

**BÁRBARA MARIA GOMES DE MELO**

**OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS FORRAGEIROS COM SILAGEM  
DE DIETA TOTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Rogério de Paula Lana

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2021**

**BÁRBARA MARIA GOMES DE MELO**

**OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS FORRAGEIROS COM SILAGEM  
DE DIETA TOTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Rogério de Paula Lana

APROVADA: 30 de julho de 2021.

Assentimento:

*Bárbara Maria Gomes de Melo*

---

Bárbara Maria Gomes de Melo  
Autora



Documento assinado digitalmente

ROGERIO DE PAULA LANA

Data: 02/09/2024 15:46:04-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

---

Rogério de Paula Lana  
Orientador

*Aos que acreditaram e me motivaram, dedico.*

*“Human knowledge and human power meet in one; for where the cause is not known the effect cannot be produced. Nature to be commanded must be obeyed; and that which in contemplation is as the cause is in operation as the rule.”*

*Francis Bacon (Novum Organum - Vol I, 1620)*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço minha mãe, Terezinha Gomes Ferreira, pelo privilégio da vida, pelo exemplo de mulher a quem pude me espelhar, e apoio durante toda a minha vida. Também agradeço à minha “irmã”, Maria Carolina Gomes de Melo, por sempre cuidar de mim (mesmo na minha fase adulta), por todas as vezes que valorizou meu empenho nos estudos e por me incentivar a perseguir meus objetivos. Sem elas, não seria quem sou.

Em segundo lugar, agradeço a Universidade Federal de Viçosa como um todo. Ao Professor Rogério de Paula Lana pela orientação e confiança depositado a mim. À equipe formada por Adailton Costa, Paulo Dornelas, Ana Lígia, Sara Salinas e Alberto Macêdo, que me auxiliaram na execução do projeto, coletas e análises. Ao Professor Edênio Detmann e técnicos de laboratório, Sr. Mário, Mateus, Plínio, Bernadete e Monteiro por todo apoio que possibilitaram eu executar as análises no Laboratório de Análises de Alimentos Animais.

Aos amigos, como: Rosa Reis, Aline Maragon, Kathlin Dias e Priscila Valote pelo apoio (moral e acadêmico) e momentos de descontração, tão importantes nessa fase desafiadora. À Iara Bonifácio, por manter-me sã em meio a todas as adversidades que passei. À Ellis Harwood, por sempre ter sido o companheiro que precisava nos momentos mais importantes dessa jornada.

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

## LISTA DE ABREVIACOES

A+B1	Fração A + B1 de carboidratos
B2	Fração B2 de carboidratos
C	Fração C de carboidratos
Ca	Cana
CE	Capim elefante
CMS	Consumo de matéria seca
CT	Carboidratos totais
DIVMS	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
DIVFDN	Digestibilidade <i>in vitro</i> da fibra em detergente neutro
DT	Dieta total
EE	Extrato etéreo
FDA	Fibra em detergente cido
FDAc <sub>p</sub>	Fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteínas
FDN	Fibra em detergente neutro
FG	Feijão guandu
FS	Farelo de soja
Mi	Milho
MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
NDT	Nutriente digestíveis totais
PC	Peso corporal
PDR	Proteína degradada no rúmen
PMS	Perda de matéria seca
PE	Perda por efluentes
PG	Perda por gases
SDT	Silagem de dieta total
SM	Suplemento mineral
TMR	Total mixed ration

## ÍNDICE DE TABELAS

### CAPITULO I

- Tabela 1.** Exigências nutricionais de vacas acima de três semanas de lactação, que produzem até 15 L.d<sup>-1</sup> de leite, com diferentes pesos corporais.....10
- Tabela 2.** Formulação das dietas totais, com base na matéria natural, destinadas à vacas em fase de lactação, que produzem até 15 L.d<sup>-1</sup> de leite.....10
- Tabela 3.** Composição química das dietas totais, forragens e suplementos.....11
- Tabela 4.** Composição químico-bromatológica das silagens de dietas totais para destinadas à vacas com produção de até 15 L.d<sup>-1</sup> de leite.....16
- Tabela 5.** Fracionamento de carboidratos das silagens de dietas totais destinadas à vacas com produção de até 15 L.d<sup>-1</sup> de leite.....18
- Tabela 6** Densidade do silo, parâmetros fermentativos e perdas por gases e efluentes de silagens de dietas totais destinadas a vacas com produção de até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite.....20

### CAPITULO II

- Tabela 1.** Exigências nutricionais de vacas acima de três semanas de lactação, que produzem até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite, com diferentes pesos corporais.....35
- Tabela 2.** Formulação das dietas totais, com base na matéria natural, destinadas à vacas em fase de lactação, que produzem até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite.....35
- Tabela 3.** Composição química das dietas totais destinadas à vacas em lactação com produção de até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite, forragens e suplementos.....35
- Tabela 4.** Composição químico-bromatológica das dietas totais destinadas à vacas com produção de até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite.....41
- Tabela 5.** Fracionamento de carboidratos das silagens de dietas totais destinadas à vacas com produção de até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite.....43
- Tabela 6** Densidade do silo, parâmetros fermentativos e perdas por gases e efluentes de silagens de dietas totais destinadas à vacas com produção de até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite.....44

## RESUMO GERAL

MELO, Bárbara Maria Gomes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, 2021. **Otimização de recursos forrageiros com silagens de dieta total.** Orientador: Rogério de Paula Lana.

A silagem de dieta total (total mixed ration - TMR) é o resultado da mistura prévia e ensilagem de todos os ingredientes que compõem a dieta animal, como suplementos, volumosos e concentrados. Foram realizados dois experimentos na Universidade Federal de Viçosa, com objetivo de avaliar as características fermentativas, dinâmica de perdas por gases e efluentes, perda de matéria seca, recuperação de matéria seca e o valor nutritivo da silagem de dieta total (DT) com uso de suplementos mineral, energético e proteico, feijão guandu, cana de açúcar, capim elefante e milho. As proporções dos ingredientes variaram de acordo com a exigência nutricional de vacas que produzem 15 L (Capítulo 1) e 25 L (Capítulo 2) de leite por dia, e a disponibilidade de cada forragem ao longo do ano. O objetivo foi determinar qual(is) dieta(s) proporcionou(naram) silagem de boa qualidade, com menor perda nutritiva e atendendo a exigência nutricional de cada categoria. O Delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. Foram realizadas as análises de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp), fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteínas (FDAcp), proteína bruta (PB), lignina (LIG), digestibilidade da matéria seca *in vitro* (DIVMS), digestibilidade da *in vitro* FDN (DIVFDN), fracionamento de carboidratos, pH, N-NH<sub>3</sub>, perdas por gases, efluentes e perda de matéria seca. No primeiro estudo, houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos em todos os parâmetros avaliados, exceto N-NH<sub>3</sub>. As silagens de dietas totais 3 e 5 apresentaram melhores parâmetros fermentativos, composição bromatológica e menores perdas durante o processo de ensilagem. No segundo estudo, também houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos em todos os parâmetros avaliados, mas a exceção foi o teor de FDNcp. As SDT2 e SDT4, produzidas com feijão guandu, apresentaram melhores parâmetros fermentativos, composição bromatológica e menores perdas durante o processo de ensilagem. Destas silagens citadas, somente SDT4 é capaz de atender a exigência nutricional de vacas em lactação, produzindo até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite sem necessidade de suplementação protéica.

**Palavras-chave:** conservação de forragem, dieta total, silagem de dieta total.

## ABSTRACT

MELO, Bárbara Maria Gomes, M.Sc., Federal University of Viçosa, 2021. **Optimization of forage resources with total mixed ration silages.** Advisor: Rogério de Paula Lana.

Total mixed ration silage (TMR silage) is the result of prior mixing and silage of all the ingredients that make up the animal diet, such as supplements, forages and concentrates. Two experiments were carried out at the Federal University of Viçosa, with the objective of evaluating the fermentative characteristics, dynamics of losses by gases and effluents, loss of dry matter, dry matter recovery and the nutritive value of total diet silage (DT) using mineral, energy and protein supplements, pigeon pea, sugar cane, elephant grass and corn. The proportions of ingredients varied according to the nutritional requirement of cows that meet 15 L (Chapter 1) and 25 L (Chapter 2) of milk per day, and the availability of each forage throughout the year. The objective was to determine which diet(s) provided good quality silage, with less nutritional loss and meeting the nutritional requirements of each category. The experimental design adopted was completely randomized with repetitions per treatment. Analyzes were performed for dry matter (DM), ash (MM), ether extract (EE), neutral detergent fiber corrected for ash and proteins (NDFap), acid detergent fiber corrected for ash and protein (ADFap), protein crude (CP), lignin (LIG), in vitro dry matter digestibility (IVDMD), in vitro NDF digestibility (IVDNDF), carbohydrate fractionation, pH, NH<sub>3</sub>-N, gas, effluents and dry matter losses. In the first study, there was a difference ( $P < 0.05$ ) between treatments in all criteria parameters, except N-NH<sub>3</sub>. TMR silages 3 and 5 had better fermentative parameters, chemical composition and lower losses during the ensiling process. In the second study, there was also difference ( $P < 0.05$ ) between treatments in all defined parameters, but the exception was the NDFap content. The TMR silages 2 and 4, produced with pigeon pea, had better fermentation parameters, chemical composition and lower losses during the ensiling process. Only TMR silages 4 is able to meet the nutritional requirement of lactating cows, producing up to 25 L.d-1 of milk without the need for protein supplementation.

**Keywords: forage conservation, total mixed ration silage, total ration.**

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	2

### CAPÍTULO I

SILAGEM DE DIETA TOTAL COM FEIJÃO GUANDU DESTINADAS A VACAS DE BAIXA PRODUÇÃO DE LEITE.....	4
RESUMO .....	4
ABSTRACT .....	5
1 INTRODUÇÃO .....	6
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	7
2.1 Local experimental, descrição do solo e dados climáticos.....	7
2.2 Espécies vegetais, formulação de dietas e processo de ensilagem.....	8
2.3 Determinação da composição química das silagens e pH.....	11
2.4 Incubações <i>in vitro</i> e Estimativa de Digestibilidade das Silagens.....	12
2.5 Determinação do fracionamento de carboidratos .....	14
2.6 Determinação das perdas durante o processo de ensilagem.....	15
2.7 Análises Estatísticas .....	16
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
3.1 Composição químico-bromatológica.....	16
3.2 Fracionamento de carboidratos.....	18
3.3 Qualidade e perdas da silagem .....	19
4 CONCLUSÕES.....	22
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22

### CAPÍTULO II

SILAGEM DE DIETA TOTAL COM FEIJÃO GUANDU PARA VACAS EM LACTAÇÃO .....	29
RESUMO .....	29
ABSTRACT .....	30
1 INTRODUÇÃO .....	31
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	32
2.1. Local experimental, descrição do solo e dados climáticos.....	32
2.2. Espécies vegetais, formulação de dietas e processo de ensilagem .....	33

2.3.	Determinação da composição química das silagens e pH .....	36
2.4.	Incubações <i>in vitro</i> e Estimativa de Digestibilidade das Silagens .....	37
2.5.	Determinação do fracionamento de carboidratos .....	39
2.6.	Determinação das perdas durante o processo de ensilagem .....	39
2.7.	Análises Estatísticas.....	40
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
3.1.	Composição químico-bromatológica .....	41
3.2.	Fracionamento de carboidratos .....	43
3.3.	Qualidade e perda da silagem .....	44
4	CONCLUSÕES.....	46
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
	ANEXO .....	55

## INTRODUÇÃO GERAL

A ensilagem é uma técnica de conservação de forragem em seu estado úmido, por meio da fermentação realizada por bactérias formadoras de ácido lático, as quais promovem um abaixamento do pH, inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis por um longo período de tempo. É uma ferramenta útil, quando se pretende aproveitar o excedente de produção de forragem na época das águas, para ser administrado na época das secas, otimizando assim os recursos forrageiros (ANTONIO, 2016).

As forrageiras mais utilizadas no Brasil são cana, milho, sorgo e gramíneas tropicais (BERNARDES, 2012). A silagem de “dieta total” (ração total misturada ou dieta completa), também chamada de silagem TMR (“Total Mixed Ration”), consiste na preparação da dieta total antes da ensilagem, e tem como objetivo melhorar os parâmetros fermentativos de forragens com baixo valor nutritivo e alta umidade (GUSMÃO et al, 2018). Isso porque farelos que estão normalmente presentes na ração (como farelo de soja e fubá, por exemplo) atuam como sequestrantes de umidade quando adicionados à forragem antes da ensilagem (ANDRADE, 2010).

A silagem de dieta total confere uma vantagem ao processo de ensilagem, por aliviar os custos de energia associados à pré-secagem e transporte, e ainda facilita a preservação do material ensilado, independentemente da composição das forragens utilizadas (WANG; NISHINO, 2008), contribui para a estabilização da atividade microbiana, melhora a eficiência energética e a utilização da proteína no rumen (XU et al., 2007). Os trabalhos incorridos na mistura da ração antes da alimentação são evitáveis quando a silagem de dieta total é usada (WANG; NISHINO, 2008). Alimentos de baixa aceitação pelos animais (como ocorre com o feijão guandu) podem ser incorporados às rações, pois melhoram o odor e o sabor através da fermentação durante a ensilagem (LOURENÇO et al., 1994).

O feijão guandu é a sexta leguminosa mais cultivada no mundo, é utilizado na alimentação humana e animal (FONSECA; MARTUSCELLO, 2010), mas é pouco utilizado na produção de silagem. Bailey (1977) atribui a Augustin Pyramus De Candolle (1778-1841) a classificação do gênero *Cajanus*, e o descreve como pequeno arbusto com

sementes comestíveis, muito cultivado em países tropicais e subtropicais. O feijão guandu não tem grandes exigências climáticas e de solos, desenvolvendo-se satisfatoriamente em regiões de clima tropical, sub tropical e semiárido. Outra grande vantagem da cultura é sua boa tolerância à seca, provável razão de sua boa adaptabilidade a solos arenosos; contudo, não tolera encharcamento. Os grãos, assim como a forragem de folhas e caules menos lignificados contêm aproximadamente 20-22% de proteína. Segundo Singh e Oswalt (1992) a produtividade média de grãos é entre 700 e 1.800 kg/ha, e 15 a 32 t/ha de massa verde.

Em função deste potencial e devido à falta de informação científica do efeito da adição de leguminosas à silagem e uso de rações como aditivos sequestrantes de umidade, pesquisas com esse intuito podem levar ao aumento de alternativas na alimentação dos ruminantes e uma forma eficiente de melhoria de manejo de forragens e elevação do valor nutricional das silagens.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, I.V.O.; PIRES, G.G.P.; CARVALHO, C.M.. Losses, fermentation characteristics and nutritive value of elephant grass silage containing agricultural byproducts. **Revista Brasileira de Zootecnia** v. 39, p. 2578–2588, 2010.

BERNARDES, T. F.; NUSSIO, L. G.; AMARAL, R. C. Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. **Grass Forage Science**, v. 70, p. 491–498, 2012.

ANTONIO, P. Aditivos proteicos sequestrantes de umidade na ensilagem de gramíneas tropicais. p. 66, 2016.

BAILEY, L.H. **Manual of cultivated plants**. Rev. ed. New York: Macmillan Publishing, 1977. p.579.

FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas forrageiras**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010.

GUSMÃO, J.O.; DANES, M. A. C.; CASAGRANDE, D. R.; BERNARDES, T. F. Total mixed ration silage containing elephant grass for small-scale dairy farms. **Grass Forage Science**, n. April, p. 1–10, 2018.

LOURENÇO, A.J.; MATSUI, E.; DELISTOIANOV, J. Composição botânica da forragem disponível e da selecionada por bovinos em pastos de capim-colonião consorciado com centrosema e, ou, galácia, com ou sem acesso a banco de proteínas de guandu. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.100-109, 1994.

SINGH, F.; OSWALT, D.L. **Pigeonpea botany and production practices**. Patancheru, Andhra Pradesh: ICRISAT, 1992.

WANG, F; NISHINO, N. Resistance to aerobic deterioration of total mixed ration silage: effect of ration formulation, air infiltration and storage period on fermentation characteristics and aerobic stability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. November 2008, p. 133–140, 2008.

XU, C. et al. Nutritive value for ruminants of green tea grounds as a replacement of brewers' grains in totally mixed ration silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, n. 3–4, p. 228–238, 2007.

## CAPÍTULO I

### SILAGEM DE DIETA TOTAL COM FEIJÃO GUANDU DESTINADAS A VACAS DE BAIXA PRODUÇÃO DE LEITE

#### RESUMO

O uso de silagem na alimentação de ruminantes é essencial, visto que a estacionalidade na produção de forragem resulta na necessidade de suplementação dietética dos rebanhos leiteiros, elevando os custos de produção total. A silagem de dieta total (TMR) tem por objetivo melhorar os parâmetros fermentativos de forragens com baixo valor nutritivo e alta umidade, como a cana e capim-elefante. Objetivou-se por meio desse estudo avaliar a potencialidade da silagem de dieta total em reduzir as perdas por gases e efluentes, perda de matéria seca, melhorar a fermentação, valor nutritivo e digestibilidade de silagens que contém cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*), capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e feijão guandu (*Cajanus cajan*), e qual (ais) tratamento(s) são mais indicados para vacas que produzem até 15 L.d<sup>-1</sup> de leite. O experimento foi implementado na fazenda Boa Vista, distrito de Cachoeira de Santa Cruz, Viçosa-MG, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV). O cálculo das exigências nutricionais de vacas em lactação e formulação das dietas totais foram realizadas no Sistema Viçosa de Formulação de Rações, com base no NRC (2001). Para as aplicações das análises estatísticas foi utilizado o programa R versão 4.0.4 (2021) com o aplicativo RStudio versão 1.4.1106 -© 2009-2021. Para avaliar o efeito dos tratamentos foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis com ajuste de Bonferroni, seguido do teste de Dunn. Houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos em todos os parâmetros avaliados, exceto N-NH<sub>3</sub>. As silagens de dietas totais 3 e 5 apresentaram melhores parâmetros fermentativos, composição bromatológica e menores perdas por gases, efluentes e de matéria seca durante o processo de ensilagem, e são capazes de atender a exigência nutricional de vacas em lactação, produzindo até 15 L de leite por dia.

**Palavras-chave:** leguminosa em silagem de dieta total, silagem de feijão guandu, silagem de leguminosa.

## TOTAL MIXED RATIONS WITH PIGEON PEA FOR LOW PRODUCTION MILK COWS

### ABSTRACT

The use of silage in ruminant feed is essential, as the seasonality of forage production results in the need for dietary supplementation in dairy herds, increasing total production costs. Total diet silage (TMR) aims to improve the fermentation parameters of forages with low nutritional value and high moisture, such as sugarcane and elephant grass. The objective of this study was to evaluate the potential of total diet silage to reduce gas and effluent losses, dry matter loss, improve fermentation, nutritional value and digestibility of silages containing sugarcane (*Saccharum sp.*), elephant grass (*Pennisetum purpureum*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*), and which treatment(s) are most suitable for cows that produce up to 15 L of milk/day. The experiment was implemented in Fazenda Boa Vista, district of Cachoeira de Santa Cruz, Viçosa-MG, belonging to the Federal University of Viçosa. The calculation of the nutritional requirements of lactating cows and the formulation of total mixed rations were performed in the Viçosa Feed Formulation System, based on the NRC (2001). For the applications of the statistical analysis, the R program version 4.0.4 (2021) with the RStudio application version 1.4.1106 -© 2009-2021 was used. To assess the effect of treatments, the non-parametric Kruskal-Wallis test with Bonferroni adjustment followed by the Dunn test was used. There were differences ( $P < 0.05$ ) between treatments in all parameters evaluated, except N-NH<sub>3</sub>. TMR silages 3 and 5 showed better fermentation parameters, chemical composition and lower losses by gases, effluents and dry matter during the ensiling process, and are capable of meeting the nutritional requirement of lactating cows, producing up to 15 L of milk per day.

**Keywords:** legumes in total mixed ration, legumes silage, pigeon pea silage.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor pecuário leiteiro se caracteriza como um dos pilares mais importantes do agronegócio brasileiro (VILELA, 2002). No país, os sistemas mais utilizados são o extensivo e semi-intensivo, ou seja, os animais são mantidos a pasto ou suplementados com forragem conservada (REIS et al., 2014). Segundo dados do IBGE (2018), a média de produção de leite/vaca/dia é de 5,83 litros, sendo considerada assim de baixa eficiência (REIS et al., 2014). As principais diferenças entre os desempenhos dos bovinos é função de fatores como genética, sanidade, nutrição, manejo e suas interações (FERREIRA et al., 2013).

Visando intensificar a produção animal no Brasil de forma sustentável, a implementação de tecnologias no manejo de pastagens e nutrição animal podem ser chave para a melhoria dos índices zootécnicos, pois demandam pouco tempo para observação de resultados.

A produção de silagem para alimentação de ruminantes é uma tecnologia muito adotada por pecuaristas, visto que a estacionalidade na produção de forragem resulta na necessidade de suplementação dietética dos rebanhos leiteiros nos períodos de queda na produção, elevando os custos de produção total (SILVEIRA et al., 2011).

A ensilagem é um método de conservação de forragem em seu estado úmido, por meio da fermentação parcial anaeróbica, realizada por bactérias formadoras de ácido lático, as quais promovem um abaixamento do pH, inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis por um longo período de tempo, mantendo o valor nutritivo do material ensilado (REIS et al., 2014)

As forrageiras mais cultivadas com a finalidade de serem ensiladas são: milho, sorgo, capins tropicais e cana-de-açúcar (MILLEN et al, 2009; BERNARDES, 2012). As leguminosas são pouco utilizadas para silagem pois possuem alto poder tampão, o que dificulta o processo de desenvolvimento de bactérias ácido-láticas e o abaixamento pH para valores adequados, e são pouco aceitas pelos animais (LAVEZZO, 1984).

A silagem de dieta total tem por objetivo melhorar os parâmetros fermentativos de forragens com baixo valor nutritivo e alta umidade, como a cana e capim-elefante. Isso

confere uma vantagem ao processo por aliviar os custos de energia associados à pré-secagem e transporte, e, ainda, facilita a preservação do material ensilado, independentemente da composição das forragens utilizadas (WANG; NISHINO, 2008). Além disso, alimentos de baixa aceitação pelos animais, como as leguminosas, podem ser incorporados às dietas, pois melhoram o odor e o sabor através da fermentação durante a ensilagem (LOURENÇO et al., 1994).

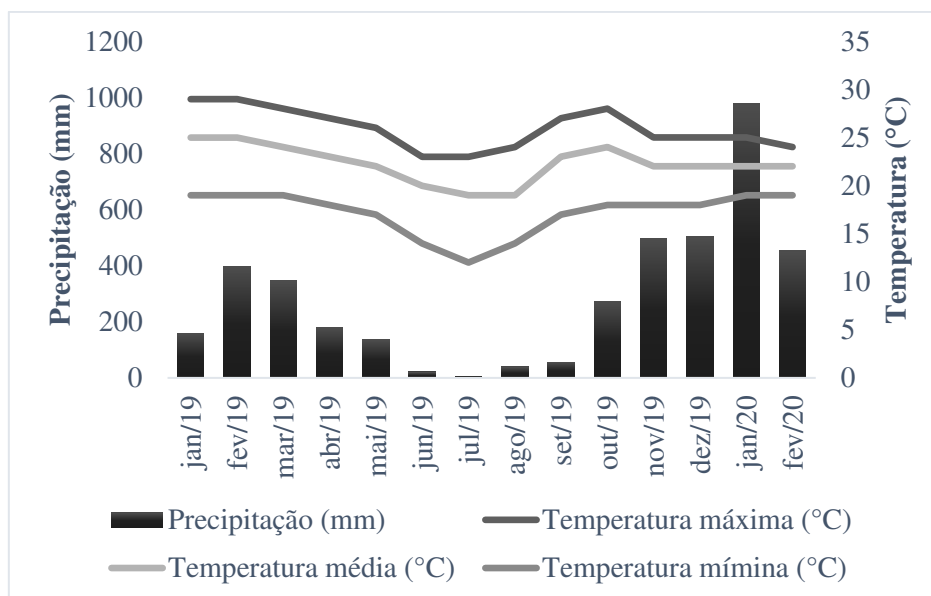
Objetiva-se por meio desse estudo avaliar a potencialidade da silagem de dieta total em reduzir as perdas por gases e efluentes, perda de matéria seca, melhorar a fermentação, valor nutritivo e digestibilidade de silagens que contém cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*), capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e feijão guandu (*Cajanus cajan*), e qual (ais) tratamento(s) é/são mais indicado(s) para vacas que produzem até 15 L.d<sup>-1</sup> de leite.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local experimental, descrição do solo e dados climáticos**

O experimento foi conduzido entre janeiro de 2019 e fevereiro de 2020, em área experimental localizada no sítio Boa Vista, distrito de Cachoeira de Santa Cruz, em Viçosa-MG, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV). O local faz parte da região da Zona da Mata de Minas Gerais e tem como coordenadas geográficas a posição 20°45'20" de latitude Sul e 45°52'40" de longitude Oeste de Greenwich e altitude de 703 m.

O clima é do tipo Cwa (mesotérmico), segundo classificação de Köppen e Geiger, com duas estações bem definidas, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. A precipitação pluviométrica média anual é de 1251 mm e a temperatura média anual é de 20,4°C (CLIMATE, 2020). Os dados climáticos do município de Viçosa, MG foram computados pela Estação Climatológica Principal de Viçosa, localizada na UFV, durante o período experimental, de janeiro de 2019 a fevereiro de 2020. A temperatura média mínima e máxima mensal, durante o experimento, oscilou entre 12°C e 29°C, respectivamente, e a média dos meses foi de 22,3°C. Já a precipitação durante o experimento foi de 4051,4 mm (Figura 1).



**Figura 1** – Médias mensais de temperatura máxima, mínima e precipitação, registrados no município de Viçosa-MG, durante o período experimental de janeiro de 2019 a fevereiro de 2020.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. As análises do solo são necessárias para verificar a necessidade de ajuste dos teores de nutrientes no solo e do pH, de acordo com a exigência da forrageira. Foi realizada coleta de amostra de solo, em 20 de agosto de 2019, com o auxílio de um trado holandês, na camada de 0-20 cm, a qual apresentava os seguintes valores de fertilidade: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,40, Ca<sup>2+</sup> = 5,92 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,51 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,00 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; H+Al<sup>3+</sup> = 2,97 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; carbono orgânico = 9,75 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; SB = 8,07 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; t = 8,07 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, T = 11,04 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, V = 73,10 %, P = 98,88 mg/dm<sup>3</sup>; K = 250,00 mg/dm<sup>3</sup> (Anexos 1 e 2).

## 2.2 Espécies vegetais, formulação de dietas e processo de ensilagem

A espécies forrageiras estudadas foram: capim elefante (*Pennisetum purpurerum*), cana de açúcar (*Saccharum* sp.) e feijão guandu (*Cajanus cajan*).

O capim elefante variedade *Cameroon* foi plantado em novembro de 2014, sendo o solo preparado com aração e gradagem à 0,3 m da superfície. O plantio foi feito em linhas, com espaçamento de 0,8 m entre sulcos e 30 centímetros de profundidade. As mudas foram dispostas em fileira dupla dentro dos sulcos e picadas em tamanhos de 20-

30 cm com uso de facão. Os cortes do capim elefante são feitos duas vezes por ano na estação chuvosa, com uso de facão e rente ao solo.

O plantio da cana de açúcar foi realizado no mês de novembro de 2015, início da estação chuvosa. Utilizou-se a variedade RB86-7515, em espaçamento de 0,8 m entre linhas e duas fileiras de cana por sulco, sendo os colmos picados em tamanhos de 20-30 cm com uso de facão. Os cortes da cana são feitos anualmente no período da seca, com uso de facão e rente ao solo.

O plantio do feijão guandu ocorreu em novembro de 2018 em sulcos, após a aração e gradagem da área, no espaçamento 0,2 x 0,8 m, em um total de 12.500 m de sulco e 62.500 sementes por hectare. Os cortes do feijão guandu são feitos duas vezes por ano na estação chuvosa, com uso de facão e a 60 cm do solo, para permitir a completa recuperação das plantas.

No dia 13 de junho de 2019 foi feito o corte e ensilagem das dietas formuladas com uso de capim-elefante, feijão guandu e cana. A abertura dos silos ocorreu em 30 de agosto de 2019, e foi realizada a coleta de amostras, em duplicata, de aproximadamente 0,3 kg para análises laboratoriais.

De acordo com a análise do solo, não foi observada necessidade de realização de adubação ou correção do solo (CFSEMG, 1999) no período das águas.

A abertura destes silos produzidos no período das águas foi realizada em 7 de agosto de 2020. O período prolongado de espera para abertura dos silos se deu em virtude da pandemia de COVID-19 e regime de quarentena adotado pela cidade de Viçosa/MG.

Após o corte das forrageiras, no período seco e das águas para a produção de silagem, a capineira de capim elefante passou por pastejo de uniformização para aproveitamento da forragem residual pelos animais e, posteriormente, por uniformização com uso de roçadeira de costal.

O processo de produção da silagem consistiu na colheita/corte das forrageiras, mistura de todos os ingredientes determinados para cada dieta total, enchimento completo dos baldes, compactação das dietas totais, fechamento com tampa dos baldes e vedação

da tampa com fita adesiva. O capim elefante, cana e feijão guandu foram utilizados na forma natural.

O cálculo das exigências nutricionais de vacas em lactação (Tabela 1) e formulação das dietas totais (Tabela 2) foram realizadas no Sistema Viçosa de Formulação de Rações (LANA, 2012), com base no NRC (2001). A composição química das dietas totais e de cada alimento/ingrediente seguem na Tabela 3.

**Tabela 1** – Exigências nutricionais de vacas acima de três semanas de lactação, que produzem até 15 L.d<sup>-1</sup> de leite, com diferentes pesos corporais.

PC	CMS	NDT	PB	PDR	EE	FDN	MM
450	14,18	63,96	14,02	10,05	5,00	28,00	2,47
500	14,89	63,01	13,78	10,06	5,00	28,00	2,47
550	15,60	62,06	13,54	10,08	5,00	28,00	2,48
600	16,31	61,11	13,30	10,10	5,00	28,00	2,49

PC = peso corporal em kg; CMS = consumo de matéria seca em kg, NDT = nutrientes digestíveis totais em % da matéria seca; PB = proteína bruta em % da matéria seca, PDR = proteína degradada no rumen; EE = extrato etéreo máximo em % da matéria seca, FDN = fibra em detergente neutro mínimo em % da matéria seca, MM = matéria mineral total entre micro e macrominerais. Cálculos realizados com base em 4,15% de gordura e 3,35% de proteína do leite.

**Tabela 2** – Formulação das dietas totais, com base na matéria natural, destinadas vacas em fase de lactação, que produzem até 15 L.d<sup>-1</sup> de leite.

Tratamentos	Cana	Fubá	FS	Ureia	SM	CE	FG
DT1	94,40	0,70	4,40	0,30	0,30		
DT2	62,50	3,90	4,50	0,30	0,40	28,40	
DT3	64,10	3,70	2,00	0,30	0,30		29,70
DT4	54,20	4,70	2,90	0,30	0,30	18,70	19,00
DT5		10,40	4,60	0,40	0,60	84,10	
DT6		10,00	2,10	0,30	0,30	57,70	29,50

DT = dieta total; FS = farelo de soja; SM = suplemento mineral; CE = capim elefante; FG = feijão guandu.

Os volumosos foram ensilados na forma natural, cortados com auxílio de um facão e, em seguida, picados em triturador forrageiro estacionário. As misturas foram armazenadas em baldes, com capacidade de 3 litros, dotados de válvula de Bunsen, para escape dos gases. No fundo do balde foram colocados sacos de tecido contendo entre 0,7 e 0,9 kg areia para captura dos efluentes. A mistura e compactação dos alimentos foi

**Tabela 3.** Composição química das dietas totais, forragens e suplementos.

	MS	MM	MO	FDNcp	FDAcp	PB	EE	LIG
<i>Tratamentos</i>								
DT1	20,28	4,43	95,57	53,20	19,85	6,82	0,48	6,40
DT2	23,60	3,82	96,18	50,55	27,72	12,32	0,47	5,96
DT3	25,94	4,47	95,53	54,96	24,04	13,45	1,32	10,92
DT4	27,07	4,15	95,85	46,29	30,26	9,84	1,58	9,22
DT5	28,07	8,54	91,46	56,69	33,67	13,16	0,89	6,22
DT6	24,33	6,34	93,66	45,62	21,18	14,10	1,10	4,78
<i>Forragens</i>								
Cana	16,43	3,30	96,70	48,00	23,74	3,86	1,00	5,57
CE*	22,69	6,25	93,75	57,30	33,17	3,13	1,48	6,85
CE**	35,25	4,41	95,59	75,36	41,03	3,20	0,87	8,68
FG*	34,49	3,85	96,15	49,29	30,93	11,98	1,74	18,71
FG*	18,88	8,84	91,16	65,79	34,65	16,41	2,00	18,08
<i>Suplementos</i>								
Fubá	87,96	1,64	98,15	13,3	3,82	9,05	4,02	-
FS	88,64	6,48	93,39	13,18	8,11	48,79	1,94	-
Ureia	97,88	0,21	99,79	-	-	100,00	-	-
SM	100,00	100,00	-	-	-	-	-	-

Médias das variáveis expressas em % com base na matéria seca; DT = dieta total; CE = capim elefante, FG = feijão guandu; \* = período da seca; \*\* = período das águas; FS = farelo de soja; SM = suplemento mineral; MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; LIG = lignina.

realizada de forma manual, colocando aproximadamente 2,2 kg de dieta total e forragem fresca por silo.

### 2.3 Determinação da composição química das silagens e pH

Para avaliação da composição química, foram coletadas amostras de 150 g do material fresco, antes da ensilagem, e após a abertura dos silos. Estas amostras foram submetidas à pré-secagem por 72 horas em estufa de ventilação forçada a 65<sup>0</sup>C e, em seguida, moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1mm.

Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) (AOAC, 1990), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteínas (FDAcp) (VAN SOEST et al., 1991), digestibilidade *in*

*vitro* da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN) segundo metodologia descrita por Detmann et al. (2012).

Para análise do pH foram coletadas 25 g de amostra, às quais foram adicionados 100 mL de água, e, após repouso por 2 horas, foi efetuada a leitura do pH, utilizando-se um pHmetro. Em outra subamostra de 25 g, foram adicionados 200 mL de uma solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,2 N, permanecendo em repouso por 48 horas para, em seguida, efetuar-se a filtragem em filtro tipo Whatman 54. Este filtrado foi armazenado em freezer para posterior análise de N-amoniaco (BOLSEN et al., 1992).

#### **2.4 Incubações *in vitro* e Estimativa de Digestibilidade das Silagens**

A análise de digestibilidade *in vitro* das silagens de dietas totais foi realizada no Setor Bovino de Leite do Departamento de Zootecnia e no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, localizado em Viçosa, MG, no período de 01 de dezembro de 2020 a 15 de dezembro de 2020. Todos os procedimentos foram conduzidos de acordo com o Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV), com protocolo nº 054/2020 (Anexo 3)

O procedimento foi realizado de acordo com metodologia proposta por Camacho et al. (2019). Foram realizadas três incubações de 48 horas *in vitro* para avaliação das dietas (TILLEY, TERRY, 1963), em fermentador artificial TE-150 (Tecnal Equipamentos Científicos, Piracicaba, SP, Brazil) (SILVA et al., 2017). As amostras foram incubadas com sacos de filtro têxtil não tecido (100 g/m<sup>2</sup>) de 4 × 4,5 cm (VALENTE et al., 2011). Em cada período de incubação, quatro alíquotas de 500 mg por amostra foram pesadas e armazenadas em sacos de filtro selados a quente.

O meio de cultura foi produzido segundo Hall & Mertens (2008), onde o inóculo ruminal foi coletado de dois bovinos fistulados no rumen, alimentados com dieta à base de cana de açúcar e concentrado (220 g PB/kg MS), com uma proporção de forragem: concentrado de 80:20. Os bovinos tiveram acesso livre à água e suplemento mineral (90 g/kg de fósforo). As coletas do inóculo ruminal (líquido e sólido) foram realizadas em vários pontos do rúmen, pouco antes do início de cada incubação. Foram coletados

separadamente líquido e material fibroso do conteúdo ruminal, duas horas após a alimentação, e armazenados em garrafas térmicas até o momento de utilização no laboratório. O material fibroso foi então batido em liquidificador por 60 segundos junto com o líquido ruminal na proporção de 1:2 (material fibroso: líquido ruminal) e com infusão contínua de CO<sub>2</sub>. O fluido foi então filtrado através de quatro camadas de gaze. As etapas da coleta do inóculo do rumen e início da incubação foram realizadas dentro de 20 minutos em uma sala climatizada (39°C).

O fermentador artificial possui quatro frascos (3.200 mL) e cada frasco recebeu aleatoriamente um tratamento. Além disso, cada frasco recebeu 25 sacos de filtro com amostras e um saco de filtro vazio. Em cada frasco, foram adicionados 400 mL de inóculo ruminal e 1.600 mL de solução tampão. O dióxido de carbono foi liberado no abertura superior de cada frasco, o qual foi fechado e colocado no fermentador artificial pré-aquecido (39°C). Após 48 h de incubação, os sacos filtrantes foram lavados com água destilada quente (90°C) até a água ficar clara, e os sacos foram pressionados suavemente para remover os gases. Em seguida, para estimar o resíduo de MS aparentemente não digerido, os sacos filtrantes foram secos em estufa (55°C/24 horas, e depois 105°C/16 horas, sequencialmente), colocados em um dessecador e pesados.

Para as avaliações da DIVFDN, sacos filtrantes contendo os resíduos de incubação foram colocados em frascos de polipropileno com tampa de rosca (120 mL; frasco de coleta universal autoclavável, Bioplast 2605, Porto Alegre, RS, Brasil) com 80 mL de solução detergente neutro e 500 µL de uma amilase estável ao calor (Termamyl 2X, Novozymes, São Paulo, Brasil). Os frascos contendo os sacos de filtro foram fechados e autoclavados por 1 hora a 105°C (BARBOSA et al., 2015). Depois disso, os sacos filtrantes foram lavados com água destilada quente (90°C) e acetona. Os procedimentos de secagem e pesagem foram realizados como previamente descrito.

A DIVMS e DIVFDN (D, g/kg) foram calculados de acordo com a equação:

$$D = \{[M - (R - B)]/M\} * 100$$

em que: M é a massa incubada de MS (g); R é o resíduo não digerido de MS ou FDN (g); e B é o resíduo MS ou FDN em sacos filtrantes vazios (g).

As concentrações de N-amoniacoal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) foram medidas em 0 e 48 h de incubação. O conteúdo de cada frasco foi transferido para 50 mL béquer e o pH foi medido usando um potenciômetro digital (Quimis, São Paulo, Brasil). Em seguida, 1 mL de uma solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (500 mL/L) foi adicionado em cada eppendorf, e todos os eppendorfs foram mantidos a  $4^\circ\text{C}$  até a análise de  $\text{NH}_3\text{-N}$ . O N-amoniacoal foi estimado por reações colorimétricas catalisadas por indofenol (método INCT-CA N- 006/1; DETMANN et al., 2012).

## 2.5 Determinação do fracionamento de carboidratos

O sistema Cornell (Cornell Net Carbohydrate and Protein System" - CNCPS) avalia as frações dos carboidratos dos alimentos acordo com características de solubilidade e degradação ruminais distintas. Neste sistema, os carboidratos são classificados como não-estruturais (CNE), que compreendem as frações A (açúcares e ácidos orgânicos) e B<sub>1</sub> (amido e compostos fibrosos solúveis), e estruturais (CE), constituídos pelas frações B<sub>2</sub> (carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis) e C (carboidratos fibrosos indegradáveis), que correspondem às frações da FDNcp (VAN SOEST et al., 1991; SNIFFEN et al., 1992 VAN SOEST, 1994).

O fracionamento de Carboidratos foi obtido segundo Sniffen et al. (1992), sendo as frações A + B<sub>1</sub> representadas pelos carboidratos não fibrosos:

$$\text{CNF} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{FDNcp} + \% \text{MM})$$

e os carboidratos totais:

$$\text{CT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$$

onde: a fração C foi determinada pela porcentagem de lignina multiplicada por 2,4, e a fração B<sub>2</sub> pela diferença entre FDNcp – Fração C. O FDNcp equivale à fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas.

## 2.6 Determinação das perdas durante o processo de ensilagem

As perdas de matéria seca nas silagens sob as formas de gases e efluentes foram quantificadas por diferença de peso conforme a metodologia de JOBIM et al. (2007), de acordo com as equações abaixo:

$$G (\% \text{ MS}) = [(Pbchf - Pbcha)/(MVfi \times MSfi)] \times 10000$$

onde: G (% MS) = perdas por gases; Pbchf = peso do balde cheio (kg) no fechamento da silagem; Pbcha = peso do balde cheio (kg) na abertura; Mvfi = massa verde (kg) de forragem ensilada; Msfi = matéria seca (%) da forragem ensilada.

As perdas por efluentes foram calculadas de acordo com as equação a seguir, baseadas na diferença de peso da areia colocada no fundo do balde por ocasião do fechamento e abertura dos silos experimentais.

$$E (\text{kg/ton MV}) = \{[(Pbvaa - Tb) - (Pba - Tb)]/MVfi\} \times 100$$

onde: E (kg/ton MV) = perdas por efluente; Pbvaa = peso do balde vazio com areia (kg) na abertura da silagem; Tb = tara do balde; Pba = peso do balde com areia (kg) antes da colocação da forragem para a confecção da silagem; Mvfi = massa verde de forragem (kg) utilizada na confecção da silagem.

A recuperação da matéria seca (RMS) foi estimada através da equação:

$$\text{RMS} (\%) = [(MSi \times MSsi)/(MVfo \times MSfo)] \times 100$$

onde: RMS (%) = recuperação de matéria seca em porcentagem; Msi = massa da silagem (kg) na abertura dos silos; Mssi = Matéria seca da silagem (%) na abertura dos silos; Mvfo = massa verde de forragem (kg) na hora da ensilagem; Msfo = matéria seca da forragem (%) na hora da ensilagem.

## 2.7 Análises Estatísticas

Para as aplicações das análises estatísticas foi utilizado o programa R versão 4.0.4 (2021) com o aplicativo RStudio versão 1.4.1106 -© 2009-2021.

Para a análise estatística dos resultados foram realizadas análises de normalidade dos resíduos (Teste de Shapiro-Wilk) e análise de homocedasticidade das variâncias (Teste de Levene). O Delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. Para avaliar o efeito dos tratamentos foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis com ajuste de Bonferroni seguido do teste de Dunn, utilizando os pacotes PMCMR (POHLERT, 2014), dunn.test (DINNO, 2017) e Agricolae. As diferenças foram consideradas significantes quando o p-valor calculado foi menor que 0,05. Os scripts para realização da análise estatística do experimento estão disponíveis no Anexo 4.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Composição químico-bromatológica

A composição químico-bromatológica das silagens analisadas está apresentada na Tabela 4.

**Tabela 4.** Composição químico-bromatológica das silagens de dietas totais destinadas à vacas com produção de até 15 L de leite por dia.

Variáveis	SDT1	SDT2	SDT3	SDT4	SDT5	SDT6	P-valor
MS	27,50 ± 0,26 <sup>E</sup>	29,40 ± 0,35 <sup>D</sup>	29,90 ± 0,44 <sup>C</sup>	31,20 ± 0,51 <sup>B</sup>	27,90 ± 1,90 <sup>E</sup>	34,00 ± 7,08 <sup>A</sup>	<0,001
MM	4,51 ± 0,17 <sup>E</sup>	6,00 ± 0,11 <sup>C</sup>	4,47 ± 0,19 <sup>E</sup>	4,75 ± 0,24 <sup>D</sup>	8,78 ± 0,33 <sup>A</sup>	7,31 ± 0,29 <sup>B</sup>	<0,001
PB	13,10 ± 1,04 <sup>AB</sup>	14,7 ± 0,88 <sup>A</sup>	12,9 ± 0,37 <sup>B</sup>	13,3 ± 0,31 <sup>AB</sup>	14,3 ± 2,03 <sup>AB</sup>	14,50 ± 1,40 <sup>AB</sup>	0,0359
EE	1,48 ± 0,05 <sup>D</sup>	1,66 ± 0,10 <sup>C</sup>	1,80 ± 0,11 <sup>BC</sup>	1,30 ± 0,12 <sup>E</sup>	2,00 ± 0,08 <sup>B</sup>	2,68 ± 0,20 <sup>A</sup>	<0,001
FDN <sub>cp</sub>	40,50 ± 5,97 <sup>B</sup>	41,90 ± 1,92 <sup>B</sup>	34,40 ± 13,40 <sup>B</sup>	39,90 ± 6,10 <sup>B</sup>	58,20 ± 8,85 <sup>A</sup>	42,30 ± 0,92 <sup>AB</sup>	0,0045
FDA <sub>cp</sub>	26,00 ± 1,68 <sup>CD</sup>	26,70 ± 3,79 <sup>C</sup>	27,10 ± 1,57 <sup>BC</sup>	30,30 ± 3,00 <sup>AB</sup>	34,40 ± 4,03 <sup>A</sup>	24,00 ± 1,06 <sup>D</sup>	<0,001
LIG	4,30 ± 0,74 <sup>C</sup>	4,32 ± 0,23 <sup>C</sup>	8,49 ± 0,46 <sup>A</sup>	8,10 ± 0,28 <sup>AB</sup>	6,32 ± 0,99 <sup>B</sup>	4,71 ± 0,48 <sup>C</sup>	<0,001

Medianas das variáveis expressas em %MS, seguidas pelo intervalo interquartil.

SDT = silagem de dieta total; MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica; FDN<sub>cp</sub> = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDA<sub>cp</sub> = fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína, PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DIVFDN = digestibilidade *in vitro* da FDN.

Valores seguidos de letras diferentes, na linha, diferem (P<0,05) pelo teste de Kruskal-Wallis com ajuste de Bonferroni.

n = 6.

O teor de MS adequado para boa fermentação da forragem é entre 28 e 40%, pois a disponibilidade de água interfere na atividade dos microorganismos da massa ensilada, além de influenciar nas perdas por efluentes (REIS et al., 2014). Todos os tratamentos avaliados apresentaram teor de MS dentro da faixa considerada ideal, mesmo sem a realização da pré-secagem da forragem antes do processo de ensilagem. Os teores de MS observados nesse estudo foram mais baixos do que os descritos por Xu et al. (2007b) de 43,10% MS ao utilizar diferentes níveis de resíduo de café úmido em silagens de dieta total, e Chen et al. (2019) entre 42,5-43,4% de MS ao utilizar DDG, caroço de algodão e bactérias homoláticas na silagem de dieta total.

Os teores de MM das SDT apresentaram de 81,05 a 254,03% superiores à exigência animal determinada pelo NRC (2001), entre macro e microminerais, que seria entre 2,47% e 2,49% para animais de PC entre 450 e 600 kg. Apesar da intoxicação por minerais ser pouco comum, ela pode ocorrer quando há ingestão súbita, de quantidades excessivas e por períodos prolongados, por exemplo de NaCl e cobre (TOKARNIA, 2010). Além disso, a suplementação desnecessária pode impactar 3-4 vezes a mais nos custos com alimentação do rebanho, influenciar negativamente a absorção de outros minerais e/ou excreção dos minerais nas fezes. Por exemplo: ao ingerir excesso de sulfato de ferro, haverá redução na absorção de fósforo e cobre. Por isso, a suplementação mineral deve ser realizada somente quando realmente for necessária (TOKARNIA, 2010).

O teor de PB calculado com base no NRC (2001) foi entre 13,30% e 14,02%. Todas as silagens, exceto a SDT3, estão dentro dos limites calculados para a exigência animal estabelecida para este estudo. Os resultados das amostras apresentaram amplitude de variação entre  $\pm 0,31\%$  a  $\pm 2,03\%$ , o que indica a dificuldade no processo de mistura/homogenização dos ingredientes antes da ensilagem, principalmente das silagens de DT que continham feijão guandu em sua composição. Outros fatores que podem influenciar na variação do teor de PB do feijão guandu são: altura da planta, altura de corte, época de corte, proporção de vagens e folhas (23,25% PB), fração lenhosa (5,43% PB) ou toda a fração útil para forragem (14,87% PB) (SEIFFERT et al., 1983).

Com relação ao EE, todas as SDT diferiram significativamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0.001$ ). Dentre os alimentos utilizados, o fubá é o que possui o mais

alto teor de EE, seguido pelo feijão guandu e farelo de soja (Tabela 3). Por isso, as SDT com maiores níveis de inclusão desses alimentos apresentam os maiores teores de EE (SDT6 com 2,68%) enquanto os com menores níveis de inclusão desses alimentos apresentaram menores teores de EE (SDT4 com 1,30%).

A exigência nutricional de FDN mínima para vacas em lactação produzindo 15 L de leite por dia com PC entre 450-600 kg calculada é de 28%. O NRC (2001) recomenda no mínimo de 25% de FDN, devido a possibilidade de alterações de pH no rúmen e queda do CMS (consumo de matéria seca) pelos animais (ERDMAN, 1988), e, conseqüentemente, o desenvolvimento de distúrbios metabólicos (OWENS et al., 1998). Todas as SDT produzidas neste experimento atendem a essa exigência nutricional animal.

A silagem SDT3 apresentou o menor teor de FDN<sub>cp</sub>, mas não diferiu significativamente das SDT1, SDT2, SDT4 e SDT6. A silagem SDT5 apresentou maior teor de FDN<sub>cp</sub> (58,20%), e também não diferiu significativamente SDT6 (P>0,05). A SDT5, baseada em capim elefante e aditivos, por apresentar alto teor de FDN<sub>cp</sub> na dieta, pode ocasionar repleção ruminal, diminuição do consumo voluntário e limitação do CMS por vacas em fase de lactação (MAGALHÃES, 2004).

A lignina atua como barreira mecânica aos microrganismos ruminais e as hidrolases secretadas por estes, o que os impede de acessarem as frações de hemicelulose e celulose da fibra (GOMES et al., 2015). O feijão guandu tem 18,08-18,71% de lignina (Tabela 3). Os tratamentos SDT3 e SDT4 apresentaram os mais altos teores de lignina, pois apresentam feijão guandu em sua composição. Em contrapartida, SDT1, SDT2 e SDT6 apresentaram os menores teores de lignina.

### **3.2 Fracionamento de carboidratos**

Além do FDN<sub>cp</sub> e lignina, podemos mensurar o valor nutritivo de dietas e forragens de acordo com o fracionamento dos carboidratos (VAN SOEST et al., 1991). A Tabela 5 apresenta as informações referentes ao fracionamento dos carboidratos das SDT1 a SDT6.

**Tabela 5.** Fracionamento de carboidratos das silagens de dietas totais destinadas a vacas com produção de até 15 L de leite por dia.

Variável	SDT1	SDT2	SDT3	SDT4	SDT5	SDT6	P-valor
<i>CT</i>	86,70 ± 0,74 <sup>A</sup>	83,20 ± 1,38 <sup>B</sup>	86,50 ± 0,51 <sup>A</sup>	86,00 ± 1,15 <sup>A</sup>	80,10 ± 1,71 <sup>C</sup>	80,90 ± 1,43 <sup>BC</sup>	<0,001
<i>A+B1</i>	45,90 ± 5,32 <sup>AB</sup>	42,10 ± 2,98 <sup>AB</sup>	52,50 ± 14,30 <sup>A</sup>	46,70 ± 6,38 <sup>A</sup>	22,00 ± 6,06 <sup>C</sup>	38,70 ± 2,72 <sup>BC</sup>	<0,001
<i>B2</i>	30,00 ± 5,03 <sup>BC</sup>	31,60 ± 1,59 <sup>B</sup>	20,00 ± 11,10 <sup>CD</sup>	20,70 ± 6,40 <sup>D</sup>	42,60 ± 6,10 <sup>A</sup>	31,50 ± 1,08 <sup>B</sup>	<0,001
<i>C</i>	10,30 ± 1,77 <sup>C</sup>	10,40 ± 0,56 <sup>C</sup>	20,40 ± 1,08 <sup>A</sup>	19,50 ± 0,67 <sup>AB</sup>	15,20 ± 2,38 <sup>B</sup>	11,30 ± 1,16 <sup>C</sup>	<0,001
<i>DIVMS</i>	74,0 ± 1,82 <sup>A</sup>	71,9 ± 7,26 <sup>AB</sup>	65,0 ± 3,65 <sup>CD</sup>	53,7 ± 3,95 <sup>D</sup>	68,2 ± 5,85 <sup>BC</sup>	72,00 ± 2,64 <sup>AB</sup>	<0,001
<i>DIVFDN</i>	79,70 ± 4,67 <sup>AB</sup>	79,40 ± 9,27 <sup>AB</sup>	83,20 ± 1,84 <sup>A</sup>	84,30 ± 3,25 <sup>A</sup>	83,40 ± 5,35 <sup>AB</sup>	75,10 ± 4,46 <sup>B</sup>	0,0213

SDT = silagem de dieta total; CT = carboidratos totais (%MS); CNE: A+B1 = fração A+B1 (%CT); CE: B2 = fração potencialmente digerível (%CT), C = fração indigerível (%CT).

Valores seguidos de letras diferentes, na linha, diferem (P<0,05) pelo teste de Kruskal-Wallis com ajuste de Bonferroni.

Medianas seguidas pelo intervalo interquartil.

N = 6.

O uso de farelos de soja, fubá, suplemento mineral e ureia modificaram as proporções das frações de carboidratos. A fração A+B1 é representada por açúcares solúveis com rápida degradação no rúmen (SNIFFEN et al., 1992), enquanto a fração C indica a fração de carboidratos indisponível nos compartimentos digestivos dos ruminantes (FAVORETO et al., 2008). A adição de ureia pode causar ruptura de ligações do tipo éster entre os carboidratos estruturais, elevando a digestibilidade do material ensilado (BOLSEN et al., 2000). As SDT1 e SDT2 apresentaram grandes proporções da fração A+B1 e menores proporções da fração C, possivelmente por isso apresentaram as maiores DIVMS dentre os tratamentos estudados (P<0,001). As silagens DT3 e DT4 compostas por cana e feijão guandu apresentaram as maiores proporções da fração A+B1 e fração C, e a lignina possivelmente influenciou negativamente a DIVMS (P<0,001). As SDT5 e SDT6 são as silagens com maiores níveis de inclusão de aditivos (13% e 16%, respectivamente) e apresentam maiores proporções da fração B2. A SDT6 apresentou maior proporção da fração A+B1 e menor proporção da fração C, comparado a SDT5, apresentando assim maior DIVMS.

### 3.3 Qualidade e perdas da silagem

A densidade das silagens, os parâmetros fermentativos, as perdas por gases e efluentes, além da perda de MS são representados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Densidade do silo, parâmetros fermentativos e perdas por gases e efluentes de silagens de dietas totais.

Variáveis	SDT1	SDT2	SDT3	SDT4	SDT5	SDT6	P-valor
p	510 ± 28,30 <sup>AB</sup>	467 ± 29,20 <sup>B</sup>	474 ± 16,30 <sup>B</sup>	473 ± 22,40 <sup>B</sup>	640 ± 3,88 <sup>A</sup>	612 ± 28,90 <sup>A</sup>	0,0015
pH	3,88 ± 0,05 <sup>C</sup>	4,01 ± 0,04 <sup>AB</sup>	4,10 ± 0,07 <sup>A</sup>	4,14 ± 0,02 <sup>A</sup>	3,94 ± 0,12 <sup>BC</sup>	3,98 ± 0,32 <sup>AB</sup>	<0,001
N-NH <sub>3</sub>	13,40 ± 2,47 <sup>A</sup>	12,50 ± 1,71 <sup>A</sup>	14,60 ± 1,99 <sup>A</sup>	13,80 ± 1,04 <sup>A</sup>	9,12 ± 2,66 <sup>A</sup>	9,06 ± 3,30 <sup>A</sup>	0,1861
PG	0,09 ± 0,04 <sup>AB</sup>	0,06 ± 0,02 <sup>C</sup>	0,07 ± 0,02 <sup>BC</sup>	0,06 ± 0,01 <sup>BC</sup>	1,65 ± 0,05 <sup>A</sup>	1,88 ± 0,07 <sup>A</sup>	0,0014
PE	3,54 ± 0,29 <sup>A</sup>	2,02 ± 0,37 <sup>B</sup>	2,16 ± 0,18 <sup>AB</sup>	1,77 ± 1,60 <sup>B</sup>	2,20 ± 0,52 <sup>AB</sup>	2,19 ± 0,26 <sup>AB</sup>	0,0239
PMS	28,60 ± 1,29 <sup>A</sup>	20,30 ± 1,80 <sup>A</sup>	11,20 ± 1,89 <sup>B</sup>	10,30 ± 4,13 <sup>B</sup>	7,38 ± 5,89 <sup>B</sup>	24,70 ± 10,40 <sup>A</sup>	<0,001

SDT = silagem de dieta total; p = densidade do silo em kg/m<sup>3</sup>; N-NH<sub>3</sub> = nitrogênio-anioniacal após abertura dos silos em % N total; PG = perdas por gases; PE = perdas por efluentes; PMS = perdas de matéria seca. Valores seguidos de letras diferentes, na linha, diferem (P<0,05) pelo teste de Kruskal-Wallis com ajuste de Bonferroni.

Medianas seguidas pelo intervalo interquartil.

N = 6.

O uso de alimentos como aditivos no processo de ensilagem de gramíneas tropicais é uma alternativa sustentável, pode corrigir problemas como a proliferação de microrganismos indesejáveis, além da perda por gases e efluentes, resultantes do excesso de umidade e baixa concentração de carboidratos solúveis (ANTONIO, 2016; McDONALD, 1991).

O tamanho de partículas está relacionado a densidade de compactação da matéria verde nos silos (NEUMANN et al., 2007). As SDT1, SDT5 e SDT6 apresentaram as maiores densidades e, de acordo com Velho et al. (2007), maiores densidades de compactação resultam em melhor conservação dos carboidratos solúveis, em menor alteração dos carboidratos estruturais e em menor proteólise nas silagens.

Apesar das silagens de dietas totais terem apresentado diferenças significativas, todas se encontravam dentro da faixa de pH considerada ótima (entre 3,8 e 4,5), sendo possível assim afirmar que a fermentação ocorreu de forma adequada e as silagens apresentaram boa qualidade, mesmo com o uso de leguminosas (KUNG et al. 2018; NUSSIO et al., 2009). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Nishino et al. (2015), que avaliaram silagens de dietas totais com uso de capim e obteve valores de pH de 4,2 a 4,5. Silos com maiores densidades apresentam menor concentração de oxigênio, favorecem a rápida fermentação láctica pelos microrganismos e proporciona uma maior queda e estabilização do pH e nitrogênio amoniacal (TAVARES et al.,2009).

Segundo Santos et al. (2010), o nitrogênio amoniacal é um dos parâmetros mais importantes na determinação da qualidade do processo fermentativo da massa ensilada, pois indica a quantidade de proteína degradada durante a fase de fermentação. Silagens mal preservadas apresentam teores de N-NH<sub>3</sub> superiores a 10% (McDONALD et al. 1991). Apenas as silagens de DT5 e DT6 apresentaram teores de N-NH<sub>3</sub> abaixo de 10%. Entretanto, não foi observada diferença estatística entre os tratamentos (P>0,05). Antonio (2016), ao estudar silagens de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés aditivadas com farelos como aditivos sequestrantes de umidade, observou teores de N-NH<sub>3</sub> entre 1,86 e 3,99%, muito abaixo dos observados no presente estudo.

Fermentações indesejáveis podem ocorrer quando gramíneas de alta umidade são ensiladas, resultando em perdas por efluentes e perdas de nutrientes (PANDITHARATNE et al., 1986). A ensilagem de dietas totais promove o aumento dos teores de matéria seca, sendo essa uma das principais razões para o sucesso na redução da produção de gases e efluentes e nas perdas de matéria seca. As SDT1 (0,09%), SDT5 (1,64%) e SDT6 (1,88%) foram os tratamentos que apresentaram maiores perdas por gases. Porém, todos os tratamentos desse estudo resultaram em menores perdas do que as observadas por Zopollatto (2009) ao avaliar silagens exclusivas de capim (4,7%) ou cana (17,9%).

A SDT1 apresentou a maior perda por efluentes (3,54%), pois a única fonte de volumoso desse tratamento é a cana-de-açúcar. Gentil et al. (2007) relatam que a inclusão da ureia, além dos aditivos sequestrantes de umidade, durante a ensilagem da cana-de-açúcar, exerce papel fungistático, propicia melhor padrão fermentativo, e, em doses adequadas, corrige o baixo teor de proteína bruta encontrada na cana-de-açúcar, quando comparamos com silagens exclusivas de cana (ZOPOLLATTO et al., 2009). A SDT3 possui cana, feijão guandu e aditivos em sua formulação; por isso, observamos menor efeito negativo da cana nas perdas por gases, efluentes e perda de matéria seca quando a comparamos com SDT1 (P<0,001).

As SDT3, SDT4 e SDT5 apresentaram menores perdas de MS e não diferiram significativamente entre si (P>0,05), indicando dessa forma a maior efetividade desses tratamentos em promover diminuições de perdas totais de MS. Esses valores estão de

acordo com os obtidos por Gusmão (2017), que em silagens de dieta total observou perdas de MS entre 4,07 e 8,65%.

#### 4 CONCLUSÕES

Silagens dietas totais de gramíneas e leguminosas, como o feijão guandu podem apresentar boa qualidade quando associados a alimentos com alto teor de matéria seca, como o farelo de soja e fubá, pois estes alimentos atuam como aditivos sequestrantes de umidade na silagem. As silagens de dietas totais 3 e 5 apresentaram melhores parâmetros fermentativos, composição bromatológica e menores perdas durante o processo de ensilagem, e são capazes de atender a exigência nutricional de vacas em lactação, produzindo até 15 L de leite por dia.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIO, P. Aditivos proteicos sequestrantes de umidade na ensilagem de gramíneas tropicais. p. 66, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15 ed. Arlington. 1117p

BAILEY, L.H. **Manual of cultivated plants**. Rev. ed. New York: Macmillan Publishing, 1977. p.579.

BARBOSA, M.M.; DETMANN, E.; ROCHA, G.C.; FRANCO, M.O.; VALADARES FILHO, S.C. Evaluation of laboratory procedures to quantify the neutral detergent fiber content in forage, concentrate and ruminant feces. **Journal of AOAC International**, v.98, p.883-889, 2015.

BERNARDES, T. F.; NUSSIO, L. G.; AMARAL, R. C. Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. **Grass Forage**

**Science**, v. 70, p. 491–498, 2012.

BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, C.R.; FEYERHERM, A.M.; URBAN, J.E.; AIMUTIS, W.R. Effect the silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.

BOLSEN, K.K.; WILKINSON, M.; LIN, C.J. Biotechnology in the feed industry: evolution of silage and silage inoculants. In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 16, 2000, Nottingham. Proceedings... Nottingham: Nottingham University Press, 2000. P. 35.

CAMACHO, L. F. et al. Evaluation of buffer solutions and urea addition for estimating the in vitro digestibility of feeds. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 2, p. 922–931, 2019.

Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes 1999 em Minas Gerais - 5<sup>a</sup> Aproximação** / Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., Editores. – Viçosa, MG, 1999. 359p.

CHEN, L. et al. Effects of applying lactic acid bacteria and propionic acid on fermentation quality, aerobic stability and in vitro gas production of forage-based total mixed ration silage in Tibet. **Animal Production Science**, v. 59, n. 2, p. 376–383, 2019.

CLIMATE. **Clima Viçosa**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/south-america/brazil/minas-gerais/vicosa-25021/>>, Acesso em: 18 de abril de 2021.

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.; AZEVEDO, J.A.G. (Eds.) **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.

DIEHL, M.S.; OLIV, C.J.; AGNOLIN, C.A.; BRATZ, V.F.; BEM, C.M.; AGÜIRRE, P.F., GLIENKE, C.L.; CORREA, M.R.; SERAFIM, G. Produtividade de sistemas

forrageiros consorciados com leguminosas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n.5, p. 1527-1536, 2013.

DINNO, A. 2017. Dun.test: Dunn's test for multiple comparisons using rank sums. R package version 1.3.2. Disponível em :<<https://CRAN.R-project.org/package=dunn.test>. Acesso em: 08 de maio de 2021.

ERDMAN, Richard. Dietary Buffering Requirements of the Lactating Dairy Cow: A Review1. **Journal of Dairy Science**, v. 71, p. 3246-3266, 1988.

FAVORETO, M.G.; DERES, Z.F.; FERNANDES, A.M.; VIEIRA, R.A.M.; FONTES, C.A.A. Avaliação nutricional da grama estrela cv, Africana para vacas leiteiras em condições de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 319-327, 2008.

FERREIRA, S. Fatores que afetam o consumo alimentar de bovinos. **Arquivos de Pesquisa Animal**, v. 2, n. 1, p. 9–19, 2013.

FONSECA, D. M. DA; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010.

GENTIL, R.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivo químico ou microbiano para cordeiros. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.29, n.1, p.63-69, 2007.

GOMES, R. C. Estratégias alimentares para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**, p. 119–140, 2015.

GUSMÃO, J.O.; DANES, M. A. C.; CASAGRANDE, D. R.; BERNARDES, T. F. Total mixed ration silage containing elephant grass for small-scale dairy farms. **Grass Forage Science**, n. April, p. 1–10, 2018.

HALL, M. B.; MERTENS, D. R. Technical Note: Effect of sample processing procedures on measurement of starch in corn silage and corn grain. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 4830–4833, 2008.

LANA, R.P. **Sistema Viçosa de Formulação de Rações**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. Segunda reimpressão, 2012.

LAVEZZO, W. Parâmetros de avaliação química de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.), submetidas ao emurchamento, formol, ácido fórmico e suas misturas. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 12 (4), p. 706-19, 1984.

LOURENÇO, A.J.; MATSUI, E.; DELISTOIANOV, J. Composição botânica da forragem disponível e da selecionada por bovinos em pastos de capim-colônião consorciado com centrosema e, ou, galáctia, com ou sem acesso a banco de proteínas de guandu. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.100-109, 1994.

JOBIM, C.B.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2017) - Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 15 de março de 2021.

MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. Cana-de açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1292-1302, 2004.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. The biochemistry of silage. s.l.: Scholium International, 1991. 155p.

HALL, M. B.; MERTENS, D. R. Technical Note: Effect of sample processing procedures on measurement of starch in corn silage and corn grain. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.4830–4833, 2008.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B.; GALYEAN, M. L.; VASCONCELOS, J. T.. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3427-3439, 2009

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th. rev. ed. Washington, D.C., 2001. 381p.

NEUMANN, M., MUHLBACH, P. R. F., NÖRNBERG, J. L., OST, P. R., RESTLE, J., SANDINI, I. E., & ROMANO, M. A. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. **Ciência Rural**, v.37, p. 847-854. 2007.

NISHINO, N. et al. Identification of bacteria in total mixed ration silage produced with and without crop silage as an ingredient. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 1, p. 45–50, 2015.

OWENS, F. N. et al. Acidosis in Cattle: A Review. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 1, p. 275–286, 1998.

PANDITHARATNE, S. et al. Ensiling characteristics of tropical grasses as influenced by stage of growth, additives and chopping length. **Journal of Animal Science**, v. 63, p.197-207, 1986.

POHLERT, T. 2014. The pairwise multiple comparison of mean ranks package (PMCMR). R package. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=PMCM>> Acesso em: 05 de maio de 2021.

REIS, R. A. ; BERNARDES, T. F. ; SIQUEIRA, G. R.. **Forragicultura. Ciência, Tecnologia e Gestão dos recursos Forrageiros**. 1. ed. Jaboticabal: Gráfica e editora multipress, v. único, 2014. 714p.

SANTOS, L.G.R.; PEREIRA, A.L.A.; NEVES, G.G.L.; ARAÚJO, T.V.; VOLTOLINI, L.G.N.; BRANDÃO, A.S.L.; ARAGÃO, J. R. R. D. Características de fermentação da silagem de seis variedades de milho indicadas para a região semiárida brasileira. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 6, p. 1423–1429, 2010.

SEIFFERT, N.F.; THIAGO, L. R. L. S. **Legumineira - Cultura forrageira para produção de proteína**: IV. Campo Grande: [s.n.].

SILVEIRA, I.D.B.; PETERS, M.D.P.; STORCH, T.; ZIGUER, E.A.; FISCHER, V.

Simulação da rentabilidade e viabilidade econômica de um modelo de produção de leite em free-stall. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 2, p. 392-398, 2011.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II – Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

TAVARES, V. B., PINTO, J. C., EVANGELISTA, A. R., FIGUEIREDO, H. C. P., ÁVILA, C. L. da S., DE LIMA, R. F. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.40-49. 2009.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Grass Forage Science**, v.18, p.104-111, 1963.

TOKARNIA, C.H.; PEIXOTO, P.V.; BARBOSA, J.D.; BRITO, M.F.; DOBEREINER, J.. **Deficiências minerais em animais de produção**. Rio de Janeiro: Helianthus, 2010. 200p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG: manual do usuário**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 138p. (Versão 8.0).

VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; CUNHA, M.; QUEIROZ, A.C.; SAMPAIO, C.B. In situ estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.666-675, 2011.

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

VELHO, J. P. et al. Chemical composition of maize silages with different packing densities | Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2007.

VILELA, D. Políticas Para O Leite No Brasil : Passado , Presente E. n. i, p. 1–22, 2002.

WANG, F; NISHINO, N. Resistance to aerobic deterioration of total mixed ration silage: effect of ration formulation, air infiltration and storage period on fermentation characteristics and aerobic stability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. November 2008, p. 133–140, 2008.

XU, C. et al. Nutritive value for ruminants of green tea grounds as a replacement of brewers' grains in totally mixed ration silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, n. 3–4, p. 228–238, 2007a.

XU, C. C. et al. Fermentation quality and nutritive value of a total mixed ration silage containing coffee grounds at ten or twenty percent of dry matter. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 4, p. 1024–1029, 2007b.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, Suplemento Especial, p.170-189, 2009.

## CAPÍTULO II

### SILAGEM DE DIETA TOTAL COM FEIJÃO GUANDU PARA VACAS EM LACTAÇÃO

#### RESUMO

Aditivos sequestrantes de umidade e fornecedores de nutrientes são bastante utilizados no Brasil, principalmente para ensilagem de gramíneas tropicais. A silagem de de dieta total (SDT) é uma mistura de forragens, grãos, rações proteicas, minerais, vitaminas e aditivos, sendo esta posteriormente ensilada. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a potencialidade da silagem de dieta total em reduzir as perdas por gases e efluentes, perda de matéria seca, melhorar a fermentação, valor nutritivo e digestibilidade de silagens que contém cana (*Saccharum sp.*), milho (*Zea mays*) e feijão guandu (*Cajanus cajan*), e qual (ais) tratamento(s) é/são mais indicado(s) para vacas que produzem até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite. O experimento foi implementado na fazenda Boa Vista, distrito de Cachoeira de Santa Cruz, Viçosa-MG, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV). O cálculo das exigências nutricionais de vacas em lactação e formulação das dietas totais foram realizadas no Sistema Viçosa de Formulação de Rações, com base no NRC (2001). Para as aplicações das análises estatísticas foi utilizado o programa R versão 4.0.4 (2021) com o aplicativo RStudio versão 1.4.1106 -© 2009-2021. Para avaliar o efeito dos tratamentos foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis com ajuste de Bonferroni, seguido do teste de Dunn. Houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos em todos os parâmetros avaliados, exceto FDN<sub>cp</sub>. As silagens dietas totais de cana de açúcar e leguminosas, como o feijão guandu, podem apresentar boa qualidade quando associados a alimentos com alto teor de matéria seca, como o farelo de soja e fubá, pois estes alimentos atuam como aditivos sequestrantes de umidade, fornecem substrato para melhoria do padrão fermentativo e fracionamento de carboidratos das silagens. As SDT2 e SDT4, produzidas com feijão guandu, apresentaram melhores parâmetros fermentativos, composição bromatológica e menores perdas durante o processo de ensilagem. Dentre as silagens citadas, somente SDT4 é capaz de atender a exigência nutricional de vacas em lactação, produzindo até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite sem necessidade de suplementação proteica.

**Palavras-chave:** ração para ruminantes com feijão guandu, silagem de leguminosa, silagens mistas.

## TOTAL MIXED RATIONS WITH PIGEON PEA FOR LACTATING COWS

### ABSTRACT

Moisture sequestering additives and nutrient suppliers are widely used in Brazil, mainly for silage of tropical grasses. Total mixed ration silage (TMR silage) is a mixture of forages, grains, protein feed, minerals, vitamins and additives, which is then ensiled. The objective of this work was to evaluate the potential of total diet silage to reduce gas and effluent losses, dry matter loss, improve fermentation, nutritional value and digestibility of silages containing sugarcane (*Saccharum* sp.), corn (*Zea mays*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*), and which treatment(s) is/are most suitable for cows that produce up to 25 L.d<sup>-1</sup> of milk. The experiment was implemented on the Boa Vista farm, district of Cachoeira de Santa Cruz, Viçosa-MG, belonging to the Federal University of Viçosa (UFV). Estimation of nutritional requirements of lactating cows and the formulation of total diets were performed in the Viçosa Feed Formulation System, based on the NRC (2001). For the applications of the statistical analysis, the R program version 4.0.4 (2021) with the RStudio application version 1.4.1106 -© 2009-2021 was used. To assess the effect of treatments, the non-parametric Kruskal-Wallis test with Bonferroni adjustment was used, followed by the Dunn test. There was difference (P<0.05) between treatments in all parameters evaluated, except NDFap. The total diets of sugarcane and legumes, such as pigeon pea, can be of good quality when combined with foods with high dry matter content, such as soybean meal and corn meal, as these foods act as moisture sequestering additives, provide substrate to improve the fermentation pattern and fractionation of carbohydrates in silages. SDT2 and SDT4, produced with pigeon pea, showed better fermentation parameters, chemical composition and lower losses during the ensiling process. From the aforementioned silages, only SDT4 is able to meet the nutritional requirement of lactating cows, producing up to 25 L.d<sup>-1</sup> of milk without the need for protein supplementation.

**Keywords:** legume silage, mixed silage, ruminant feed with pigeon pea.

## 1 INTRODUÇÃO

Aditivos sequestrantes de umidade e fornecedores de nutrientes são bastante utilizados no Brasil, principalmente para ensilagem de gramíneas tropicais. Além de corrigir a MS, alguns aditivos fornecem carboidratos solúveis (SCHMIDT et al., 2014), diminui a ocorrência de fermentações clostrídicas, favorece o abaixamento do pH, reduz a quebra de proteína em amônia e reduz a produção de gases e efluentes durante a ensilagem (ANDRADE et al., 2010).

A silagem de de dieta total (SDT), também chamada de silagem TMR, é uma mistura de forragens, grãos, rações proteicas, minerais, vitaminas e aditivos, sendo esta posteriormente ensilada (YUAN et al., 2015). Com a adoção dessa tecnologia, torna-se possível a utilização de subprodutos agroindustriais e forragens de baixa qualidade, pois os processos fermentativos que ocorrem durante a ensilagem melhoram o valor nutritivo, alteram odores e sabores, aumentando a palatabilidade da mistura (NISHINO et al., 2003). A produção de silagem de dieta total pode diminuir os custos de produção pois reduz a necessidade de pré-secagem da forragem ou resíduo, a produção diária da ração antes da oferta no cocho, e ainda facilita a preservação do material ensilado após a sua exposição ao ar, independente da composição dos alimentos utilizados WANG; NISHINO, 2008).

O feijão guandu (*Cajanus cajan*) é uma das leguminosas mais cultivadas no mundo, e é utilizado na alimentação humana e animal (FONSECA et al., 2010). Esta planta forrageira pode ser considerada uma fonte de proteína nas dietas para ruminantes, pois os grãos, assim como as folhas e caules menos lignificados podem conter aproximadamente de 20 a 22% de PB (SINGH et al., 1992). Contudo, seu uso para produção de silagem é limitado pois possuem elevado poder tampão, que dificulta o processo de desenvolvimento de bactérias ácido-láticas e o abaixamento pH para valores adequados durante o processo de fermentativo (WILKINSON, 1983).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a potencialidade da silagem de dieta total em reduzir as perdas por gases e efluentes, perda de matéria seca, melhorar a fermentação, valor nutritivo e digestibilidade de silagens que contém cana (*Saccharum*

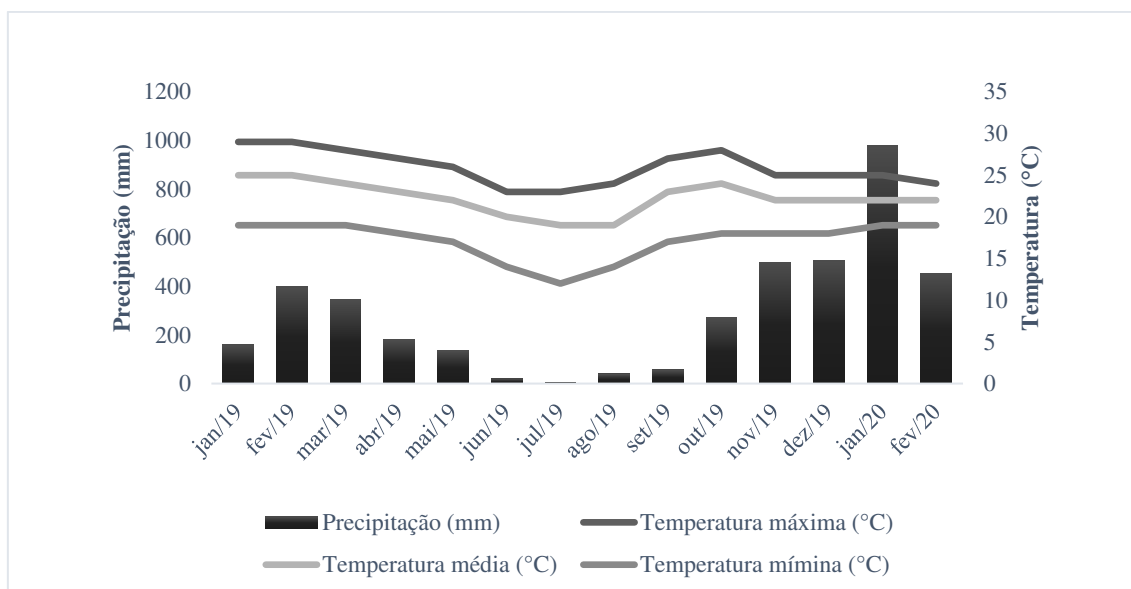
*sp.*), milho (*Zea mays*) e feijão guandu (*Cajanus cajan*), e qual (ais) tratamento(s) é/são mais indicado(s) para vacas que produzem até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Local experimental, descrição do solo e dados climáticos**

O experimento foi conduzido entre janeiro de 2019 e fevereiro de 2020, em área experimental localizada no sítio Boa Vista, distrito de Cachoeira de Santa Cruz, em Viçosa-MG, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV). O local faz parte da região da Zona da Mata de Minas Gerais e tem como coordenadas geográficas a posição 20°45'20" de latitude Sul e 45°52'40" de longitude Oeste de Greenwich e altitude de 703 m.

O clima é do tipo Cwa (mesotérmico), segundo classificação de Köppen e Geiger, com duas estações bem definidas, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. A precipitação pluviométrica média anual é de 1251 mm e a temperatura média anual é de 20,4°C (CLIMATE, 2020). Os dados climáticos do município de Viçosa, MG foram computados pela Estação Climatológica Principal de Viçosa, localizada na UFV, durante o período experimental, de janeiro de 2019 a fevereiro de 2020. A temperatura média mínima e máxima mensal, durante o experimento, oscilou entre 12°C e 29°C, respectivamente, e a média dos meses foi de 22,3°C. Já a precipitação durante o experimento foi de 4051,4 mm (Figura 1).



**Figura 1** – Médias mensais de temperatura máxima, mínima e precipitação, registrados no município de Viçosa-MG, durante o período experimental de janeiro de 2019 a fevereiro de 2020.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. As análises do solo são necessárias para verificar a necessidade de ajuste dos teores de nutrientes no solo e do pH, de acordo com a exigência da forrageira. Foi realizada coleta de amostra de solo, em 20 de agosto de 2019, com o auxílio de um trado holandês, na camada de 0-20 cm, a qual apresentava os seguintes valores de fertilidade: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,40, Ca<sup>2+</sup> = 5,92 cmol/dm<sup>3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,51 cmol/dm<sup>3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,00 cmol/dm<sup>3</sup>; H+Al<sup>3+</sup> = 2,97 cmol/dm<sup>3</sup>; carbono orgânico = 9,75 cmol/dm<sup>3</sup>; SB = 8,07 cmol/dm<sup>3</sup>; t = 8,07 cmol/dm<sup>3</sup>, T = 11,04 cmol/dm<sup>3</sup>, V = 73,10 %, P = 98,88 mg/dm<sup>3</sup>; K = 250,00 mg/dm<sup>3</sup> (Anexos 1 e 2).

## 2.2. Espécies vegetais, formulação de dietas e processo de ensilagem

A espécies forrageiras estudadas foram: cana de açúcar (*Saccharum* sp.), feijão guandu (*Cajanus cajan*) e milho (*Zea mays*).

O plantio da cana de açúcar foi realizado no mês de novembro de 2015, início da estação chuvosa. Utilizou-se a variedade RB86-7515, em espaçamento de 0,8 m entre linhas e duas fileiras de cana por sulco, sendo os colmos picados em tamanhos de 20-30 cm com uso de facão. Os cortes da cana são feitos anualmente no período da seca, com uso de facão e rente ao solo.

O plantio do feijão guandu ocorreu em novembro de 2018 em sulcos, após a aração e gradagem da área, no espaçamento 0,2 x 0,8 m, em um total de 12.500 m de sulco e 62.500 sementes por hectare. Os cortes do guandu são feitos duas vezes por ano na estação chuvosa, com uso de facão e a 60 cm do solo, para permitir a completa recuperação das plantas.

No dia 13 de junho de 2019 foi feito o corte e ensilagem das dietas formuladas com uso de feijão guandu e cana. A abertura dos silos ocorreu em 30 de agosto de 2019, e foi realizada a coleta de amostras, em duplicata, de aproximadamente 0,3 kg para análises laboratoriais.

Antes do plantio do milho foram coletadas amostras de solo em 20 de agosto de 2019, a fim de conferir se os parâmetros referentes a qualidade do solo (Anexos 1 e 2) para a cultura do milho eram adequadas. De acordo com a análise do solo, não foi observada necessidade de realização de adubação ou correção do solo (CFSEMG, 1999).

Em 11 de outubro de 2019 foi realizado o plantio do milho (variedade BR106) em sulcos, após a aração e gradagem da área, no espaçamento 0,2 x 0,8 m, em uma área de 12.500 m e 62.500 sementes por hectare; e o corte do milho foi realizado em 19 de fevereiro de 2020. A ensilagem das dietas totais que possuem o milho como ingrediente foi realizada no mesmo dia do corte.

A abertura destes silos produzidos no período das águas foi realizada em 7 de agosto de 2020. O período prolongado de espera para abertura dos silos se deu em virtude da pandemia de COVID-19 e regime de quarentena adotado pela cidade de Viçosa/MG.

O processo de produção das silagens consiste na colheita/corte das plantas, mistura de todos os ingredientes determinados para cada dieta total, enchimento completo dos baldes, compactação das dietas totais, fechamento com tampa dos baldes e vedação da tampa com fita adesiva. A cana, o feijão guandu e o milho foram ensilados na forma natural.

O cálculo das exigências nutricionais de vacas em lactação (Tabela 1) e formulação das dietas totais (Tabela 2) foram realizadas no Sistema Viçosa de Formulação de Rações (LANA, 2012), com base no NRC (2001). A composição química das dietas totais e de cada alimento/ingrediente seguem na Tabela 3.

**Tabela 1** – Exigências nutricionais de vacas acima de três semanas de lactação, que produzem até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite, com diferentes pesos corporais.

PC	CMS	NDT	PB	PDR	EE máx.	FDN mín.	MM
450,00	17,74	68,49	15,21	9,94	5,00	28,00	2,52
500,00	18,45	67,53	14,97	9,95	5,00	28,00	2,53
550,00	19,16	66,58	14,73	9,97	5,00	28,00	2,54
600,00	19,87	65,63	14,49	9,98	5,00	28,00	2,55

PC = peso corporal em kg; CMS = consumo de matéria seca em kg, NDT = nutrientes digestíveis totais em % da matéria seca; PB = proteína bruta em % da matéria seca, PDR = proteína degradada no rúmen; EE = extrato etéreo máximo em % da matéria seca, FDN = fibra em detergente neutro mínimo em % da matéria seca, MM = matéria mineral total entre micro e macrominerais. Cálculos realizados com base em 4,15% de gordura e 3,35% de proteína do leite.

**Tabela 2** – Formulação das dietas totais, com base na matéria natural, destinadas às vacas em fase de lactação, que produzem até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite.

Tratamentos	Cana	Milho	Fubá	FS	Ureia	SM	FG
DT1	86,30		7,50	5,50	0,30	0,30	
DT2	58,70		10,10	3,30	0,30	0,30	27,20
DT3		88,30	7,10	3,80	0,30	0,40	
DT4		56,40	10,50	2,00	0,30	0,30	30,40

DT = dieta total; FS = farelo de soja; SM = suplemento mineral, FG = feijão guandu.

**Tabela 3.** Composição química das dietas totais destinadas à vacas em lactação com produção de até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite, forragens e suplementos.

	MS	MM	MO	FDNcp	FDACP	PB	EE
<i>Tratamentos</i>							
DT1	26,43	5,05	94,95	41,68	18,00	12,43	1,73
DT2	31,88	4,96	95,04	51,77	26,29	12,56	1,53
DT3	36,94	5,25	94,75	40,93	14,95	13,96	1,91
DT4	33,54	4,28	95,72	41,50	19,46	14,32	1,87
<i>Forragens</i>							
Cana	16,43	3,30	96,70	48,00	23,74	3,86	1,00
Milho	27,21	4,57	95,43	55,26	21,28	7,14	2,01
FG*	34,49	3,85	96,15	49,29	30,93	11,98	1,74
FG**	18,88	8,84	91,16	65,79	34,65	16,41	2,00
<i>Suplementos</i>							
Fubá	87,96	1,64	98,15	13,3	3,89	9,05	4,02
FS	88,64	6,48	93,39	13,18	8,66	48,79	1,94
Ureia	97,88	0,21	99,80	-	-	100,00	-
SM	100	100,00	-	-	-	-	-

Médias das variáveis expressas em % com base na matéria seca; DT = dieta total; FG = feijão guandu; FS = farelo de soja; SM = suplemento mineral; MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria

orgânica; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; \* = período da seca; \*\* = período das águas.

Os volumosos foram ensilados na forma natural, cortados com auxílio de um facão e, em seguida, picados em triturador forrageiro estacionário. As misturas foram armazenadas em baldes, com capacidade de 3 litros, dotados de válvula de Bunsen, para escape dos gases. No fundo do balde foram colocados sacos de tecido contendo entre 0,7 e 0,9 kg areia para captura dos efluentes. A mistura e compactação dos alimentos foi realizada de forma manual, colocando aproximadamente 2,2 kg de dieta total e forragem fresca por silo.

### **2.3. Determinação da composição química das silagens e pH**

Para avaliação da composição química, foram coletadas amostras de 150 g do material fresco, antes da ensilagem, e após a abertura dos silos. Estas amostras foram submetidas à pré-secagem por 72 horas em estufa de ventilação forçada a 65<sup>0</sup>C e, em seguida, moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1mm.

Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) (AOAC, 1990), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteínas (FDAcp) (VAN SOEST et al., 1991), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN) segundo metodologia descrita por Detmann et al. (2012).

Para análise do pH foram coletadas 25g de amostra, às quais foram adicionados 100 mL de água, e, após repouso por 2 horas, foi efetuada a leitura do pH, utilizando-se um pHmetro. Em outra subamostra de 25 g, foram adicionados 200 mL de uma solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,2 N, permanecendo em repouso por 48 horas para, em seguida, efetuar-se a filtração em filtro tipo Whatman 54. Este filtrado foi armazenado em freezer para posterior análise de N-amoniaco (BOLSEN et al., 1992).

#### **2.4. Incubações *in vitro* e Estimativa de Digestibilidade das Silagens**

A análise de digestibilidade *in vitro* das silagens de dietas totais foi realizada no Setor Bovino de Leite do Departamento de Zootecnia e no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, localizado em Viçosa, MG, no período de 01 de dezembro de 2020 a 15 de dezembro de 2020. Todos os procedimentos foram conduzidos de acordo com o Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV), com protocolo nº 054/2020 (Anexo 3)

O procedimento foi realizado de acordo com metodologia proposta por Camacho et al. (2019). Foram realizadas três incubações de 48 horas *in vitro* para avaliação das dietas (TILLEY, TERRY, 1963), em fermentador artificial TE-150 (Tecnal Equipamentos Científicos, Piracicaba, SP, Brazil) (SILVA et al., 2017). As amostras foram incubadas com sacos de filtro têxtil não tecido (100 g/m<sup>2</sup>) de 4 × 4,5 cm (VALENTE et al., 2011). Em cada período de incubação, quatro alíquotas de 500 mg por amostra foram pesadas e armazenadas em sacos de filtro selados a quente.

O meio de cultura foi produzido segundo Hall & Mertens (2008), onde o inóculo ruminal foi coletado de dois bovinos fistulados no rumen, alimentados com dieta à base de cana de açúcar e concentrado (220 g PB/kg MS), com uma proporção de forragem: concentrado de 80:20. Os bovinos terão acesso livre à água e suplemento mineral (90 g/kg de fósforo). As coletas do inóculo ruminal (líquido e sólido) foram realizadas em vários pontos do rúmen, pouco antes do início de cada incubação. Foram coletados separadamente líquido e material fibroso do conteúdo ruminal, duas horas após a alimentação, e armazenados em garrafas térmicas até o momento de utilização no laboratório. O material fibroso foi então batido em liquidificador por 60 segundos junto com o líquido ruminal na proporção de 1:2 (material fibroso: líquido ruminal) e com infusão contínua de CO<sub>2</sub>. O fluido foi então filtrado através de quatro camadas de gaze. As etapas da coleta do inóculo do rumen e início da incubação foram realizadas dentro de 20 minutos em uma sala climatizada (39°C).

O fermentador artificial possui quatro frascos (3.200 mL) e cada frasco recebeu aleatoriamente um tratamento. Além disso, cada frasco recebeu 25 sacos de filtro com amostras e um saco de filtro vazio. Em cada frasco, foram adicionados 400 mL de inóculo

ruminal e 1.600 mL de solução tampão. O dióxido de carbono foi liberado na abertura superior de cada frasco, o qual foi fechado e colocado no fermentador artificial pré-aquecido (39°C). Após 48 h de incubação, os sacos filtrantes foram lavados com água destilada quente (90°C) até a água ficar clara, e os sacos foram pressionados suavemente para remover os gases. Em seguida, para estimar o resíduo de MS aparentemente não digerido, os sacos filtrantes foram secos em estufa (55°C/24 horas, e depois 105°C/16 horas, sequencialmente), colocados em um dessecador e pesados.

Para as avaliações da DIVFDN, sacos filtrantes contendo os resíduos de incubação foram colocados em frascos de polipropileno com tampa de rosca (120 mL; frasco de coleta universal autoclavável, Bioplast 2605, Porto Alegre, RS, Brasil) com 80 mL de solução detergente neutro e 500 µL de uma amilase estável ao calor (Termamyl 2X, Novozymes, São Paulo, Brasil). Os frascos contendo os sacos de filtro foram fechados e autoclavados por 1 hora a 105°C (BARBOSA et al., 2015). Depois disso, os sacos filtrantes foram lavados com água destilada quente (90°C) e acetona. Os procedimentos de secagem e pesagem foram realizados como previamente descrito.

A DIVMS e DIVFDN (D, g/kg) foram calculados de acordo com a equação:

$$D = \{[M - (R - B)]/M\} * 100$$

em que: M é a massa incubada de MS (g); R é o resíduo não digerido de MS ou FDN (g); e B é o resíduo MS ou FDN em sacos filtrantes vazios (g).

As concentrações de N-amoniaco (NH<sub>3</sub>-N) foram medidas em 0 e 48 h de incubação. O conteúdo de cada frasco foi transferido para 50 mL béquer e o pH foi medido usando um potenciômetro digital (Quimis, São Paulo, Brasil). Em seguida, 1 mL de uma solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (500 mL/L) foi adicionado em cada eppendorf, e todos os eppendorfs foram mantidos a 4°C até a análise de NH<sub>3</sub>-N. O N-amoniaco foi estimado por reações colorimétricas catalisadas por indofenol (método INCT-CA N- 006/1; DETMANN et al., 2012).

## 2.5. Determinação do fracionamento de carboidratos

O sistema Cornell (Cornell Net Carbohydrate and Protein System" - CNCPS) avalia as frações dos carboidratos dos alimentos acordo com características de solubilidade e degradação ruminais distintas. Neste sistema, os carboidratos são classificados como não-estruturais (CNE), que compreendem as frações A (açúcares e ácidos orgânicos) e B<sub>1</sub> (amido e compostos fibrosos solúveis), e estruturais (CE), constituídos pelas frações B<sub>2</sub> (carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis) e C (carboidratos fibrosos indegradáveis), que correspondem às frações da FDNcp (VAN SOEST et al., 1991; SNIFFEN et al., 1992 VAN SOEST, 1994).

O fracionamento de Carboidratos foi obtido segundo Sniffen et al. (1992), sendo as frações A + B<sub>1</sub> representadas pelos carboidratos não fibrosos:

$$CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDNcp + \%MM)$$

e os carboidratos totais:

$$CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$$

onde: a fração C foi determinada pela porcentagem de lignina multiplicada por 2,4, e a fração B<sub>2</sub> pela diferença entre FDNcp – Fração C. O FDNcp equivale à fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas.

## 2.6. Determinação das perdas durante o processo de ensilagem

As perdas de matéria seca nas silagens sob as formas de gases e efluentes foram quantificadas por diferença de peso conforme a metodologia de JOBIM et al. (2007), de acordo com as equações abaixo:

$$G (\% MS) = [(Pbchf - Pbcha)/(MVfi \times MSfi)] \times 10000$$

onde: G (% MS) = perdas por gases; Pbchf = peso do balde cheio (kg) no fechamento da silagem; Pbcha = peso do balde cheio (kg) na abertura; Mvfi = massa verde (kg) de forragem ensilada; Msfi = matéria seca (%) da forragem ensilada.

As perdas por efluentes foram calculadas de acordo com a equação a seguir, baseadas na diferença de peso da areia colocada no fundo do balde por ocasião do fechamento e abertura dos silos experimentais.

$$E \text{ (kg/ton MV)} = \{[(Pbvaa - Tb) - (Pba - Tb)]/Mvfi\} \times 100$$

onde: E [(kg/ton MV) = perdas por efluente; Pbvaa = peso do balde vazio com areia (kg) na abertura da silagem; Tb = tara do balde; Pba = peso do balde com areia (kg) antes da colocação da forragem para a confecção da silagem; Mvfi = massa verde de forragem (kg) utilizada na confecção da silagem.

A recuperação da matéria seca (RMS) foi estimada através da equação:

$$\text{RMS (\%)} = [(MSi \times MSsi)/(Mvfo \times MSfo)] \times 100$$

onde: RMS (%) = recuperação de matéria seca em porcentagem; Msi = massa da silagem (kg) na abertura dos silos; Mssi = Matéria seca da silagem (%) na abertura dos silos; Mvfo = massa verde de forragem (kg) na hora da ensilagem; Msfo = matéria seca da forragem (%) na hora da ensilagem.

## 2.7. Análises Estatísticas

Para as aplicações das análises estatísticas foi utilizado o programa R versão 4.0.4 (2021) com o aplicativo RStudio versão 1.4.1106 -© 2009-2021.

Para a análise estatística dos resultados foram realizadas análises de normalidade dos resíduos (Teste de Shapiro-Wilk) e análise de homocedasticidade das variâncias (Teste de Levene). O Delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. Para avaliar o efeito dos tratamentos foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis com ajuste de Bonferroni seguido do teste de Dunn, utilizando os pacotes PMCMR (POHLERT, 2014), dunn.test (DINNO, 2017) e Agricolae. As diferenças foram consideradas significantes quando o p-valor calculado foi menor que 0,05. Os scripts para realização da análise estatística do experimento estão disponíveis no Anexo 4.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Composição químico-bromatológica

A composição químico-bromatológica das silagens analisadas está apresentada na Tabela 4.

**Tabela 4.** Composição químico-bromatológica das dietas totais destinadas à vacas que produzem até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite.

Variável	SDT1	SDT2	SDT3	SDT4	P-valor
MS	31,90 ± 0,25 C	35,20 ± 0,74 B	40,10 ± 0,73 A	37,20 ± 3,67 A	<0,001
MM	4,45 ± 0,32 A	4,01 ± 0,48 A	4,36 ± 0,73 A	4,57 ± 0,51 A	0,0348
PB	14,00 ± 0,89 A	13,00 ± 0,74 BC	12,30 ± 0,65 C	14,50 ± 1,81 AB	0,0025
EE	1,44 ± 0,07 B	1,45 ± 0,07 B	2,89 ± 0,38 A	3,47 ± 0,27 A	<0,001
FDN <sub>cp</sub>	47,70 ± 11,30 A	42,40 ± 1,88 A	38,20 ± 1,02 A	42,60 ± 2,90 A	0,0500

Medianas das variáveis expressas em %MS, seguidas pelo intervalo interquartil.

SDT = silagem de dieta total; MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica; FDN<sub>cp</sub> = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FD<sub>Ac</sub>p = fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína, PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DIVFDN = digestibilidade *in vitro* da FDN.

Valores seguidos de letras diferentes, na linha, diferem (P<0,05) pelo teste de Kruskal-Wallis com ajuste de Bonferroni.

n = 6.

Mesmo sem a realização da pré-secagem da forragem antes do processo de ensilagem, a adição do farelo de soja e fubá foi eficiente para manter o nível de umidade apropriado dos silos. Foi observada diferença estatística entre os teores de MS (P<0,001), e todas as silagens apresentaram MS considerada ideal para que ocorra uma boa fermentação da forragem nos silos (28 e 40% de MS) (REIS et al., 2014). Os teores de MS observados nesse estudo foram mais baixos do que os descritos por Xu et al. (2007), de 43,10% MS, ao utilizar diferentes níveis de resíduo de café úmido em silagens de dieta total, e Chen et al. (2019), entre 42,5-43,4% de MS, ao utilizar DDG, caroço de algodão e aditivo com bactérias homoláticas na silagem de dieta total.

Os teores de MM das SDT foram 72% superiores à exigência animal determinada pelo NRC (2001), entre macro e microminerais, que seria entre 2,52% e 2,55% para animais de PC entre 450 e 600 kg. Este é um ponto a se levar em consideração, visto que a suplementação desnecessária pode elevar os custos com alimentação do rebanho de 3 a 4 vezes. Por isso, a suplementação mineral deve ser realizada somente quando realmente for necessária. No aspecto fisiológico, o consumo excessivo de minerais por longos

períodos pode reduzir a absorção de outros minerais, desencadeando distúrbios metabólicos, comprometendo assim a sanidade animal (TOKARNIA, 2010).

De acordo com NRC(2001), a exigência nutricional de vacas em fase de lactação que produzem até 25 L de leite por dia é de 14,49 a 15,21% de PB na dieta por dia. Somente os tratamentos SDT1 e SDT4 seriam capazes de atender as exigências sem necessidade de suplementação proteica. A dificuldade na homogeneização dos alimentos e suplementos que compõem as dietas pode ter impactado de forma negativa no teor de PB dos tratamentos. Este é um importante fator a ser considerado, já que a proteína é o nutriente mais importante da dieta.

As SDT3 e SDT4 (com milho em sua composição) apresentaram maiores teores de EE, e diferiram significativamente das SDT1 e SDT2 (produzidas com cana) ( $P < 0,001$ ). Ao observar a composição bromatológica de cada alimento que compõe as dietas, observamos que o fubá é o alimento que possui o mais alto teor de EE, seguido pela planta de milho e feijão guandu (Tabela 3). A planta de milho (2,01%) apresenta o dobro de gordura em comparação com a cana (1,00%), o que reflete diretamente no resultado observado.

O NRC (2001) recomenda no mínimo de 25% de FDN, devido a possibilidade alterações de pH no rúmen e queda do CMS (consumo de matéria seca) pelos animais (ERDMAN, 1988) e, conseqüentemente, o desenvolvimento de distúrbios metabólicos (OWENS et al., 1998) quando esse limite não é respeitado. Segundo Rotta et al. (2019), o nível ótimo de FDN dietética é entre 25 a 35%, pois ocorre a maximização do consumo de energia pelas vacas em lactação. Este é um importante ponto a ser considerado, visto que dietas com altos teores de FDN promovem a redução na ingestão de matéria seca total, em função da limitação provocada pelo enchimento do retículo-rúmen limitando a expressão do potencial genético do animal para produção de leite (KOZLOSKI et al., 2006).

Quanto aos teores de FDNcp observados no presente estudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos testados ( $P > 0,05$ ). Entretanto, a diferença entre SDT3 (38,20%) e SDT1 (47,70%) foi de quase 20%, onde dietas com uso de cana podem impactar negativamente na CMS dependendo da fase de lactação do animal e,

consequentemente, na produção de leite, justificando a preferência dos produtores na adoção do milho para produção de silagem em propriedades leiteiras (MILLEN et al., 2009; BERNARDES, 2012).

### 3.2. Fracionamento de carboidratos

Outra forma de avaliar o valor nutritivo das dietas é pelo fracionamento dos carboidratos (VAN SOEST et al., 1991). A Tabela 5 apresenta as informações referentes ao fracionamento dos carboidratos dos tratamentos.

**Tabela 5.** Fracionamento de carboidratos das silagens de dietas totais destinadas à vacas com produção de até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite.

Variável	SDT1	SDT2	SDT3	SDT4	P-valor
<i>CT</i>	85,50 ± 0,86 BC	87,10 ± 1,09 A	85,70 ± 1,34 B	83,00 ± 2,03 C	0,0019
<i>A+B1</i>	37,10 ± 11,40 B	44,80 ± 1,01 AB	47,70 ± 0,89 A	40,40 ± 4,86 B	0,0344
<i>B2</i>	40,10 ± 9,90 A	22,90 ± 3,80 B	31,60 ± 1,28 A	26,40 ± 0,85 AB	0,0082
<i>C</i>	8,24 ± 1,10 C	19,50 ± 1,43 A	7,03 ± 0,86 C	15,50 ± 2,05 B	<0,001
<i>DIVMS</i>	77,10 ± 3,70 A	61,70 ± 5,42 C	73,00 ± 3,28 B	67,60 ± 2,86 C	<0,001
<i>DIVFDN</i>	78,90 ± 4,74 A	85,70 ± 4,46 A	72,30 ± 1,78 B	75,80 ± 2,84 AB	<0,001

SDT = silagem de dieta total; CT = carboidratos totais (%MS); CNE: A+B1 = fração A+B1 (%CT); CE: B2 = fração potencialmente digerível (%CT), C = fração indigerível (%CT).

Valores seguidos de letras diferentes, na linha, diferem (P<0,05) pelo teste de Kruskal-Wallis com ajuste de Bonferroni.

Medianas seguidas pelo intervalo interquartil.

N = 6.

A fração A+B1 é representada por açúcares solúveis com rápida degradação no rúmen (SNIFFEN et al., 1992), enquanto a fração C indica a fração de carboidratos indisponível nos compartimentos digestivos dos ruminantes (FAVORETO et al., 2008). A adição de ureia pode causar ruptura de ligações do tipo éster entre os carboidratos estruturais, elevando a digestibilidade do material ensilado (BOLSEN et al., 2000).

O amido presente no fubá e milho, assim como a sacarose, presente na cana de açúcar, representam as principais fontes de energia da dieta. Estes componentes são rapidamente fermentados e fornecem energia para o crescimento dos microrganismos ruminais logo após o consumo (ROTTA et al., 2019). A fração A é constituída por ácidos orgânicos e açúcares, enquanto a fração B1 é constituída por amido e β-glucanas, e são de rápida degradação no rúmen (SNIFFEN et al., 1992). A SDT3 apresentou maior

proporção da fração A+B1, provavelmente devido a inclusão do fubá e uso do milho como fonte de volumoso na dieta ( $P < 0,05$ ). Os tratamentos SDT1 e SDT4 apresentaram as menores proporções da fração A+B1, com 37,10 e 40,40%, respectivamente, possivelmente devido as características intrínsecas da cana e do feijão guandu, que quando adicionadas às rações, influenciam no aumento das frações B2 e C.

A fração B2 representam porção digerível da parede celular, ou seja, celulose e hemicelulose, e são considerados carboidratos com taxa de degradação ruminal mais lenta. A fração C é constituída pela lignina, que representa a porção indigerível da parede celular vegetal (SNIFFEN et al., 1992). Os tratamentos SDT2 e SDT4, ambos com feijão guandu em sua composição, diferiram significativamente dos outros tratamentos ( $P < 0,05$ ), ao apresentarem menores níveis da fração B2 e maiores de fração C. Estes parâmetros, principalmente a fração C, tem efeito negativo sobre a DIVMS, o que justifica as menores taxas de DIVMS dos tratamentos SDT2 e SDT4 comparados à SDT1 e SDT3 ( $P < 0,001$ ).

### 3.3. Qualidade e perda da silagem

A densidade das silagens, os parâmetros fermentativos, as perdas por gases e efluentes, além das perdas de MS são representados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Densidade do silo, parâmetros fermentativos e perdas por gases e efluentes de silagens de dietas totais destinadas à vacas com produção de até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite.

Variável	SDT1	SDT2	SDT3	SDT4	P-valor
p (kg/m <sup>3</sup> )	441 ± 34,80 C	455 ± 25,80 BC	645 ± 16,80 A	626 ± 36,50 AB	0,0086
pH	3,99 ± 0,07 A	4,16 ± 0,09 B	5,38 ± 0,41 C	-	<0,001
N-NH <sub>3</sub>	10,90 ± 2,34 A	13,30 ± 1,30 A	9,90 ± 0,86 AB	2,42 ± 0,16 B	0,0100
PG	0,07 ± 0,02 B	0,06 ± 0,01 B	1,46 ± 0,20 A	1,25 ± 0,64 A	0,0052
PE	2,01 ± 1,27 A	1,15 ± 0,60 B	1,02 ± 0,01 B	0,61 ± 0,53 B	0,0105
PMS	15,20 ± 1,55A	7,91 ± 3,06 B	6,31 ± 3,70 B	12,60 ± 3,67 AB	0,0093

SDT = silagem de dieta total; p = densidade do silo em kg/m<sup>3</sup>; N-NH<sub>3</sub> = nitrogênio-anioniacal após abertura dos silos em % N total; PG = perdas por gases; PE = perdas por efluentes; PMS = perdas de matéria seca. Valores seguidos de letras diferentes, na linha, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Kruskal-Wallis com ajuste de Bonferroni.

Medianas seguidas pelo intervalo interquartil.

N = 6.

A densidade de compactação da da silagem está relacionada com o tamanho das partículas da matéria verde ensilada (NEUMANN et al., 2007). De acordo com a Tabela 6, observados que as silagens com milho (SDT3 e SDT4) apresentaram maiores densidades ( $P < 0,01$ ), com 645 e 626  $\text{kg}/\text{m}^3$  respectivamente, do que as SDT1 e SDT2 (com cana), tendo SDT1 com 441  $\text{kg}/\text{m}^3$  a menor densidade entre todos os tratamentos. De acordo com Tavares et al. (2009), é possível que o efeito do tamanho de partículas é maior em silagens de milho (27% de MS) pois apresentam menor teor de umidade, do que em silagens de cana (20% de MS). O tamanho das partículas influencia também outros parâmetros, como: a FDN, a hemicelulose e o pH e das silagens (NEUMANN et al., 2005).

Com relação ao pH, apenas as SDT1 (3,99) e SDT2 (4,16) se encontravam dentro dos limites considerados ideais, e diferiu significativamente de SDT3 ( $P < 0,01$ ) (NUSSIO et al., 2009). Não foi possível a realização da análise do pH de SDT4 devido a perda da amostra. Um ponto importante a ser considerado é que a eficiência na compactação da silagem resulta em aumento da fermentação láctica e redução do pH do material ensilado (RIBEIRO et al., 2009).

O excesso de umidade pode implicar em fermentações indesejáveis, já que a menor pressão osmótica contribui para o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* (FERRARI JR. et al., 2009). Mas a elevação da MS com o uso de aditivos, acima de 40%, em forragens que por si só já possuem atributos para uma boa fermentação pode não ser uma boa estratégia de conservação de forragem, como pode ser observado com o milho no tratamento SDT3.

O nitrogênio amoniacal é um importante indicador de qualidade da silagem, visto que indica o grau de degradação da proteína durante a fermentação. As SDT3 e SDT4 apresentaram concentrações de  $\text{N-NH}_3$  abaixo dos 10%, o que indica que a proteína foi preservada. As concentrações de  $\text{N-NH}_3$  de SDT1 e SDT2 não diferiram significativamente de SDT3 ( $P > 0,05$ ), e estavam bem próximas do limite considerado ideal. A cana utilizada neste estudo continha apenas 3,86% de PB, então a proteína degradada provavelmente era de origem dos alimentos adicionados à mistura, o que representa perda nutritiva da dieta total. Antonio (2016) ao estudar silagens de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés aditivadas com farelos como aditivos sequestrantes de umidade observou teores de  $\text{N-NH}_3$  entre 1,86 e 3,99%, muito abaixo dos observados no presente

estudo. Quando a ureia é aplicada à forragem ensilada, produz amônia (PEDROSO et al., 2008), o que pode justificar as elevadas concentrações de N-NH<sub>3</sub> nas silagens de dietas totais estudadas.

Foram observadas diferenças significativas nas perdas por gases ( $P < 0,05$ ), que foram maiores nas SDT3 e SDT4 do que em SDT1 e SDT2, possivelmente em resultado da baixa proliferação de microrganismos produtores de gás no silo, como as enterobactérias e bactérias clostrídicas, além do aumento da MS (MORAES, 2007). Zopollato (2009) ao estudar diferentes silagens exclusivas de capins tropicais e cana, observou perdas por gases entre 4,7 e 17%, muito maiores do que os obtidos nesse estudo.

As perdas por efluentes foi superior na SDT1, em relação aos outros tratamentos ( $P < 0,05$ ), e perdas de matéria seca de SDT1 não apresentou diferença significativa de SDT4 ( $P > 0,05$ ). A amônia tem efeito fungicida, e pode promover o controle de leveduras e reduzir a produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar (PEDROSO et al., 2008). A silagem de dieta total 1 possui apenas cana como fonte de volumoso, e é o tratamento com menor teor de MS dentre os estudados. De forma geral, forragens cortadas com alto teor de umidade, que não passam por pré-secagem, apresentam perdas elevadas por efluentes e perdas de matéria seca, pois contém elevados níveis de compostos solúveis que sofrem lixiviação devido a ruptura e o extravazamento do conteúdo celular vegetal (JOBIM et al., 2013; PEDROSO et al., 2006). Os resultados obtidos com as silagens dieta total nesse estudo, com relação a perdas por efluentes, foram menores do que os descritos por Gusmão (2017) ao avaliar silagens de dieta total contendo capim-elefante e alimentos como aditivos sequestrantes de umidade, que observou perdas por efluentes entre 6,46 e 3,11%.

#### **4 CONCLUSÕES**

Silagens dietas totais de cana de açúcar e leguminosas, como o feijão guandu, podem apresentar boa qualidade quando associados a alimentos com alto teor de matéria seca, como o farelo de soja e fubá, pois estes alimentos atuam como aditivos sequestrantes de umidade, fornecem substrato para melhoria do padrão fermentativo e fracionamento de carboidratos das silagens. As SDT2 e SDT4, produzidas com feijão guandu, apresentaram melhores parâmetros fermentativos, composição bromatológica e menores perdas durante

o processo de ensilagem. Das silagens citadas, somente SDT4 é capaz de atender a exigência nutricional de vacas em lactação, produzindo até 25 L.d<sup>-1</sup> de leite sem necessidade de suplementação proteica.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. S. Physical Constraints on Voluntary Intake of Forages by Ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 12, p. 3063–3075, 1996.

ANDRADE, I.V.O., PIRES, G.G.P., CARVALHO, C.M. Losses, fermentation characteristics and nutritive value of elephant grass silage containing agricultural byproducts. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p.2578–2588, 2010.

ANTONIO, P. Aditivos proteicos sequestrantes de umidade na ensilagem de gramíneas tropicais. p. 66, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15 ed. Arlington. 1117p

BAILEY, L.H. **Manual of cultivated plants**. Rev. ed. New York: Macmillan Publishing, 1977. p.579.

BARBOSA, M.M.; DETMANN, E.; ROCHA, G.C.; FRANCO, M.O.; VALADARES FILHO, S.C. Evaluation of laboratory procedures to quantify the neutral detergent fiber content in forage, concentrate and ruminant feces. **Journal of AOAC International**, v.98, p.883-889, 2015.

BERNARDES, T. F.; NUSSIO, L. G.; AMARAL, R. C. Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. **Grass Forage Science**, v. 70, p. 491–498, 2012.

BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, C.R.; FEYERHERM, A.M.; URBAN, J.E.; AIMUTIS, W.R. Effect the silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.

BOLSEN, K.K.; WILKINSON, M.; LIN, C.J. Biotechnology in the feed industry: evolution of silage and silage inoculants. In: **ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM**, 16, 2000, Nottingham. Proceedings. Nottingham: University Press, 2000. P. 35.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VELOSO, R.G.; NUNES, P.M.M. Taxas de digestão das frações proteicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-Tifton 85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1573-1580, 2004.

CAMACHO, L. F. et al. Evaluation of buffer solutions and urea addition for estimating the in vitro digestibility of feeds. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 2, p. 922–931, 2019.

CAPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; CECON, P.R. Estimativas do consumo e do ganho de peso de bovinos, em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1857-1865, 2001.

CHEN, L. et al. Effects of applying lactic acid bacteria and propionic acid on fermentation quality, aerobic stability and in vitro gas production of forage-based total mixed ration silage in Tibet. **Animal Production Science**, v. 59, n. 2, p. 376–383, 2019.

CLIMATE. **Clima Viçosa**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/south-america/brazil/minas-gerais/vicosa-25021/>>, Acesso em: 18 de abril de 2021.

Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes 1999 em Minas Gerais - 5ª Aproximação** / Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., Editores. – Viçosa, MG, 1999. 359p.

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.; AZEVEDO, J.A.G. (Eds.) **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.

DETMANN, E. Fibra na nutrição de novilhas leiteiras. In: PEREIRA, E.S.; PIMENTEL, P.G.; QUEIROZ, A.C. et al. (Eds). *Novilhas leiteiras*. Fortaleza: Graphiti, 2010. p.253-302.

DINNO, A. 2017. Dun.test: Dunn's test for multiple comparisons using rank sums. R package version 1.3.2. Disponível em : <<https://CRAN.R-project.org/package=dunn.test>. Acesso em: 08 de maio de 2021.

ERDMAN, Richard. Dietary Buffering Requirements of the Lactating Dairy Cow: A Review1. **Journal of Dairy Science**, v. 71, p. 3246-3266, 1988.

FAVORETO, M.G.; DERES, Z.F.; FERNANDES, A.M.; VIEIRA, R.A.M.; FONTES, C.A.A. Avaliação nutricional da grama estrela cv, Africana para vacas leiteiras em condições de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 319-327, 2008.

FERRARI JUNIOR, E.V.T.; PAULINO, R.A.; POSSENTI, T.L. Aditivos em silagem de capim elefante paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. paraíso). **Archivos de Zootecnia**. v. 58 n.222, p.185-194, 2009.

FONSECA, D. M. DA; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010.

GOMES, R. DA C. et al. Estratégias alimentares para gado de corte : suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**, p. 119–140, 2015.

GUSMÃO, J.O.; DANES, M. A. C.; CASAGRANDE, D. R.; BERNARDES, T. F. Total mixed ration silage containing elephant grass for small-scale dairy farms. **Grass Forage Science**, n. April, p. 1–10, 2018.

HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, n.12, p.3226-3232, 2003.

HALL, M. B.; MERTENS, D. R. Technical Note: Effect of sample processing procedures on measurement of starch in corn silage and corn grain. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.4830–4833, 2008.

IBGE. A G R O P E C U Á R I O. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, v.7, n.01036157, p.1-180, 2017.

JOBIM, C.B.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

KOZLOSKI, G. V. et al. Níveis de fibra em detergente neutro na dieta de cordeiros: Consumo, digestibilidade e fermentação ruminal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 5, p. 893–900, 2006.

LANA, R.P. **Sistema Viçosa de Formulação de Rações**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. Segunda reimpressão, 2012.

LOURENÇO, A.J.; MATSUI, E.; DELISTOIANOV, J. Composição botânica da forragem disponível e da selecionada por bovinos em pastos de capim-colônia consorciado com centrosema e, ou, galáctia, com ou sem acesso a banco de proteínas de guandu. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.100-109, 1994.

MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. Cana-de açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1292-1302, 2004.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. s.l.: Scholium International, 1991. 155p.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.723-728, 2004.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B.; GALYEAN, M. L.; VASCONCELOS, J. T.. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3427-3439, 2009.

MORAES, E.H.B.K. Ensilagem de gramíneas tropicais. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n.1, p. 606-608, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th. rev. ed. Washington, D.C., 2001. 381p.

NEUMANN, M., MUHLBACH, P. R. F., NÖRNBERG, J. L., OST, P. R., RESTLE, J., SANDINI, I. E., & ROMANO, M. A. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. **Ciência Rural**, v.37, p. 847-854. 2007.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; NÖRNBERG, J.L.; MELLO, R.; SOUZA, A.N.M.; PELLEGRINI, G.L. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, p.224-242. 2005.

NISHINO, N., HIROAKI, H., SAKAGUCHI, E. Evaluation of fermentation and aerobic stability of wet brewers' grains ensiled alone or in combination with various feeds as a total mixed ration. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, p.557–563, 2003.

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

NUSSIO, L.G.; ZOPOLLATTO, M.; PRATTI, J.L.D. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 38, n.4, p.170-189. 2009.

ORSKOV, D.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.

OWENS, F. N. et al. Acidosis in Cattle: A Review. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 1, p. 275–286, 1998.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.558-564, 2007.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S.; PAZIANI, S. F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.J.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; MATTOS, W.R.S.; HORII, J. Fermentation, losses, and aerobic stability of sugarcane silages treated with chemical or bacterial additives. **Scientia Agricola**, v.65, p.589-594. 2008.

PEDROSO, A. D. F. et al. Performance of Holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 649–654, 2006.

POHLERT, T. 2014. The pairwise multiple comparison of mean ranks package (PMCMR). R package. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=PMCM>> Acesso em: 05 de maio de 2021.

RANJIT, N.K.; KUNG JR, L. The Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.523-535, 2000.

REIS, R. A. ; BERNARDES, T. F. ; SIQUEIRA, G. R.. **Forragicultura. Ciência, Tecnologia e Gestão dos recursos Forrageiros**. 1. ed. Jaboticabal: Gráfica e editora multipress, v. único, 2014. 714p.

RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. et al. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.230-239, 2009.

ROTTA, P.P.; MARCONDES, M.I.; PEREIRA, B.M. **Nutrição e manejo de vacas leiteiras**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2019.

SANTOS, L.G.R.; PEREIRA, A.L.A.; NEVES, G.G.L.; ARAÚJO, T.V.; VOLTOLINI, L.G.N.; BRANDÃO, A.S.L.; ARAGÃO, J. R. R. D. Características de fermentação da silagem de seis variedades de milho indicadas para a região semiárida brasileira. **Arquivo**

**Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 6, p. 1423–1429, 2010.

SCHMIDT, P.; SOUZA, C. M. DE; BACH, B. C. Uso estratégico de aditivos em silagens - Quando e como usar? **Produção e Utilização de Forragens Conservadas**, n. 5, p. 243–264, 2014.

SEIFFERT, N.F.; THIAGO, L. R. L. S. **Legumineira - Cultura forrageira para produção de proteína**: IV. Campo Grande: [s.n.].

SINGH, F.; OSWALT, D.L. **Pigeonpea botany and production practices**. Patancheru, Andhra Pradesh: ICRISAT, 1992.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II – Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

TAVARES, V.B., PINTO, J.C., EVANGELISTA, A.R., FIGUEIREDO, H.C.P., ÁVILA, C.L.S., LIMA, R.F. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurhecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.40-49. 2009.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Grass Forage Science**, v.18, p.104-111, 1963.

TOKARNIA, C.H.; PEIXOTO, P.V.; BARBOSA, J.D.; BRITO, M.F.; DOBEREINER, J.. **Deficiências minerais em animais de produção**. Rio de Janeiro: Helianthus, 2010. 200p.

VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; CUNHA, M.; QUEIROZ, A.C.; SAMPAIO, C.B. In situ estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.666-675, 2011.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.**, 74(10):3583-3597.

VELHO, J. P. et al. Chemical composition of maize silages with different packing densities | Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2007.

VILELA, D.; LEITE, J.L.B.; RESENDE, J.C. **Políticas para o leite no Brasil: passado, presente e futuro**. Simpósio sobre a sustentabilidade leiteira na Região Sul do Brasil. UEM/CCA/DZO-NUPEL: Maringá, 2002. p.1-22.

WALDO, D.R., SMITH, L.W., COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.

WANG, F.; NISHINO, N. Resistance to aerobic deterioration of total mixed ration silage: effect of ration formulation, air infiltration and storage period on fermentation characteristics and aerobic stability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.88, november, p.133-140, 2008.

WILKINSON, J.M. Silages made from tropical and temperates crops. 1. The ensiling process and its influence on feed value. **World Animal Review**, v.45, n.45, p.36-42, 1983.

XU, C. C. et al. Fermentation quality and nutritive value of a total mixed ration silage containing coffee grounds at ten or twenty percent of dry matter. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 4, p. 1024–1029, 2007.

YUAN, X. J. et al. The effect of different additives on the fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 207, p. 41–50, 2015.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, Suplemento Especial, p.170-189, 2009.

## ANEXO

```
#####Script Rstudio #####
```

```
# Passo 1: Instalação do pacote caso não esteja instalado
```

```
install.packages("rstatix")  
install.packages("ggpubr")  
install.packages("tidyverse")  
install.packages("ggplot2")  
install.packages("dplyr")  
install.packages("agricolae")
```

```
# Passo 2: Carregar pacotes do R
```

```
library(rstatix)  
library(ggpubr)  
library(tidyverse)  
library(ggplot2)  
library(dplyr)  
library(agricolae)
```

```
# Passo 3: Carregar tabela no R
```

```
setwd("C:/Users/barba/Desktop/ESTATISTICA_MESTRADO/bromatologia")
```

```
# Passo 4: carregando a tabela
```

```
dados<-read.csv("BROMATOSILAGEM15L.csv", h=T, sep=";")  
dados
```

```
#Passo 5: Transformação dos dados em fator
```

```
dados$Tratamento<-as.factor(dados$Tratamento)
```

```
# Passo 6: Análise dos resíduos
```

```
res.aovpH<-aov(pH~TRATAMENTO, data = dados)  
res.aovpH  
aov_residualspH <- residuals(res.aovpH)  
aov_residualspH
```

```
# Passo 7: Testar pressuposições de normalidade
```

```
shapiro.test(aov_residualspH)
```

```
# Passo 8: Testar pressuposições de homocedasticidade
```

```
leveneTest(pH~tratamento, data=dados)
```

```
# Passo 9: Teste de Kruskal-Wallis
```

```
kruskalpHtrat<-kruskal(dados$pH, dados$Tratamento, alpha=0.05, p.adj =  
"bonferroni")  
kruskalpHtrat
```

```
# Passo 10: Testes de post-hoc de Dunn  
dunn_test(pH ~ Tratamento, data = dados, p.adjust.method = "bonferroni")
```

```
# Passo 11: Análise descritiva dos dados  
dados %>% group_by(Tratamento) %>%  
  get_summary_stats(pH, type = "median_iqr")
```

```
# Passo 12: Representação dos dados em boxplot  
boxplot(pH ~ Tratamento, data = dados)
```

```
# Passo 13: Análise de distribuição dos dados  
ggplot(dados, aes(x= pH)) +  
  geom_histogram(aes(color = Tratamento, fill = Tratamento),  
    alpha = 0.3, position = "dodge", binwidth = 15)
```