e Silva Dias, 2007. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade – caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2. ed. (Ministério do Meio Ambiente, Brasília), 1, 214.
- Marengo, J.A., 2006. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI, (MMA: Brasília, DF) (Biodiversidade, 26).
- May, A., Silva, D.D. da e Santos, F.C. dos, 2013. Cultivo do sorgo biomassa para cogeração de energia elétrica, (Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas).
- Mello-Barreto, H.L., 1942. Regiões fitogeográficas de Minas Gerais. *Boletim Geográfico*, 14, 14-28.
- Naik, S.N., Goud, V.V., Rout, P.K. e Dalai, A.K., 2010. Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 578–597.

- Neumann, M., Restle, J., Nörnberg, J.L., Alves Filho, D.C., Mello, R.O., Souza, A.N.M. e 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, 120-133.
- Nimer, E., 1977. Clima. In: *Geografia do Brasil: Região Nordeste*, 1977, IBGE, Rio de Janeiro, 2, 47-84.
- Nimer, E., 1979. Pluviometria e recursos hídricos de Pernambuco e Paraíba, (IBGE, Rio de Janeiro) (recursos naturais e meio ambiente, 3).
- Nobre, P., Marengo, J.A., Cavalcanti, I.F.A. e Obregon, G., 2006. Seasonal-to-decadal predictability and prediction of South American climate. *Journal of Climate*, 19, 5988-6004.
- Oliveira, J.P.F., Barreto, L.J., Lima Júnior, D.M., Aguiar, E.M. e Silva, T.O., 2010. Algarobeira (*Prosopis juliflora*): Uma alternativa para alimentação de ovinos no nordeste brasileiro. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Pombal – PB, 5, 1-4.
- Parrella, R.A.C., Rodrigues, J.A.S., Tardim, F.D., Damasceno, C.M.B. e Schaffert, R.E., 2010. Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento*, (Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas/MG), p. 23.
- Parrella, R.A.C., Schaffert, R.E., May, A., Emygdio, B., Portugal, A.F. e Damasceno, C.M.B., 2011. Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa, (Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas) (*Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 41).
- Pereira, G.A., Parrella, R.A.C., Parrella, N.N.N.L.D., Sousa, V.F., Schaffert, R.E. e Costa, R.K., 2012. Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa. In: *Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2012. Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia: [s. n.]*.
- Ribeiro, E.L.A., Rocha, M.A., Mizubuti, I.Y. e Silva, L.D.F., 2002. Silagem de girassol (*Helianthus annuus* L.), milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para ovelhas em confinamento. *Ciência Rural*, Londrina-PR, 32, 299-302.
- Rosa, W.J., 2012. Cultura do sorgo. Emater, http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/MATERIAL_TECNICO/a%20cultura%20do%20sorgo.pdf. Acessado em 15 de maio de 2018.
- Saballos, A., Vermerris, W., Rivera, L. e Ejeta, G., 2008. Allelic association, chemical characterization and saccharification properties of brown midrib mutants of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Bioenergy Research*, 1, 193-204.
- Sans, L.M.A. et al., 2003. Época de plantio de sorgo. (Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG) (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 80).

- Schuck, D.A., Tardin, F.D., Schanfranski, N.O., Diel, F.A., Morales, M.M., Silva, V.Q.R., Parella, R.A.C. e Silva, A.F., 2014. Productive behavior of biomass sorghum hybrids (Sorghum bicolor) for energy production in Sinop - MT. In: Genetics and Plant Breeding Meeting of Rio De Janeiro, 2, 2014. Campos Goytacazes. Abstracts. [S.I]: SBMP: UENF, 57.
- Sorgo 2014, 2014. Sorgo biomassa é ótima opção para geração de energia. Embrapa, Notícias, 18/11/14, <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2246665/sorgo-biomassa-e-otima-opcao-para-geracao-de-energia>. Acessado em: 06 de junho de 2020.
- Souza, V.G., Pereira, O.G., Moraes, S.A. de, Garcia, R., Valadares Filho, S. de. C., Zago, C.P. e Freitas, E.V.V. et al., 2003. Valor nutritivo da silagem de sorgo. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa-MG, 32, 753-759.
- União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Indústria brasileira de cana-de-açúcar. Uma trajetória de evolução. <http://www.unica.com.br/linhadotempo/index.html#>. Acesso em 06 de junho de 2020.
- Valente, J.O., 1997. Introdução. In: Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). Manejo cultural do sorgo para forragem (Embrapa CNPMS. Circular técnica, 17).
- Van Soest, P.J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. (Cornell University Press, Ithaca, New York).
- Von Pinho, R.G. e Vasconcelos, R.C., 2002. Cultura do Sorgo. (UFLA/FAEPE, Lavras).
- Wall, J.S. e Ross, W.M., 1975. Producción y usos del sorgo. (Editorial Hemisfério Sul, Buenos Aires).

1 **4 CAPÍTULO I - Efeito da substituição da silagem de sorgo forrageiro por silagem de**
2 **sorgo biomassa BRS 716 em dietas para vacas F1 Holandês/Zebu em lactação**

3 Joyce Cipriana Pacheco Ramos³, Vicente Ribeiro Rocha Júnior^{3 4 *}

4
5 **Resumo**

6 Objetivou-se avaliar a substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de
7 sorgo biomassa na dieta de vacas F1 Holandês/Zebu sobre consumo e digestibilidade
8 dos nutrientes, comportamento ingestivo, balanço de nitrogênio, produção e
9 composição do leite. O delineamento experimental foi em dois quadrados latinos 5 x 5,
10 com 10 vacas. Os tratamentos foram definidos pela substituição de silagem de sorgo
11 forrageiro pela silagem de sorgo biomassa em 0, 25, 50, 75 e 100%. As diferentes
12 proporções de silagem de biomassa e silagem de sorgo forrageiro não modificaram a
13 degradabilidade efetiva da MS. Já a fração B padronizada (fração Bp) e o tempo de
14 colonização (TC) da fibra em detergente neutro (FDN) aumentaram e a taxa de
15 digestão, fração indegradável e degradabilidade efetiva da FDN e FDA diminuíram
16 linearmente. A inclusão da silagem de sorgo biomassa reduziu ($p < 0,01$) o consumo de
17 matéria seca sem alterar o consumo das frações nutritivas, e as digestibilidades da MS
18 e da PB apresentaram efeito quadrático. O aumento dos níveis da silagem de sorgo
19 biomassa aumentou as atividades de ruminação e mastigação. A produção e
20 composição do leite, peso corporal e escore de condição corporal não foram alterados.
21 A substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa na dieta
22 de vacas F1 Holandês/Zebu não altera a produção de leite, apesar de modificar o
23 consumo e a digestibilidade da matéria seca, demonstrando, assim, que a silagem de
24 sorgo biomassa pode substituir em até 100% a silagem de sorgo forrageiro na
25 alimentação de vacas mestiças.

26
27 **Palavras-chave:** Cinética ruminal. Forragem conservada. Semiárido. Vacas em lactação.

28

³ Departamento de Ciência Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros, Avenida Reinaldo Viana, 2630, Bico da Pedra, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.

⁴ Membro INCT- CA: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal, Brasil.

* Autor para correspondência: Vicente Ribeiro Rocha Júnior - Tel: +55-38-99983-8240, Fax: +55-38-3821-2756, E-mail: vicente.rocha@unimontes.br

29 **Abstract**

30 The objective was to evaluate the replacement of forage sorghum silage by biomass
31 sorghum silage in the diet of F1 Holstein/Zebu cows on nutrient intake and
32 digestibility, ingestive behavior, nitrogen balance, milk production and composition.
33 The experimental design was in two 5 x 5 Latin squares, with 10 cows. The treatments
34 were defined by replacing forage sorghum silage with biomass sorghum silage at 0, 25,
35 50, 75 and 100%. The different proportions of biomass silage and forage sorghum
36 silage did not modify the effective DM degradability. The standardized B fraction (Bp
37 fraction) and the colonization time (TC) of the neutral detergent fiber (NDF) increased
38 and the digestion rate, indigestible fraction and effective NDF and ADF degradability
39 decreased linearly. The inclusion of biomass sorghum silage reduced ($p = <0.01$) the
40 consumption of dry matter without altering the consumption of nutrient fractions, and
41 the digestibility of DM and CP showed a quadratic effect. The increase in the levels of
42 biomass sorghum silage increased the activities of rumination and chewing. Milk
43 production and composition, body weight and body condition score were not changed.
44 The replacement of forage sorghum silage with biomass sorghum silage in the diet of
45 F1 Holstein/Zebu cows does not alter milk production, despite changing the
46 consumption and digestibility of dry matter, thus demonstrating that biomass sorghum
47 silage can replace up to 100% forage sorghum silage in the feed of crossbred cows.

48
49

50 **Keywords:** Ruminal kinetics. Conserved fodder. Semiarid. Lactating cows.

51
52

53 **Introdução**

54 O Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite, com 35,23 bilhões de litros
55 produzidos em 2016 (Embrapa, 2018), sendo a maior parte desse volume produzido
56 por vacas mestiças Holandês/Zebu (Borges et al., 2019; Santana et al., 2020). A
57 utilização desses animais justifica-se pela capacidade desses em manter significativos
58 níveis de desempenho, devido à rusticidade e à adaptabilidade às alterações ocorridas
59 nos ambientes tropicais (Silva et al., 2014; Borges et al., 2019). Apesar da elevada
60 produção de leite, a produtividade de 1,4-1,6 mil litros por vaca ao ano é inferior à

61 média mundial (3,5 mil litros). Dentre outros fatores, isso ocorre devido à nutrição
62 desses animais ser baseada no uso de pastagens, cuja oferta e valor nutricional oscila
63 consideravelmente ao longo do ano, principalmente no período da seca, afetando o
64 desempenho dos animais (Borges et al., 2019; Daniel et al., 2019). Uma das
65 alternativas utilizadas pelos produtores para manter a produção de leite e garantir a
66 permanência na atividade consiste no uso estratégico da técnica de confinamento dos
67 animais. Contudo, o custo com a alimentação é um dos fatores que mais onera os
68 custos de produção.

69 A busca por forrageiras com elevado potencial de produção de massa por
70 unidade de área e com bom valor nutricional tem sido objetivo de muitos
71 pesquisadores, visando reduzir os custos com a alimentação dos animais confinados,
72 principalmente em regiões de clima semiárido (Monção et al., 2019). Nessas regiões,
73 devido à irregularidade das chuvas e longos períodos de estiagem, o cultivo de sorgo
74 forrageiro para ensilagem tem sido constante (Daniel et al., 2019). No entanto, devido
75 à demanda cada vez mais crescente por forrageiras mais produtivas, tem-se requerido
76 a necessidade de utilizar outros genótipos de sorgo para ensilagem com maior
77 potencial de produção, como o sorgo biomassa BRS 716, lançado em 2014 pela
78 Embrapa Milho e Sorgo. O sorgo biomassa foi desenvolvido com a finalidade de
79 cogeração de energia elétrica em caldeiras de alta pressão pela queima direta de
80 biomassa, requerida pelas indústrias termoelétricas e sucroalcooleira distribuídas no
81 Brasil.

82 Não há na literatura relatos do uso de sorgo biomassa na alimentação de
83 ruminantes. Devido às características de elevado crescimento (até seis metros de
84 altura) e produtividade de massa por unidade de área (50 t ha^{-1} de MS), além de ser
85 tolerante ao déficit hídrico e acamamento, o sorgo biomassa BRS 716 é promissor e
86 apresenta potencial para uso como fonte de nutrientes para os animais,
87 principalmente em regiões semiáridas. Contudo, plantas forrageiras com elevado
88 crescimento podem modificar os componentes estruturais, elevando o teor de fibra
89 com menor digestibilidade (Monção et al., 2019 ab), afetando o consumo de
90 nutrientes e desempenho dos animais (Kendall et al., 2009; Hammond et al., 2016;
91 Cattani et al., 2017). Não há relatos de pesquisas sobre os parâmetros nutricionais,

92 comportamentais e produtivos de animais quando se substitui parcial ou totalmente a
93 silagem de sorgo forrageiro da dieta pela silagem de sorgo biomassa.

94 Com base no exposto, objetivou-se avaliar a substituição da silagem de sorgo
95 forrageiro pela silagem de sorgo biomassa BRS 716 em diferentes proporções na dieta
96 de vacas F1 Holandês/Zebu sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço
97 de nitrogênio, comportamento ingestivo, produção e composição do leite.

98

99 **Material e Métodos**

100 Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comissão de Ética em
101 Experimentação e Bem-estar Animal – CEEBEA da Universidade Estadual de Montes
102 Claros (Unimontes), sob protocolo número 173/2018.

103

104 ***Local, período, instalações, delineamento e animais***

105 O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade
106 Estadual de Montes Claros (Unimontes), em Janaúba, Minas Gerais, Brasil
107 (coordenadas geográficas: 15° 52' 38" Sul, 43° 20' 05" Oeste) e teve duração de 90
108 dias, divididos em cinco períodos de 18 dias, sendo 14 dias para adaptação dos animais
109 às dietas e ao manejo e quatro para coleta de dados e amostras.

110 O delineamento experimental foi em dois quadrados latinos 5 x 5, simultâneos,
111 compostos, cada um, por cinco animais, cinco tratamentos e cinco períodos
112 experimentais. Os animais foram mantidos em barracão coberto, contendo baias
113 individuais dotadas de cocho e bebedouro. O estudo incluiu 10 vacas F1
114 Holandês/Zebu com peso inicial de $544 \pm 12,84$ e 88 ± 14 dias de lactação ao início do
115 experimento, com média de idade de 96 meses.

116

117 ***Dietas experimentais e manejo***

118 Foram utilizadas cinco dietas experimentais e os tratamentos consistiram em:
119 Tratamento 1 – apenas silagem de sorgo forrageiro como volumoso; Tratamento 2 –
120 fração volumosa com 75% silagem de sorgo forrageiro e 25% silagem de sorgo
121 Biomassa BRS 716; Tratamento 3 – fração volumosa com 50% de silagem de sorgo
122 forrageiro e 50% silagem de sorgo Biomassa BRS 716; Tratamento 4 – fração volumosa
123 com 25 de silagem de sorgo forrageiro e 75% silagem de sorgo Biomassa BRS 716;

124 Tratamento 5 - apenas silagem de sorgo Biomassa BRS 716 como volumoso da dieta. A
125 relação volumoso:concentrado, nas cinco dietas experimentais foi de
126 aproximadamente 75:25 na base da matéria seca. O sorgo utilizado para produção da
127 silagem foi o *Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. Volumax e o *Sorghum bicolor* (L.)
128 Moench cv. Biomassa BRS 716, cultivados na Fazenda Experimental da Unimontes,
129 manejados com irrigação e colhidos com 110 e 150 dias após plantio, respectivamente.
130 A ureia foi utilizada para correção dos teores de proteína bruta (PB) da fração
131 volumosa das dietas (Costa et al., 2016), sendo utilizado um único concentrado nas
132 cinco dietas experimentais. Para garantir a manutenção da relação
133 volumoso:concentrado na MS total das dietas e que as mesmas fossem mantidas
134 isoproteicas, os teores de matéria seca (MS) e PB dos volumosos foram analisados
135 semanalmente.

136 As dietas foram formuladas conforme o NRC (2001) para vacas com média de
137 550 kg de peso corporal (PC) e produção média de leite corrigida para 3,5% de gordura
138 de 15 kg/dia, e fornecidas às vacas duas vezes por dia, às 7h e às 14h, em sistema de
139 dieta completa (*Total mixed ration - TMR*), homogeneizada no cocho. Os alimentos
140 foram pesados individualmente, duas vezes ao dia, e a quantidade fornecida foi
141 calculada com base nas sobras, que representaram 5% do total de matéria seca
142 fornecida. As sobras foram pesadas diariamente. As vacas foram ordenhadas com
143 ordenha mecânica duas vezes ao dia, às 8h e às 15h, e foi utilizada a presença do
144 bezerro para o estímulo à descida do leite.

145

146 ***Análises da composição químico-bromatológica***

147 As amostras dos alimentos, das sobras e das fezes fornecidos foram recolhidas
148 diariamente pela manhã e armazenadas em *freezer*. No final de cada período
149 experimental, foi feita uma amostra composta por animal, sendo pré-seca em estufa
150 de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. As amostras foram moídas em moinho de
151 facas com peneira com crivos de 1 mm de diâmetro para as análises químico-
152 bromatológicas. A composição químico-bromatológica dos alimentos, das fezes e das
153 sobras foi analisada quanto ao teor de matéria seca (INCT-CA G-001/1 e G-003/1),
154 proteína bruta (INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (INCT-CA G-005/1), matéria orgânica
155 e cinzas (INCT-CA M-001/1), fibra em detergente neutro (INCT-CA F-002/1) e fibra em

156 detergente ácido (INCT-CA F-003/1), com as devidas correções para cinzas (INCT-CA M-
157 002/1) e proteínas (INCT-CA N-004/1), teores de compostos nitrogenados insolúveis
158 em detergente neutro (NIDN), lignina (INCT-CA F-005/1), fibra em detergente neutro
159 indigestível (FDNi) (INCT-CA F-008/1) e os carboidratos não fibrosos, seguindo as
160 recomendações descritas em Detmann et al. (2012). O teor de nutrientes digestíveis
161 totais (NDT) das dietas foi estimado de acordo com NRC (2001). A proporção dos
162 ingredientes e a composição química das dietas e dos ingredientes utilizados durante o
163 período experimental podem ser verificadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Item	Inclusão do Sorgo Biomassa BRS 716 (%MS)				
	0	25	50	75	100
Proporção dos ingredientes nas dietas (g/kg de matéria seca)					
Silagem de Sorgo forrageiro	750,00	562,20	374,35	562,13	0,00
Silagem de Sorgo biomassa	0,00	187,40	374,35	187,38	747,00
Milho moído	159,98	159,98	159,98	159,98	159,98
Farelo de soja	80,03	80,03	80,03	80,03	80,03
Ureia/Sulfato de amônio (9:1)	5,00	5,40	5,50		8,00
Mistura mineral ^a	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Composição química (g/kg de matéria seca)					
Matéria Seca	503,87	481,81	460,11	481,87	416,80
Cinzas	64,22	64,60	65,44	64,69	67,04
Proteína Bruta	131,07	129,88	134,96	130,13	129,88
Extrato Etéreo	22,28	22,18	22,07	22,18	21,85
Carboidratos Totais	795,42	797,37	798,90	797,29	802,02
Carboidratos não fibrosos	308,80	294,18	279,47	294,15	250,18
Fibra em detergente neutro	546,67	557,95	568,87	557,88	590,70
FDNcp ^b	505,97	522,57	538,82	522,51	571,26
FDNi ^c	217,54	221,89	226,09	221,86	234,49
Fibra em detergente ácido	336,45	323,86	347,76	323,82	395,44
Lignina	85,99	89,79	93,52	89,78	100,98
NDT ^d	600,37	593,43	586,23	593,37	571,95

^a Mistura Mineral, conteúdo por kg do produto: cálcio (128 g min), fósforo (100 g min), sódio (120 g min), magnésio (15 g), enxofre (33 g), cobalto (135 mg), ferro (938 mg), iodo (160 mg), manganês (1800 mg), selênio (34 mg), zinco (5760 mg), flúor (1000 mg); ^b FDNcp = Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ^c FDNi = Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível; ^d NDT – Nutrientes digestíveis totais.

165 **Tabela 2.** Composição química dos ingredientes (g/kg de matéria seca) utilizados na
 166 formulação das dietas experimentais

Item	Silagem de sorgo	Silagem de sorgo	Milho moído	Farelo de Soja
	forrageiro	Biomassa		
g/kg de matéria seca				
Matéria Seca	369,60	250,50	897,20	914,00
Cinzas	61,30	61,30	15,40	72,30
Matéria Orgânica	938,70	938,70	984,60	927,70
Proteína Bruta	80,50	68,80	104,20	512,60
Extrato Etéreo	20,40	19,90	35,00	17,30
Carboidratos Totais	837,80	850,00	845,30	397,90
Carboidratos não fibrosos	239,10	161,60	678,40	261,70
Fibra em detergente neutro	664,00	725,60	185,80	236,80
FDNcp ^a	624,50	714,40	166,90	136,20
FDNi ^b	276,20	300,00	55,40	19,10
Fibra em detergente ácido	383,70	513,40	31,40	86,30
Lignina	109,30	129,80	15,40	19,40
NDT ^c	530,22	494,30	861,10	811,60

^aFDNcp = Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ^bFDNi = Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível; ^cNDT – Nutrientes digestíveis totais.

167

168 **Degradabilidade *in situ***

169 Para a avaliação da cinética da degradação ruminal, foram utilizados quatro
 170 novilhos mestiços canulados no rúmen, com peso médio de 480 ±30 kg. Os animais
 171 receberam 3,0 kg de concentrado, dividido em duas refeições, de manhã e à tarde,
 172 além do fornecimento de volumosos a base de silagem de sorgo. Foi utilizada a técnica
 173 da degradabilidade *in situ* utilizando sacos de fibra sintética do tipo tecido não-tecido
 174 (TNT, gramatura 100), medindo 12 x 7 cm, com porosidade aproximada de 60 µm
 175 conforme Casali et al. (2009), com quantidade de amostras seguindo uma relação de
 176 20 mg de MS/cm² de área superficial do saco (Nocek, 1988).

177 Foi avaliada a degradabilidade ruminal de todas as proporções de silagens de
 178 sorgo forrageiro e biomassa utilizadas durante o experimento (silagem de sorgo
 179 forrageiro; 75% de silagem de sorgo forrageiro e 25% de silagem de sorgo biomassa;
 180 50% de silagem de sorgo forrageiro e 50% de silagem de sorgo biomassa; 25% de
 181 silagem de sorgo forrageiro e 75% de silagem de sorgo biomassa; e silagem de sorgo

182 biomassa). As amostras foram depositadas na região do saco ventral do rúmen por 0,
183 3, 6, 12, 24, 48, 72 e 96, 120 e 144 horas. Os sacos foram colocados em ordem inversa,
184 iniciando com o tempo de 144 horas. Os sacos relacionados ao tempo zero não foram
185 incubados no rúmen, mas foram lavados em água corrente, semelhante aos sacos
186 incubados. Posteriormente, todas as amostras foram retiradas e lavadas em água fria,
187 visando a paralisação da fermentação ruminal. Posteriormente, as amostras foram
188 colocadas em estufas a 55 °C durante 72 horas e, depois, resfriadas em dissecador e
189 pesados. Os resíduos remanescentes nos sacos de tecido não tecido (TNT), recolhidos
190 no rúmen, foram analisados quanto aos teores de MS, FDN e FDA. A porcentagem de
191 degradação foi calculada pela proporção de alimentos remanescentes nos sacos após a
192 incubação ruminal.

193 Os dados obtidos foram ajustados para uma regressão não linear pelo método
194 de Gauss-Newton (Neter et al., 1985), por meio do software SAS (SAS Inst. Inc., Cary,
195 NC, USA), conforme a equação proposta por Orskov e Mcdonald (1979): $Y=a+b(1-e^{-ct})$,
196 em que: Y = degradação acumulada do componente nutritivo analisado, após o tempo
197 t; a = intercepto de curva de degradação quando t = 0, que corresponde à fração
198 solúvel em água do componente nutritivo analisado; b = potencial da degradação da
199 fração insolúvel em água do componente nutritivo analisado; a+b = degradação
200 potencial do componente nutritivo analisado quando o tempo não é fator limitante; c
201 = taxa de degradação por ação fermentativa de b; e t = tempo de incubação.

202 Depois de calculados, os coeficientes a, b e c foram aplicados à equação
203 proposta por Orskov e Mcdonald (1979): $DE=a+(bxc/c+k)$, em que: DE = degradação
204 ruminal efetiva do componente nutritivo analisado; e k = taxa de passagem do
205 alimento. Assumiu-se taxa de passagem de partículas no rúmen de 5% por hora,
206 conforme sugerido pelo AFRC (1993).

207 A degradabilidade da FDN e da FDA foi estimada utilizando-se o modelo de
208 Mertens e Loften (1980): $R_t = B \times e^{-ct} + I$, em que R_t = fração degradada no tempo t; B =
209 fração insolúvel potencialmente degradável; e I = fração indigestível. Após os ajustes
210 da equação de degradação da FDN, procedeu-se à padronização de frações, conforme
211 proposto por Waldo et al., (1972), utilizando-se as equações: $B_p = B/(B+I) \times 100$; $I_p =$
212 $I/(B+I) \times 100$, em que: B_p = fração potencialmente degradável padronizada (%); $I_p =$
213 fração indigestível padronizada (%); B = fração insolúvel potencialmente degradável e I

214 = fração indigestível. No cálculo da degradabilidade efetiva da FDN, utilizou-se o
215 modelo: $DE = B_p \times c / (c+k)$, em que BP é a fração potencialmente degradável (%)
216 padronizada.

217

218 ***Consumo e digestibilidade dos nutrientes***

219 O consumo de matéria seca (MS) foi calculado diariamente através da
220 quantidade de alimentos fornecida, subtraída as sobras. Para se estimar o consumo
221 diário de energia metabolizável (CEM) e líquida de lactação (CEL_L) levou-se em
222 consideração o consumo de matéria seca. O balanço energético foi considerado pela
223 diferença entre a energia líquida de lactação consumida e a energia líquida de lactação
224 excretada no leite.

225 A estimativa da produção de matéria seca fecal foi feita empregando-se a fibra
226 em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno. Amostras dos
227 alimentos, das sobras e das fezes, moídas em moinho de facas com peneira com crivos
228 de 2 mm de diâmetro, foram incubadas em 2 bovinos mestiços adultos, pesando 480
229 ±30 kg, idade média de 8 anos, fistulado no rúmen, durante 288 horas, seguindo
230 metodologia (INCT-CA F-008/1) apresentada por Detmann et al. (2012). O coeficiente
231 de digestibilidade de todos os nutrientes foi calculado utilizando a seguinte equação:
232 [quantidade ingerida–quantidade excretada nas fezes] / quantidade ingerida. Com
233 base nos coeficientes de digestibilidade, foi calculado o valor de nutrientes digestíveis
234 totais.

235

236 ***Balanço de nitrogênio***

237 Amostras *spot* de urina foram obtidas no 18º dia do período experimental,
238 aproximadamente quatro horas após a alimentação da manhã, durante micção
239 espontânea. Alíquotas de 10 mL dessa amostra foram filtradas e diluídas
240 imediatamente em 40 mL de H₂SO₄ a 0,036 N para posteriores análises de creatinina,
241 conforme proposto por Oliveira et al. (2001). Posteriormente, foram transferidas para
242 tubos tipo Eppendorf e analisadas quanto aos teores de creatinina e ácido úrico, pelo
243 método colorimétrico, com uso de kits comerciais específicos. A quantificação do
244 volume urinário diário de cada animal foi feita multiplicando-se o respectivo peso
245 corporal pela quantidade de creatinina excretada diariamente, e dividindo-se o

246 produto pela concentração de creatinina (mg/L) na amostra *spot*. Foi adotada a média
247 24,04 mg/kg de PC (Chizzotti et al., 2007) para obtenção da excreção diária total de
248 creatinina. No cálculo do balanço de compostos nitrogenados (BN) foram consideradas
249 as quantidades de nitrogênio (g/dia) consumidas (N-ingerido) e excretadas nas fezes
250 (N-fezes), na urina (N-urina) e no leite (N-leite). A eficiência de utilização do nitrogênio
251 dietético foi calculada pela divisão do nitrogênio retido no leite pela ingestão de
252 nitrogênio kg/dia (Broderick, 2003).

253

254 **Comportamento ingestivo**

255 Durante o período de coleta, as vacas foram submetidas à observação visual
256 para avaliação do comportamento ingestivo. Durante a observação noturna, o
257 ambiente foi mantido com iluminação artificial, estabelecida três dias antes da
258 avaliação do comportamento ingestivo para que os animais se adaptassem a essa
259 condição. Foi realizada a observação visual de cada animal a cada 5 minutos, durante
260 24 horas, para determinação dos tempos despendidos com alimentação (TA),
261 ruminação (TR) e ócio (TO), números de períodos de alimentação (NPA), ruminação
262 (NPR) e ócio (NPO), e da duração dos períodos de alimentação (DPA), ruminação (DPR)
263 e ócio (DPO) de acordo com metodologia descrita por Mezzalira et al. (2011). Também
264 foram realizadas as contagens do número de mastigações meréricas/bolo ruminal e a
265 determinação do tempo despendido na ruminação de cada bolo ruminal, para cada
266 animal, com a utilização de um cronômetro digital. Os valores do tempo despendido e
267 do número de mastigações meréricas por bolo ruminal foram obtidos a partir das
268 observações feitas durante a ruminação de três bolos ruminais, em três períodos
269 diferentes do dia (09h às 11h; 17h às 19h e 21h às 23h) de acordo com metodologia
270 descrita por Burger et al. (2000). Foram calculados os tempos de mastigação da
271 matéria seca (MMS) e da mastigação da fibra em detergente neutro (MFDN), dados
272 em minutos/kg. A eficiência de alimentação (EA), a eficiência de ruminação (ER), o
273 tempo de mastigação total (TMT) e o número de mastigações meréricas por dia
274 (NM/dia), da matéria seca e da fibra em detergente neutro, foram obtidos segundo
275 técnica descrita por Burger et al. (2000).

276

277

278 ***Produção e composição do leite, peso corporal e escore de condição corporal (ECC)***

279 Durante os quatro últimos dias de cada período experimental, foram
280 registradas as produções de leite por vaca. As produções de leite corrigidas para 3,5%
281 de gordura foram calculadas utilizando-se a equação proposta por Sklan et al. (1992).
282 As amostras de leite de cada animal foram coletadas duas vezes ao dia nos últimos
283 quatro dias de cada período, sendo feito um *pool* das amostras das ordenhas da
284 manhã e da tarde, proporcional à quantidade produzida. Em frascos contendo o
285 conservante Bronopol, foram adicionados e homogeneizados 50 mL das amostras de
286 leite, para posterior encaminhamento à Clínica do Leite, setor do Departamento de
287 Zootecnia, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São
288 Paulo, localizada em Piracicaba, São Paulo, para determinação dos teores de gordura,
289 proteína, sólidos totais e nitrogênio ureico do leite (NUL) pelo método infravermelho.

290 A eficiência alimentar foi calculada pela divisão da produção média de leite
291 (kg/dia) pela ingestão de MS (kg/dia) (Valadares Filho et al., 2000). Para se estimar os
292 valores de metabolizável (EM) e líquida de lactação (EL_L), foram utilizadas equações
293 citadas no NRC (2001), descritas abaixo: EM (Mcal/dia) = 1,01 x ED (Mcal/kg) – 0,45;
294 EL_L (Mcal/kg) = 0,0245 x NDT (%) – 0,12.

295 Para quantificar o peso corporal dos animais, ao início e ao final de cada
296 período experimental, foi utilizada balança mecânica (Valfran, Votuporanga, São Paulo,
297 Brasil). Os escores de condição corporal (ECC) foram avaliados por um único técnico,
298 ao início e final de cada período experimental, utilizando-se escala de 1 a 5 pontos com
299 intervalos de 0,25 (Ferguson et al., 1994).

300

301 ***Análises estatísticas***

302 Os dados foram avaliados por análise de variância utilizando o procedimento
303 MIXED do SAS, versão 9.0 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA). A normalidade dos dados
304 (teste de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade) foi verificada pelo procedimento
305 UNIVARIATE no SAS. O modelo estatístico utilizado foi $Y_{k(ij)} = \mu + P_i + A_j + Q_l + T_{k(ijl)} +$
306 $PI + Q_l + \varepsilon_{k(ijl)}$, onde $Y_{k(ij)}$ é a observação referente ao tratamento "k", no período i,
307 animal j e quadrado latino (Q)_l; μ é uma constante associada a todas as observações; P_i
308 é o efeito do período i, com i = 1, 2, 3, 4 e 5; A_j é o efeito animal j, com j = 1, 2, 3, 4 e 5;
309 Q_l é o efeito quadrado latino l, com l = 1 e 2; $T_{k(ijl)}$ é o efeito do tratamento k, com k =

310 1, 2, 3, 4 e 5; PI é o peso corporal inicial como covariável e $\epsilon_{k(ij)}$ é o erro experimental
311 associado a todas as observações ($Y_{k(ij)}$), que é independente e, por hipótese, tem
312 uma distribuição normal com média zero e variância δ^2 . Os tratamentos ($T_{k(ij)}$) foram
313 considerados como efeitos fixos; e os animais (A_j), período experimental (P_i), e o erro
314 ($e_{k(ij)}$) foram efeitos aleatórios.

315 O ensaio de degradabilidade ruminal da MS, FDN e FDA foi conduzido em
316 delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas, sendo cinco
317 tratamentos (parcelas) e 10 tempos de incubação (subparcelas) e quatro repetições. A
318 variação do peso corporal dos animais foi o fator de blocagem. Os dados foram
319 submetidos à análise de variância e de regressão usando o procedimento MIXED e REG
320 do SAS, version 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA), respectivamente, a 5% de
321 probabilidade, segundo o modelo: $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \text{Tempo}_j + \tau_i \times \text{Tempo}_j + \epsilon_{ijk}$, em que:
322 Y_{ijk} é a observação ijk ; μ , a média geral; τ_i , o efeito fixo do tratamento aplicado à
323 parcela, com $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ; Tempo_j , efeito fixo do tempo de incubação j para
324 subtrair; o efeito aleatório do animal k ; $\tau_i \times \text{Tempo}_j$, o efeito de interação do
325 tratamento i e tempo j ; e ϵ , o erro aleatório com média 0 e variância σ^2 .

326 Comparações entre as inclusões de silagem de sorgo biomassa BRS 716 nas
327 dietas foram realizadas pela decomposição da soma dos quadrados em contrastes
328 lineares ortogonais e efeitos quadráticos, a 5% de probabilidade, com ajustes
329 subsequentes das equações de regressão. Os valores médios foram considerados
330 diferentes quando $\alpha < 0,05$.

331

332 **Resultados**

333

334 ***Degradabilidade ruminal***

335 As diferentes proporções de silagem de sorgo biomassa e silagem de sorgo
336 forrageiro não modificaram a fração solúvel (fração a; $p=0,61$), taxa de degradação e a
337 degradabilidade efetiva (DE, $k=5\%/hora$; $p=0,14$) da matéria seca (MS), sendo as
338 médias de 10,28%, 1,88 %/hora e 24,85%, respectivamente (Tabela 3). A fração “b”
339 ($p=0,03$), degradabilidade potencial (DP; $p=0,03$) e fração indegradável (FI; $p=0,03$) da
340 MS foi modificada com a inclusão do sorgo biomassa. As médias adequaram-se ao
341 modelo quadrático de regressão, apresentando pontos de máxima com a inclusão de

342 47,82% do sorgo biomassa para fração “b”, e 57,50% para DP. Para FI da MS o ponto
343 de mínima foi de 57,50% de substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem
344 de sorgo biomassa. A inclusão de sorgo biomassa aumentou linearmente a fração B
345 padronizada (fração Bp) e o tempo de colonização (TC) da fibra em detergente neutro
346 (FDN) e reduziu 0,0002 %/hora a taxa de degradação, em 0,08% a fração indegradável
347 padronizada (Ip) e em 0,10% a DE, para cada 1% de inclusão do sorgo biomassa. A
348 fração Bp ($p=0,01$) da fibra em detergente ácido (FDA) aumentou 0,13% para cada 1%
349 de inclusão da silagem de sorgo biomassa. Não houve mudança no tempo de
350 colonização bacteriana da FDA (média de 17,06 horas; $p=0,24$).

351 **Tabela 3.** Degradabilidade ruminal da matéria seca e fração fibrosa da silagem de
 352 sorgo forrageiro em diferentes combinações com a silagem de sorgo biomassa BRS 716

Item	Inclusão do Sorgo Biomassa BRS 716 (%MS) ^b					EPM ^c	p-valor ^b	
	0	25	50	75	100		Linear	Quad
Matéria Seca (%)								
Fração "a"	8,12	10,01	10,17	9,92	13,22	1,25	0,14	0,61
Fração "b" ^c	48,96	54,16	51,72	55,66	47,71	2,61	0,87	0,02
Taxa de degradação "c", (%/hora)	2,00	2,00	2,00	2,00	1,40	0,01	0,21	0,24
Degradabilidade Potencial ^d	57,08	64,17	61,88	65,58	60,93	2,66	0,18	0,03
Fração Indegradável ^e	42,92	35,83	38,12	34,43	39,08	2,66	0,18	0,03
Degradabilidade Efetiva - 5%	22,75	24,97	23,76	21,52	31,13	2,39	0,10	0,14
Fibra em detergente neutro (%)								
Fração "B" padronizada ^f	60,41	69,65	65,87	62,39	74,36	3,11	0,04	0,60
Taxa de degradação "c" (%/hora) ^g	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	<0,01	0,88
Tempo de colonização, hora ^h	11,78	15,28	15,35	17,79	19,82	1,16	<0,01	0,89
Ip, % ⁱ	39,60	30,35	34,13	37,62	25,64	3,11	0,04	0,60
Degradabilidade Efetiva - 5% ^j	20,77	18,85	18,11	14,55	10,06	3,70	0,02	0,74
Fibra em detergente Ácido (%)								
Fração "B" padronizada ^k	57,57	63,06	61,32	68,13	72,23	3,61	0,01	0,66
Taxa de degradação "c" (%/hora) ^l	3,32	1,82	1,69	1,21	1,87	<0,01	<0,01	<0,01
Tempo de colonização (hora)	8,57	16,05	16,76	23,18	20,77	3,05	0,07	0,24
Ip, % ^{a,m}	42,43	36,94	38,68	31,87	27,77	3,61	0,01	0,66
Degradabilidade Efetiva - 5% ⁿ	22,73	16,66	15,44	13,06	17,71	4,38	0,05	0,96

353 ^a Ip – fração indigestível padronizada; ^b Equação de regressão: ^c $\hat{Y} = 48,99 + 0,22 * X - 0,0023 * X^2$, $R^2 = 0,63$; ^d
 354 $\hat{Y} = 57,60 + 0,23 * X - 0,002X^2$, $R^2 = 0,70$; ^e $\hat{Y} = 42,39 - 0,23 * X + 0,002 * X^2$, $R^2 = 0,76$; ^f $\hat{Y} = 62,40 + 0,08X$, $R^2 = 0,33$; ^g $\hat{Y} =$
 355 $0,03 - 0,0002X$, $R^2 = 0,88$; ^h $\hat{Y} = 12,28 + 0,07 * X$, $R^2 = 0,94$; ⁱ $\hat{Y} = 37,59 - 0,08X$, $R^2 = 0,33$; ^j $\hat{Y} = 21,61 - 0,10 * X$, $R^2 =$
 356 $0,92$; ^k $\hat{Y} = 57,58 + 0,13 * X$, $R^2 = 0,88$; ^l $\hat{Y} = 0,026 + 0,00012X$, $R^2 = 0,40$; ^m $\hat{Y} = 42,41 + 0,14 * X$, $R^2 = 0,88$; ⁿ $\hat{Y} = 42,33 -$
 357 $0,14 * X$, $R^2 = 0,88$, onde \hat{Y} é o valor predito em cada variável e X é inclusão da silagem de sorgo biomassa.
 358 R^2 é o coeficiente de determinação. *significativa pelo teste de t ($\alpha < 0,05$).

359 ^c EPM – Erro padrão da média; ⁴ p- Probabilidade.

360

361 **Consumo e digestibilidade da matéria seca e nutrientes**

362 A substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa
 363 reduziu ($p < 0,01$) o consumo de matéria seca (CMS) em 0,02 kg para cada 1% de
 364 inclusão da silagem de sorgo biomassa (Tabela 4). Em % do PC ($p < 0,01$), o CMS reduziu
 365 0,04%. Não houve diferença para o consumo de proteína bruta (CPB; $p = 0,93$), extrato
 366 etéreo (CEE; $p = 0,59$), FDN (CFDN; $p = 0,19$), e nutrientes digestíveis totais (CNDT;

367 p=0,67) com a inclusão da silagem de sorgo biomassa, com média de 1,84 kg/dia, 0,36
368 kg/dia, 6,99 kg/dia e 10,91 kg/dia, respectivamente.

369 A digestibilidade da MS (DMS; p=0,04) e da proteína bruta (DPB; p=0,05)
370 apresentaram comportamento quadrático de regressão, sendo os pontos de máxima
371 com 44,04% e 62,50% de substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de
372 biomassa, respectivamente. A digestibilidade do extrato etéreo (DEE; p= 0,67), FDN
373 (DFDN; p= 0,95) e carboidratos não fibrosos (DCNF) não foi alterada com a inclusão do
374 sorgo biomassa (Tabela 4).

375 **Tabela 4.** Consumo e digestibilidade de nutrientes por vacas F1 Holandês/Zebu em
 376 lactação alimentadas com dietas contendo silagem de sorgo forrageiro em diferentes
 377 combinações com a silagem de sorgo biomassa BRS 716

Item ^a	Inclusão do Sorgo Biomassa BRS 716 (%MS) ^b					EPM ^c	p-valor ^d	
	0	25	50	75	100		Linear	Quad
Consumo								
Matéria seca (kg/dia) ^e	16,81	17,18	16,30	15,78	14,89	0,67	<0,01	0,28
Proteína bruta (kg/dia)	1,82	1,80	1,84	1,87	1,87	0,08	0,37	0,93
Extrato etéreo (kg/dia)	0,36	0,36	0,35	0,37	0,37	0,02	0,29	0,59
FDN (kg/dia)	7,06	7,20	6,27	6,95	7,50	0,58	0,68	0,19
CNF (kg/dia)	6,07	6,01	6,01	6,22	5,99	0,34	0,96	0,90
NDT (kg/dia)	10,15	11,59	10,67	10,94	11,20	0,75	0,54	0,67
EM (Mcal/kg)	22,85	26,33	24,17	24,91	25,66	1,84	0,47	0,71
ELL (Mcal/kg)	2,33	2,60	2,49	2,65	2,95	3,34	0,40	0,74
Matéria seca (% PC) ^f	3,14	3,25	2,95	2,89	2,74	0,14	<0,01	0,51
Proteína bruta (% PC)	0,34	0,34	0,33	0,34	0,35	0,02	0,66	0,84
FDN (% PC)	1,29	1,36	1,15	1,27	1,39	0,11	0,74	0,19
Extrato etéreo (% PC)	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,00	0,52	0,60
CNF (% PC)	1,13	1,14	1,10	1,14	1,11	0,07	0,84	0,99
NDT (% PC)	1,89	2,20	1,95	2,00	2,04	0,15	0,80	0,66
FDNI (kg/dia)	3,05	2,68	2,72	2,94	3,04	0,15	0,61	0,06
Digestibilidade aparente (%)								
Matéria seca ^g	597,0	691,6	687,0	623,2	564,7	4,55	0,36	0,04
Proteína bruta ^h	841,4	863,2	896,2	888,1	878,1	1,56	0,08	0,05
Extrato etéreo	721,6	714,8	754,4	763,7	721,3	3,53	0,67	0,45
FDN	513,1	600,8	508,7	538,4	562,8	2,15	0,59	0,95
CNF	851,5	857,3	867,0	781,8	842,1	2,68	0,27	0,89
NDT	623,3	684,7	659,4	696,3	580,1	8,42	0,78	0,35

378 ^aFDN= Fibra em detergente neutro ; CNF= Carboidrato não fibroso; NDT =Nutrientes digestíveis Totais;
 379 ^bEquação de regressão: ^e $\hat{Y} = 17,23 - 0,02 * X$, $R^2 = 0.85$; ^f $\hat{Y} = 3,22 - 0,04 * X$, $R^2 = 0.81$; ^g $\hat{Y} = 60,71 + 0,37 * X -$
 380 $0,0042 * X^2$, $R^2 = 0,91$; ^h $\hat{Y} = 83,87 + 0,15 * X - 0,0012 * X^2$, $R^2 = 0.93$ onde \hat{Y} é o valor predito em cada varável e
 381 X é inclusão da silagem de sorgo biomassa. R^2 é o coeficiente de determinação. * significativa pelo teste
 382 de t ($\alpha < 0,05$); ^c EPM – Erro padrão da média; ^d p- Probabilidade.

383
 384
 385
 386

387 **Balanço de nitrogênio**

388 Em relação ao balanço de nitrogênio, observou-se que apenas as variáveis N -
 389 urina, g/dia e N - urina, % N ing foram modificadas com a inclusão de silagem de sorgo
 390 biomassa na dieta. Ambas apresentaram um comportamento quadrático de regressão,
 391 apresentando pontos de máxima de 62,78% e 65% de inclusão da silagem de sorgo
 392 biomassa, respectivamente. As demais variáveis não foram influenciadas pelas dietas.
 393

394 **Tabela 5.** Balanço de nitrogênio de vacas F1 Holandês/Zebu em lactação alimentadas
 395 com dietas contendo silagem de sorgo forrageiro em diferentes combinações com a
 396 silagem de sorgo biomassa BRS 716

Parâmetros	Dietas Experimentais					EPM ²	P-valor ³	
	0	25	50	75	100		Linear	Quad
N-ingerido (g/dia)	290,59	288,07	294,52	299,15	299,16	9,16	0,33	0,92
N-fezes (g/dia)	41,54	39,33	30,90	33,70	37,26	3,51	0,21	0,09
N-leite (g/dia)	42,00	42,25	43,70	40,26	47,36	1,48	0,07	0,12
N-urina (g/dia)^a	13,78	21,94	28,46	19,67	21,18	2,82	0,17	0,01
N-retido(g/dia)	193,26	184,55	191,46	205,53	193,35	8,11	0,41	0,99
N-fezes %N (ing)	13,99	13,68	10,38	11,19	12,41	1,03	0,09	0,07
N-leite %N(ing)	14,57	15,12	15,47	13,79	16,25	0,73	0,39	0,32
N-urina %N(ing)^b	4,68	7,66	9,66	6,64	7,09	0,91	0,19	0,00
N-retido %N(ing)	66,76	63,54	64,49	68,38	64,26	1,31	0,97	0,81

397 Equação de regressão: ^a $\hat{Y} = 14,41436 + 0,37679 * X - 0,00327 * X^2$, $R^2 = 0,67$; ^b $\hat{Y} = 4,950591 + 0,130243 * X$
 398 $0,000115X^2$, $R^2 = 0,67$

399

400 **Comportamento ingestivo**

401 O tempo de ruminação, em min/dia e min/kg MS, e da mastigação, em número
 402 de bolus, min/bolus, min/kg MS, aumentaram linearmente com a inclusão da silagem
 403 do sorgo biomassa em substituição a silagem de sorgo forrageiro (Tabela 6). Já as
 404 demais variáveis não foram influenciadas pelas diferentes dietas.

405 Conforme apresentado na tabela 6, apenas o número de períodos de ócio e a
 406 eficiência da ruminação da MS (g MS/hora) foram influenciados pela substituição da
 407 silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa, com comportamento

408 linear decrescente, enquanto que as demais variáveis foram semelhantes entre as
409 diferentes dietas.

410 **Tabela 6.** Comportamento ingestivo de vacas F1 Holandês/Zebu em lactação
 411 alimentadas com dietas contendo silagem de sorgo forrageiro em diferentes
 412 combinações com a silagem de sorgo biomassa BRS 716

Item	Inclusão do Sorgo Biomassa BRS 716 (%MS)					EPM ^a	P-valor ^b	
	0	25	50	75	100		Linear	Quad
Alimentação								
min/dia	323,88	330,96	307,98	311,04	295,98	24,17	0,23	0,81
min/kg MS	19,27	19,27	18,90	19,71	19,88	1,03	0,56	0,66
min/kg FDNcp	45,90	45,96	49,11	44,76	39,44	9,76	0,28	0,98
Ruminação								
min/dia ^c	479,4	472,38	528,54	546,06	533,4	18,50	<0,01	0,46
min/kg MS ^d	28,77	27,67	32,73	34,91	36,42	1,40	<0,01	0,62
min/kg FDNcp	73,41	73,90	75,85	83,47	72,62	4,89	0,98	0,22
Ócio								
min/dia ^e	659,88	636,96	603,54	582,9	610,5	31,19	0,05	0,20
Mastigação								
número de bolus ^f	50,82	54,32	55,93	60,90	58,30	3,20	<0,01	0,28
Total, horas/dia	13,39	13,39	13,94	14,29	13,83	0,54	0,19	0,48
min/bolus ^g	53,21	56,08	57,90	61,32	60,31	3,09	0,01	0,47
min/kg MS ^h	47,91	47,24	51,78	54,65	56,51	2,09	<0,01	0,66
min/kg FDNcp	122,95	124,48	122,115	129,41	111,62	192,13	0,98	0,22
Número de períodos (n/dia)								
Alimentação	8,20	9,10	9,20	9,20	9,70	1,03	0,27	0,78
Ruminação	13,70	16,10	15,40	15,00	14,30	1,01	0,97	0,07
Ócio^c	20,70	20,90	18,40	17,80	17,80	1,00	<0,01	0,67
Duração de períodos (min)								
Alimentação^d	43,64	43,22	34,36	36,94	31,83	4,77	0,05	0,90
Ruminação	36,37	31,13	34,86	36,68	38,16	2,86	0,08	0,06
Ócio	31,93	31,32	33,26	33,07	36,10	2,19	0,10	0,48
Eficiência alimentar								
g MS/hora	3252,43	3351,37	3253,09	3153,46	3212,59	268,61	0,75	0,94
g FDNcp/hora	1384,34	1393,46	1195,36	1354,63	1586,48	131,74	0,38	0,10
Eficiência de ruminação								
Bolus/dia	550,45	509,85	568,65	543,73	548,26	33,53	0,75	0,95
g MS/hora^e	2120,26	2197,16	1854,86	1749,43	1684,39	80,35	<0,01	0,86
g FDNcp/hora	889,56	935,25	710,57	772,10	854,52	74,19	0,29	0,17

413 ^a EPM – Erro padrão da média; ^b p- Probabilidade; ^c $y = 0,7267x + 475,62$, $R^2 = 0,7296$; ^d $y = 0,0902x +$
 414 $27,592$, $R^2 = 0,881$; ^e $y = -0,6113x + 649,32$, $R^2 = 0,6473$; ^f $y = 0,0862x + 51,746$, $R^2 = 0,7871$; ^g $y = 0,0778x$
 415 $+ 53,876$, $R^2 = 0,8846$; ^h $y = 0,0984x + 46,696$, $R^2 = 0,9167$.

416 ^a EPM – Erro padrão da média; ^b p- Probabilidade; ^c $y = -0,0356x + 20,9$; $R^2 = 0,8193$; ^d $y = -0,1196x +$
 417 $43,978$, $R^2 = 0,8018$; ^e $y = -5,2779x + 2185,1$, $R^2 = 0,8461$

418

419

420

421 ***Desempenho e composição do leite***

422 A produção de leite ($p=0,94$) e a produção de leite corrigida para 3,5% de
423 gordura ($p=0,69$) não foram modificadas com a inclusão da silagem de sorgo biomassa
424 na dieta, médias de 12,68 kg/dia e 13,42 kg/dia, respectivamente. O peso corporal
425 final ($p=0,90$), escore de condição corporal inicial (ECCL; $p=1,00$) e final (ECCF; $p=0,69$) e
426 o ganho em peso médio diário (GMD) também não foram alterados (Tabela 7). Os
427 teores de gordura ($p=0,47$), proteína ($p=0,60$), lactose ($p=0,72$), sólidos totais ($p=0,33$),
428 extrato seco desengordurado (ESD; $p=0,55$), e caseína ($p=0,59$) não foram alterados
429 com a substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa. A
430 proporção da caseína no leite em relação ao teor de proteínas totais reduziu 0,02%
431 para cada unidade percentual de inclusão da silagem de sorgo biomassa na dieta. O
432 nitrogênio ureico do leite (NUL) aumentou linearmente à medida que se aumentou os
433 níveis de inclusão de silagem de sorgo biomassa na dieta.

Tabela 7. Desempenho produtivo e composição do leite de vacas F1 Holandês/Zebu em lactação alimentadas com dietas contendo silagem de sorgo forrageiro em diferentes combinações com a silagem de sorgo biomassa BRS 716

Item ^a	Inclusão do Sorgo Biomassa BRS 716 (%MS)					EPM ^b	P-valor ^c	
	0	25	50	75	100		Linear	Quad
Desempenho								
Produção de leite (kg/dia)	13,10	13,25	12,69	12,20	12,16	1,17	0,43	0,94
Produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (kg/dia)	14,29	14,15	13,43	12,11	13,12	1,14	0,23	0,69
Peso Final (kg)	550,35	552,80	554,00	551,25	548,55	12,39	0,90	0,76
ECC inicial	3,18	3,23	3,35	3,18	3,20	0,15	1,00	0,56
ECC final	3,18	3,30	3,18	3,10	3,08	0,16	0,45	0,69
Ganho em peso diário (kg)	0,46	0,95	0,09	0,15	0,13	0,30	0,13	0,93
Eficiência alimentar (kg leite/ kg de MS)	0,77	0,76	0,77	0,76	0,80	0,02	0,45	0,36
Composição do leite, %								
Gordura	4,08	3,96	3,88	3,46	4,10	0,19	0,47	0,11
Proteína	3,30	3,28	3,24	3,05	3,24	0,13	0,43	0,60
Lactose	4,62	4,54	4,58	4,57	4,56	0,05	0,57	0,72
Sólidos totais	12,97	12,76	12,66	12,02	12,85	0,31	0,33	0,20
Extrato seco desengordurado	8,89	8,81	8,78	8,56	8,75	0,15	0,28	0,55
Caseína	2,60	2,57	2,53	2,35	2,51	0,11	0,28	0,59
Relação Caseína/proteína ^d	78,93	78,33	78,08	76,75	77,23	0,63	0,02	0,66
NUL ^e	11,16	12,85	12,74	13,66	16,07	0,56	<0,01	0,30

^a ECC – Escore de condição corporal; MS – teor de matéria seca; NUL – Nitrogênio Ureico no Leite; ^b EPM – Erro padrão da média; ^c p- Probabilidade; Equação de regressão: ^d $\hat{Y} = 78,86 - 0,02 * X$, $R^2 = 0,81$; ^e $\hat{Y} = 11,17 + 0,04 * X$, $R^2 = 0,87$, onde \hat{Y} é o valor predito em cada variável e X é inclusão da silagem de sorgo biomassa. R^2 é o coeficiente de determinação. * significativa pelo teste de t ($\alpha < 0,05$).

Discussão

As diferentes combinações das silagens de sorgo biomassa e sorgo forrageiro influenciaram a degradabilidade potencial da matéria seca, que apresentou comportamento quadrático, assim com a fração b da MS. Esse resultado se deve às variações nos teores de fibra e carboidratos não fibrosos, que são maiores e menores, respectivamente, na silagem

de sorgo biomassa em relação à silagem de sorgo forrageiro. Entretanto, a degradabilidade efetiva da MS não foi alterada, indicando que, apesar da silagem de sorgo biomassa apresentar maior teor de componentes fibrosos, sua fibra apresentou qualidade, o que pode ser justificado pelo comportamento linear crescente da fração B padronizada da FDN e da FDA, o que contribuiu para que a degradabilidade efetiva da MS fosse mantida, apresentando média de 24,85%.

A diminuição linear do consumo da matéria seca pelas vacas pode ser relacionada à redução da degradabilidade efetiva da FDN com o aumento das proporções de sorgo biomassa. Isso ocorre quando a lignina forma ligações do tipo éster com a hemicelulose aumentando o tempo de colonização e, conseqüentemente, reduzindo o tempo da digestão da fibra. Em contrapartida, não houve diferença no consumo das frações nutritivas da MS, demonstrando o potencial da silagem de sorgo biomassa como massa forrageira na alimentação de ruminantes. O comportamento quadrático para as digestibilidades da MS e PB também pode estar relacionado com a redução da degradabilidade efetiva da FDN, alterando o tempo de digestão dos nutrientes.

Segundo Kolb (1984), a determinação do balanço de nitrogênio é útil para avaliar se o animal se encontra em equilíbrio nitrogenado e se, sob determinadas condições alimentares, ocorre ganho ou perda de N. Observou-se que ocorreu maiores perdas de nitrogênio por via urinária com 62,78% de substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa, o que pode estar relacionado com uma variação na disponibilidade de energia metabolizável da dieta. No entanto, esse comportamento não influenciou a retenção de nitrogênio, que foi positiva para todos os tratamentos, indicando que os animais estavam em condições alimentares que lhes proporcionaram ganho de N.

O aumento do tempo de ruminação da matéria seca com o aumento dos níveis de inclusão de silagem de sorgo biomassa na dieta está diretamente relacionado com as maiores proporções de componentes fibrosos do sorgo biomassa em relação ao forrageiro. Diversos autores citados por Mertens (1997) demonstraram que a atividade de ruminação é uma característica que reflete as propriedades físicas e químicas dos alimentos, como a concentração de FDN, o tamanho de partículas e a umidade, o que explica os resultados verificados, uma vez que o teor de FDN e a FDA das dietas contendo maiores proporções de silagem de sorgo biomassa é superior às dietas com silagem de sorgo forrageiro.

Os menores números de períodos de ócio e alimentação com o aumento das proporções de sorgo biomassa estão relacionados ao aumento das atividades de ruminação. Deswysen et al. (1993) e Fischer et al. (1997) relataram que os períodos de ruminação e ócio entre as refeições, sua duração e seu padrão de distribuição são influenciados pelas atividades de ingestão. A diminuição da eficiência de ruminação da MS com o aumento da inclusão do sorgo biomassa está relacionada com a redução do consumo de MS pelas vacas.

A redução na relação caseína/proteína total do leite com o aumento dos níveis de sorgo biomassa na dieta das vacas é justificado pelo aumento linear do NUL. Isso provavelmente ocorreu devido ao aumento de inclusão de ureia nas dietas, uma vez que estas foram formuladas para ser isoprotéicas, bem como pelo aumento das proporções de carboidratos fibrosos e diminuição dos carboidratos não fibrosos à medida que se aumentou a inclusão da silagem de sorgo biomassa. Com isso, reduziu-se a disponibilidade da energia e, possivelmente, a eficiência de síntese da proteína microbiana. Entretanto, de acordo com Doska et al. (2012), o balanceamento correto entre volumoso, concentrado e energia possibilita que se mantenham índices adequados de NUL (10 a 16 mg/dL), proporcionando, assim, aumento na produção e qualidade do leite. Apesar da inclusão de silagem de sorgo biomassa ter resultado em elevação linear do NUL, este se encontra dentro dos limites adequados para o leite, mesmo porque os teores de caseína não foram alterados.

Os resultados verificados sobre o desempenho e composição do leite de vacas F1 Holandês/Zebu demonstram que, apesar da silagem de sorgo biomassa apresentar maiores teores de componentes fibrosos, causando modificações em algumas variáveis avaliadas, ela pode ser utilizada parcialmente ou totalmente na alimentação desses animais, podendo elevar a eficiência do sistema produtivo, considerando-se a maior produtividade do sorgo biomassa em relação ao forrageiro.

Conclusão

A substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa na dieta de vacas F1 Holandês/Zebu em lactação, não altera a produção de leite, apesar de modificar o consumo e a digestibilidade da matéria seca, demonstrando assim, que a silagem de sorgo biomassa pode substituir em até 100% a silagem de sorgo forrageiro na alimentação de vacas mestiças.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à EPAMIG e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT - Ciência Animal). Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código 001.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

Referências

- Agricultural And Food Research Council – AFRC, 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: Common wealth Agricultural Bureaux International.
- Borges, L.A., Santana, F.P., Silva, D.A., Rocha Júnior, V.R., Ruas, J.R.M., Caldeira, L.A., Reis, S.T., Menezes, J.C. e Lanna, D.P.D., 2019. Chemical and fatty acid composition of milk from crossbred cows subjected to feed restriction. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 54, e00051.
- Broderick, G.A., 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86, 1370-1381.
- Burger, P.J.; Pereira, J.C., Queiroz, A.C., Silva, J.F.C., Valadares Filho, S.C., Cecon, P.R. e Casali, A.D.P., 2000. Ingestive behavior in Dutch calves fed diets containing different concentrate levels. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29, 236-242.
- Casali, A.O., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Pereira, J.C., Cunha, M., Detmann, K.S.C. e Paulino, M.F., 2009. Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 130-138.
- Cattani, M., Guzzo, N., Mantovani, R. e 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, 1-8.
- Chizzotti, M.L., Valadares Filho, S.C., Valadares, R.F.D., Chizzotti, F.H.M., Marcondes, M.I. e Fonseca, M.A., 2007. Consumption, digestibility and excretion of urea and purine derivatives in cows of different levels of milk production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 138-146.
- Costa, C.T.F., Ferreira, M.A., Campos, J.M.S., Guim, A., Silva, J.L., Siqueira, M.C.B., Barros, L.J.A. e Siqueira, T.D.Q., 2016. Intake, total and partial digestibility of nutrients, and

- ruminal kinetics in crossbreed steers fed with multiple supplements containing spineless cactus enriched with urea. *Livestock Science*, 188, 55-60.
- Daniel, J.L.P., Bernardes, T.F., Jobim, C.C., Schmidt, P. e Nussio, L.G., 2019. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass and Forage Science*, 74, 188- 200.
- Deswysen, A.G., Dutilleul, P.A. e Godfrin, J.P., 1993. Nycterohemeral eating and ruminating patterns in heifers fed grass or corn silage: analysis by finite fourier transform. *Journal of Animal Science*, 71, 2739-2747.
- Detmann, E., Souza, M.A., Valadares Filho, S.C., Queiroz, A.C., Berchielli, T.T., Saliba, E.O.S., Cabral, L.S., Pina, D.S., Ladeira, M.M. e Azevedo, J.A.G. (Eds.), 2012. Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco: Suprema.
- Doska, M.C., Silva, D.F.F., Horst, A.S., Valotto, A.A., Rossi Junior, P. e Almeida, R., 2012. Sources of variation in milk urea nitrogen in Paraná dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 692-697.
- Embrapa, 2018. Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro. <https://www.embrapa.br/gado-de-leite/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094149/anuario-leite-2018-indicadores-tendencias-e-oportunidades-para-quem-vive-no-setor-leiteiro>. Acessado em 06 de abril de 2020.
- Ferguson, J.D., Galligan, D.T. e Thomsen, N., 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 77, 2695-2703.
- Fischer, V., Deswysen, A.G., Dèspres, P., 1997. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dieta a base de feno durante um período de seis meses. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26, 1032-1038.
- Hammond, K.J., Jones, A.K., Humphries, D.J., Crompton, L.A., Reynolds, C.K., 2016. Effects of diet forage source and neutral detergent fiber content on milk production of dairy cattle and methane emissions determined using GreeFeed and respiration chamber techniques. *Journal of Dairy Science*. 99, 7904–7917.
- Kendall, C., Leonardi, C., Hoffman, P.C., Combs, D.K., 2009. Intake and milk production of cows fed diets that differed in dietary neutral detergent fiber and neutral detergent fiber digestibility. *Journal of Dairy Science*, 92, 313–323.
- Kolb, E., 1984. *Fisiologia Veterinária*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Monção, F.P., Costa, M.A.M.S., Rigueira, J.P.S., Moura, M.M.A., Rocha Júnior, V.R., Gomes, VM, Leal, DB, Maranhão, CMA, Albuquerque, CJB e Chamone, JMA, 2019. Yield and nutritional value of BRS Capiapu grass at different regrowth ages. *Semina Ciências Agrárias*, 41, 2045-2056.

- Mendes, C.Q., Turino, V.F. e SUSIN, I., 2010. Comportamento ingestivo de cordeiros e digestibilidade dos nutrientes de dietas contendo alta proporção de concentrado e diferentes fontes de fibra em detergente neutro. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 594-600.
- Mertens, D.R. e Loften, J.R., 1980. The effects of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *Journal of Dairy Science*, 63, 1437-46.
- Mertens, D.R., 1997. Creating a system for meeting the fiber requirement of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80, 1463.
- Mezzalira, J.C., Carvalho, P.C.F., Fonseca, L., Bremm, C., Reffatti, M.V., Poli, C.H.E.C. e Trindade, J.K., 2011. Methodological aspects of ingestive behavior of grazing cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 1114-1120.
- National Research Council – NRC, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Neter, J., Wasserman, W. e Kumer, M., 1985. *Applied Linear Statistical Models*, Irwin Press, Homewood, IL.
- Nocek, J., 1988. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, 71, 2051-2069.
- Oliveira, A.S., Valadares, R.F.D., Valadares Filho, S.C., Cecon, P.R., Oliveira, G.A., Silva, R.M.N. e Costa, M.A.L., 2001. Consumo e digestibilidade aparente, produção e composição do leite em vacas alimentadas com quatro níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 1358-1366.
- Orskov, D.R. e McDonald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 92, 499-503.
- Rosa, D.C., Trentin, J.M., Pessoa, G.A., Silva, C.A.M. e Rubin, M.I.B., 2012. Qualidade do leite em amostras individuais e de tanque de vacas leiteiras. *Arquivos do Instituto Biológico*, 79, 485- 493.
- Santana, P.F., Rocha Júnior, V.R., Ruas, J.R.M., Monção, F.P., Borges, L.A., Sousa, T.E.S., Silva, F.V., Rabelo, W.O, Carvalho, C.C.S. e Sales, E.C.J., 2020. Nutritional efficiency of feed restricted F1 Holstein/Zebu cows during the middle third of lactation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33, 236-244.
- Sklan, D.R., Ashkenazi, R., Braun, A., Devorin, A. e Tabori, K., 1992. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids and cottonseeds fed to high yielding cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, 75, 2463–2472.

Valadares Filho, S.C., Broderick, G.A., Valadares, R.F., Clayton, M.K., 2000. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. *Journal of Dairy Science*, Champaign, 83, 106-114.

Waldo, D.R., Smith, L.W., Cox, L.E., 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. *Journal of Dairy Science*, 55, 125-129.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa na dieta de vacas F1 Holandês/Zebu em lactação, não altera a produção de leite, apesar de modificar o consumo e a digestibilidade da matéria seca, demonstrando assim, que a silagem de sorgo biomassa pode substituir em até 100% a silagem de sorgo forrageiro na alimentação de vacas mestiças. Assim, a utilização do sorgo biomassa como opção forrageira para região semiárida pode ser importante alternativa para mitigar os baixos índices de produção de leite nessa região, considerando-se a elevada produtividade e adaptabilidade deste em relação aos genótipos de sorgo forrageiros.