

## SILAGEM DE DIETA TOTAL COM FEIJÃO GUANDU DESTINADAS A VACAS LEITEIRAS

Bárbara Maria Gomes de Melo<sup>1</sup>, Rogério de Paula Lana<sup>1,2</sup>

**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 purpurerum*) 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, silagem de feijão guandu, silagem de leguminosa.

## TOTAL MIXED RATIONS WITH PIGEON PEA FOR MILKING 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 purpurerum*) 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:** legume, legumes silage, pigeon pea silage.

<sup>1</sup> Departamento de Zootecnia/UFV, Viçosa-MG. <sup>2</sup>rlana@ufv.br

## 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 contêm 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.

## MATERIAL E MÉTODOS

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).

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 realizado 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).



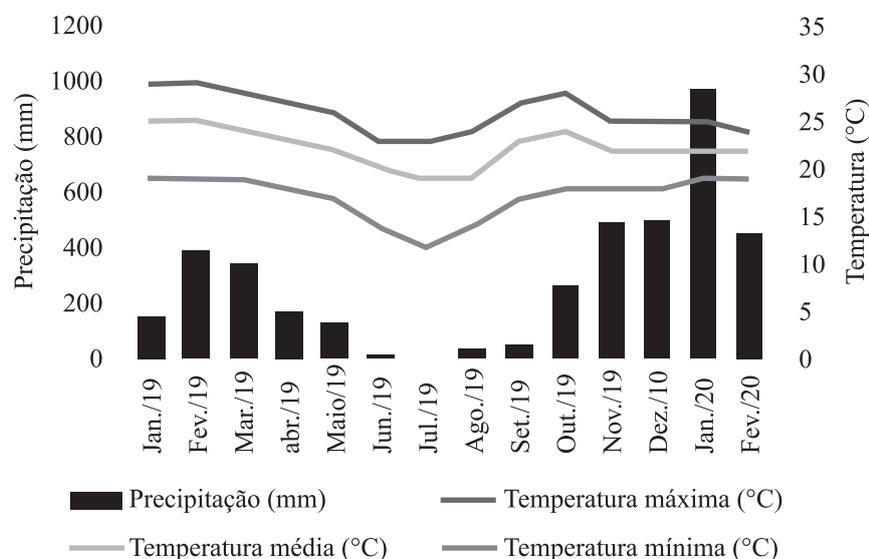


Figura 1 - Médias mensais de temperatura máxima, mínima e precipitação, registrados no município de Viçosa-MG, durante o período experimental de janeiro de 2019 a fevereiro de 2020.

A espécies forrageiras estudadas foram: capim elefante (*Pennisetum purpureum*), 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.

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.

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.

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

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°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 filtração em filtro tipo Whatman 54. Este filtrado foi armazenado em freezer para posterior análise de N-amoniaco (BOLSEN et al., 1992).

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, localizada 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).



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.

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 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.

As digestibilidades *in vitro* da MS e da FDN (D, g/kg) foram calculadas 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 ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) 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°C até a análise de  $\text{NH}_3\text{-N}$ . O N-amoniaco foi estimado por reações colorimétricas catalisadas por indofenol (método INCT-CA N- 006/1; DETMANN et al., 2012).

O sistema Cornell (Cornell Net Carbohydrate and Protein System<sup>®</sup> - CNCPS) avalia as frações dos carboidratos dos alimentos de 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:

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

e os carboidratos totais:

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

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.

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:

$$G (\% \text{ MS}) = [(Pb_{chf} - Pb_{cha}) / (Mv_{fi} \times MS_{fi})] \times 10000$$

onde: G (% MS) = perdas por gases; Pb<sub>chf</sub> = peso do balde cheio (kg) no fechamento da silagem; Pb<sub>cha</sub> = peso do balde cheio (kg) na abertura; Mv<sub>fi</sub> = massa verde (kg) de forragem ensilada; MS<sub>fi</sub> = 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.

$$E (\text{kg/ton MV}) = \{[(Pb_{vaa} - T_b) - (P_ba - T_b)] / Mv_{fi}\} \times 100$$

onde: E (kg/ton MV) = perdas por efluente; Pb<sub>vaa</sub> = peso do balde vazio com areia (kg) na abertura da silagem; T<sub>b</sub> = tara do balde; P<sub>ba</sub> = peso do balde com areia (kg) antes da colocação da forragem para a confecção da silagem; Mv<sub>fi</sub> = massa verde de forragem (kg) utilizada na confecção da silagem.

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

$$\text{RMS} (\%) = [(MS_i \times MS_{si}) / (Mv_{fo} \times MS_{fo})] \times 100$$

onde: RMS (%) = recuperação de matéria seca em porcentagem; MS<sub>i</sub> = massa da silagem (kg) na abertura dos silos; MS<sub>si</sub> = matéria seca da silagem (%) na abertura dos silos; Mv<sub>fo</sub> = massa verde de forragem (kg) na hora da ensilagem; MS<sub>fo</sub> = matéria seca da forragem (%) na hora da ensilagem.



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.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

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
FDNcp	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
FDAcp	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; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína; LIG = lignina.

Valores seguidos de letras desiguais, 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) timothy hay, alfalfa hay, dried beet pulp, and a vitamin-mineral supplement in a ratio of 36.5:30:20:12:1.5, respectively, on a DM basis, with timothy hay and alfalfa hay being replaced by WCG at 0, 10, or 20%. All TMR silages, irrespective of WCG addition, were well preserved, with a low pH and ammonia-N content and a high lactic acid content. Intakes by wethers of TMR silages containing 0 and 10% WCG were 96.6 and 94.8 g/kg of BW<sup>0.75</sup>, and did not differ (P > 0.05 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/homogeneização 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 FDNcp, mas não diferiu significativamente das SDT1, SDT2, SDT4 e SDT6. A silagem SDT5 apresentou maior teor de FDNcp (58,20%), e também não diferiu significativamente SDT6 ( $P > 0,05$ ). A SDT5, baseada em capim elefante e aditivos, por apresentar alto teor de FDNcp 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.

Além do FDNcp 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
CT	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
A+B1	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
B2	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
C	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
DIVMS	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
DIVFDN	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 desiguais, 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.

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

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-anoniaco após abertura dos silos em % N total; PG = perdas por gases; PE = perdas por efluentes; PMS = perdas de matéria seca.

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

Medianas seguidas pelo intervalo interquartil.

N = 6.

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%.

## 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.

## LITERATURA CITADA

- 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 - 5ª Aproximação / Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Víctor 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 Review. *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 Sciences*, 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-colonião consorciado com centrosema e, ou, galactia, 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 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.
- 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*, v. 36, n. 5 (Suppl), 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.

Recebido para publicação em 20/12/2023, aprovado em 20/07/2024 e publicado em 30/07/2024.

