

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL

Ingrid Rodrigues da Silva

PRODUÇÃO E ENSILAGEM DE CAPIM-SUDÃO
CULTIVAR BRS ESTRIBO

Montes Claros

2020

Ingrid Rodrigues da Silva

**PRODUÇÃO E ENSILAGEM DE CAPIM-SUDÃO
CULTIVAR BRS ESTRIBO**

VERSÃO FINAL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Orientador: Mário Henrique França Mourthé

Coorientador: Thiago Gomes dos Santos Braz

Montes Claros
2020

Silva, Ingrid Rodrigues da .

S586p
2021

Produção e ensilagem de capim-sudão cultivar BRS Estribo [manuscrito] / Ingrid Rodrigues da Silva. Montes Claros, 2021.
67 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Animal. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Mário Henrique França Mourthé

Banca examinadora: Luciana Castro Geraseev, Livia Vieira de Barros, Thiago Gomes dos Santos Braz.

Inclui referências: f. 35-46.

1. Capim-sudão -- Composição -- Teses. 2. Perdas de matéria seca -- Teses. 3. Silagem -- Conservação -- Teses. I. Mourthé, Mário Henrique França . II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 633.2



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Colegiado de Pós-Graduação em Produção Animal

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

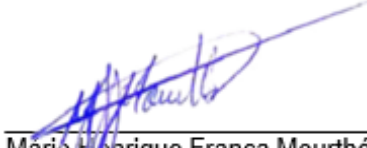
Aos 27 dias do mês de maio de 2020 às 09 horas, sob a Presidência do Professor Mário Henrique França Mourthé, D. Sc. (ICA-UFMG) e com a participação dos Professores Thiago Gomes dos Santos Braz, D. Sc. (Coorientador/ICA-UFMG), Luciana Castro Geraseev, D. Sc. (ICA-UFMG) e Livia Vieira de Barros, D. Sc. (ICA-UFMG) reuniu-se, por videoconferência, a Banca de defesa de dissertação de **INGRID RODRIGUES DA SILVA**, aluna do Curso de Mestrado em Produção Animal. O resultado da defesa de dissertação intitulada "Produção e ensilagem de capim-sudão cultivar BRS Estribo

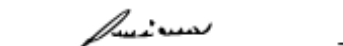
_____”,
foi expresso pelo conceito "B" (nota 87), sendo a aluna considerada (aprovada/reprovada) aprovada. E, para constar, eu, Professor Mário Henrique França Mourthé, Presidente da Banca, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.


OBS.: A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 64 do regulamento do Curso de Mestrado em Produção Animal, conforme apresentado a seguir:


Art. 64 – Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do colegiado do Curso, com a anuência do orientador, no mínimo 3 (três) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação, no prazo de 60 (sessenta) dias.

Montes Claros, 27 de maio de 2020.


Mário Henrique França Mourthé
Orientador


Luciana Castro Geraseev
Membro


Thiago Gomes dos Santos Braz
Coorientador


Livia Vieira de Barros
Membro

EDICATÓRIA

Dedico, aos meus pais, Edson Joao da Silva (*in memoriam*) Tereza Rodrigues da Silva, e a minha irmã, Karol Rodrigues da Silva, por todo amor, incentivo, dedicação, carinho e força.

AGRADECIMENTO

A Deus, primeiramente, por ter abençoado todos os meus passos e por permitir a conclusão de mais uma etapa em minha vida.

Agradeço aos meus pais, minha irmã e meus padrinhos pelo carinho, apoio, compreensão, paciência e terem me dado força para que esse sonho fosse realizado.

Aos meus pais, Edson (*in memoriam*) e Tereza, pelo apoio, dedicação incondicional e por não medirem esforços para me proporcionar o melhor.

A minha irmã Karol, por ser sempre minha maior incentivadora.

A Simone e André, pelo carinho, apoio e por se mostrarem sempre dispostos a me ajudar.

Ao meu orientador, Mario Henrique França Mourthé, pela confiança em mim depositada. Pelo apoio, força e compreensão no momento mais difícil que passei. Por sempre estar disposto a ensinar e me incentivar a ser melhor.

Ao GREGAL, pelas conversas, aprendizado, crescimento profissional e amizades conquistadas.

Aos amigos, Bruna, Giovana, Hiury, Janiele, Camila, Lizia que mesmo pela ausência física, mostraram-se sempre presentes em coração, dando-me forças pra seguir em frente.

Aos amigos, Joao Victor, Lane, Iara Maria, Katia, Iara e Giovana, pelo tempo e esforço dedicados para que o meu projeto fosse executado.

Ao Sérgio, pela ajuda nas análises laboratoriais, pela prestatividade e colaboração em parte dessa pesquisa.

Tudo posso naquele que me fortalece.
Filipenses 4:13

RESUMO

Avaliou-se a produção e o valor nutritivo da silagem do capim-sudão BRS Estribo submetido às diferentes alturas de corte (60, 90, 120, 150, e 180 cm) e períodos de armazenamento (60 e 120 dias). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. A elevação da altura de corte aumentou a produção (1392,9 para 6512,4 kg.ha⁻¹), acúmulo de forragem (62,4 para 141,8 kg.ha⁻¹.dia⁻¹) e o teor de FDN da silagem (63,67 para 76,70g/100g de MS). Houve redução linear de 44.09% na PB e de 7,48% nos NDT com corte de 60 para 180 cm. O pH e as perdas por gases foram minimizados na altura de 180 cm (4,07 e 6,50%, respectivamente). A silagem armazenada por 60 dias apresentou melhores teores de PB (10,82 vs 8,12 g/100g de MS), NDT (61,38 vs 59,63 g/100g de MS) e FDN (66,56 vs 74,92 g/100g de MS) comparado as conservadas por 120 dias. A silagem armazenada por 60 dias apresenta maior qualidade nutricional e o corte com 180 cm apresenta maior produção associado a valores adequados de pH e perdas de matéria seca, entretanto com aumento dos teores de fibra.

Palavras – chaves: Composição bromatológica, *Sorghum sudanense*, perdas de matéria seca, período de conservação.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the production and bromatological composition of Sudan grass *Sorghum sudanense* L. 'BRS Estribo' silage was subjected to different cutting heights (60, 90, 120, 150, and 180 cm) and storage periods (60 and 120 days). The experimental design included randomized blocks with four replications. Before ensiling, the plants were characterized in terms of production. The pH, ensilage loss, and chemical composition were evaluated. The increase in cutting height increased dry matter production (1392.9–6512.4 kg ha⁻¹) and forage accumulation (62.4–141.8 kg ha⁻¹), and neutral detergent fiber content (63.67–76.70 g/100 g of dry matter). There was a linear reduction of 44.09% in crude protein and 7.48% in total digestible nutrients with cuts from 60 to 180 cm. The elevation of harvest height up to 180 cm reduced the pH and gases to 4.07% and 6.50%, respectively. The Sudan grass cultivar BRS Estribo silage stored for 60 days has higher nutritional quality, and the 180 cm cut demonstrates higher production associated with adequate pH values and chemical composition.

keywords: chemical composition, *Sorghum sudanense*, dry matter losses, conservation period.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gas (A) and effluents (B) losses, and pH (C) of Sudan grass cultivar Estribo silage subjected to different harvest heights.....	67
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabelas dissertação:

Tabela 1- Teores de matéria seca (MS) e carboidratos solúveis (CS) em culturas forrageiras destinadas a ensilagem.....	17
Tabela 2 - Valor nutritivo do capim-sudão e dos seus híbridos	20
Tabela 3- Composição bromatológica da folha e do colmo do capim-sudão cv. BRS Estribo.....	20

Tabelas artigo:

Tabela 1. Chemical composition of Sudan grass silage cultivar Estribo subjected to different conservation periods	65
Tabela 2. Ash contents (g/100 g of dry matter) of Sudan grass silage cultivar Estribo subjected to different harvest heights and days of storage	66
Tabela 3. Chemical composition of Sudan grass silage cultivar Stirrup subjected to different harvest heights.....	66
Tabela 4. Chemical composition of Sudan grass silage cultivar Estribo subjected to different conservation periods.....	66
Tabela 5. Ash contents (g/100 g of dry matter) of Sudan grass silage cultivar Estribo subjected to different harvest heights and days of storage.....	67

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Potencial de ensilagem dos capins tropicais	16
3.2 Capim-sudão (<i>Sorghum sudanense</i>).....	19
3.3 Efeitos da altura de manejo na qualidade da forragem.....	21
3.4 Ensilagem e processos fermentativos	23
3.5 Efeito do período de conservação na qualidade da silagem.....	26
3.6 Perdas no processo de ensilagem	31
4. ARTIGO.....	47

1. INTRODUÇÃO

A utilização de pastagens como fonte de alimento é a alternativa mais econômica na nutrição de ruminantes. Em decorrência de fatores climáticos sazonais, têm-se baixas produções no período da seca e no período das águas o crescimento das plantas pode ultrapassar a capacidade de consumo de matéria seca do rebanho. Principalmente quando mal manejado e resultar em perdas no valor nutricional pela senescência da forragem (ARAÚJO *et al.*, 2019).

A silagem é a principal alternativa para proporcionar oferta regular de alimento no período seco. A ensilagem é um processo de por meio de acidificação e sua eficiência depende de fatores como o teor de MS, carboidratos solúveis e poder tamponante da forragem, bem como o manejo adequado na produção da silagem (NEGRÃO *et al.*, 2016; NEGRÃO; DANTAS, 2010).

Plantas como milho, sorgo, cana-de-açúcar e os capins tropicais são as forrageiras mais utilizadas para a produção de silagem no Brasil (BERNARDES *et al.*, 2018). Em 2013 a EMBRAPA e a Sulpastos lançaram a variedade BRS Estribo (*Sorghum sudanense* L.) que mesmo com poucos estudos disponíveis, demonstrou potencial produtivo promissor tanto na região sul do Brasil quanto no Norte de Minas Gerais (SILVEIRA *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2018). Em função da sua elevada produção e ciclo curto, o capim-sudão cv. BRS Estribo tem potencial para ser utilizado na forma de silagem. Para isso é essencial conhecer seu potencial bromatológico, momento ou altura ideal para colheita e a resposta dessa forrageira ao processo de conservação.

Como a altura da planta está associada com sua idade ou nível de maturidade fisiológica, a busca por alturas ideais para colheita pode resultar em teor de MS ideal no momento da ensilagem. Além disso, a altura no momento da

27 colheita também deve levar em consideração a composição bromatológica da
28 forragem, pois quanto mais alta, pior será seu perfil nutricional.

29 Além da qualidade nutricional da forragem o tempo de armazenamento é
30 fundamental para produção da silagem. O prolongamento do tempo de
31 armazenamento das silagens para fornecimento aos animais pode ocasionar
32 alterações no valor nutricional, na qualidade sanitária e 2 na estabilidade
33 aeróbica dos volumosos devido a atuação de microrganismos indesejáveis
34 (KUNG Jr *et al.*, 2018).

35 Estes fatores justificam a necessidade de estudos sobre tempo de
36 armazenamento e alturas de colheitas e seus impactos na preservação e
37 composição química da silagem de capim-sudão cv. BRS Estribo.

38

39

40 **2. OBJETIVOS**

41 **2.1 Objetivo Geral**

42

43 Avaliar a produção, composição química bromatológica e perdas no
44 processo de ensilagem do capim-sudão BRS Estribo submetido a diferentes
45 alturas de corte em dois períodos de armazenamento.

46 **2.2 Objetivos Específicos**

47

48 - Avaliar a produção e o acúmulo diário de matéria seca e a relação
49 folha:colmo do capim-sudão cv BRS Estribo submetido a diferentes
50 alturas de corte.

51 - Avaliar o efeito das alturas e do tempo de armazenamento sobre os
52 teores de matéria seca, proteína bruta, fibras insolúveis em detergente
53 neutro e ácido; extrato etéreo, cinzas, carboidratos não fibrosos e
54 nutrientes digestíveis totais da silagem de capim-sudão cv. BRS Estribo.

55 - Avaliar o efeito das alturas e do tempo de armazenamento sobre o pH e
56 as perdas de matéria seca por efluentes e gases.

57

58

59 3. REVISÃO DE LITERATURA

60

61 3.1 Potencial de ensilagem dos capins tropicais

62

63 As condições climáticas do Brasil permitem o cultivo de várias forrageiras
64 a serem utilizadas para a ensilagem. O milho (*Zea mays L.*) é a espécie mais
65 cultivada para produção de silagem seguido do sorgo (*Sorghum bicolor*), cana-
66 de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e os capins tropicais, sendo *Brachiaria* sp.,
67 *Megathyrsus maximus* e *Pennisetum purpureum* os mais utilizados (MELLO,
68 2004; BUMBIERIS JR *et al.*, 2008).

69 A adequação da forragem a conservação na forma de silagem é
70 denominada capacidade fermentativa e para isso, a forragem deve possuir
71 teores adequados de MS, carboidratos solúveis e baixa capacidade tamponante
72 (REIS *et al.*, 2014).

73 O teor de MS da silagem influencia o tipo de microrganismos
74 predominantes e também a perda por efluentes de compostos solúveis
75 (FRANÇA *et al.*, 2015; GOESER; HEUER; CRUMP, 2015; BERNARDES *et al.*,
76 2018). MCDONALD; HENDERSON; HERON, (1991) preconizaram que os
77 valores ideais de MS para obter silagem de boa qualidade estão entre 28 a 40
78 g/100g de MN, sendo que abaixo desse intervalo aumenta-se a perda por
79 efluentes e o risco de crescimento de microrganismos indesejáveis. Já os valores
80 acima de 40 g/100g de MN impedem a boa compactação e eliminação do
81 oxigênio no interior do silo, o que também desencadeia fermentações
82 indesejáveis (FREITAS *et al.*, 2017).

83 Os microrganismos utilizam os carboidratos solúveis como substratos da
84 fermentação para produzir ácidos orgânicos, principalmente, o lático, que
85 acidifica o meio e, conseqüentemente, propicia a conservação da silagem. Os

86 principais açúcares utilizados pelos microrganismos são frutose, glicose,
 87 sacarose e frutanas (HENDERSON, 1993). Os valores ideais acima de 6 a 8
 88 g/100g de MS de carboidratos solúveis foram sugeridos por (MCDONALD;
 89 HENDERSON; HERON, 1991). Apesar dos valores referência para um bom
 90 processo de ensilagem, os valores de MS e carboidratos solúveis da silagem
 91 variam conforme o tipo de forrageira (TABELA 1), diante as diferentes condições
 92 edafoclimáticas e de confecção da silagem.

93
 94 Tabela 1- Teores de matéria seca (MS) e carboidratos solúveis (CS) em
 95 culturas forrageiras destinadas a ensilagem

Cultura	MS (%MN)	CS (%MS)	Autor
Capim-tanzânia	27,3	3,2	Coan <i>et al.</i> (2007)
Capim-marandu	24,7	2,7	Bergamaschine <i>et al.</i> (2006)
Capim-elefante	20,7	5,0	Rodrigues <i>et al.</i> (2006)
Milho	31,2	9,4	Oliveira <i>et al.</i> (2010); Velho <i>et al.</i> (2007)
Sorgo	28,2	9,6 a 14,5	Oliveira <i>et al.</i> (2010)
Cana-de-açúcar	26,5 a 36,2	41,14	Macedo <i>et al.</i> (2011); Silva <i>et al.</i> (2008)

96 Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

97

98 A capacidade tamponante das forragens é a resistência que a massa
 99 ensilada possui ao abaixamento do pH e para a maior eficiência do processo,
 100 deseja-se que seja a menor possível, pois quanto mais lenta for a acidificação,
 101 maiores serão as perdas de MS (REIS *et al.*, 2014).

102 Quintino *et al.* (2016) ao avaliarem a influência da idade de corte (70, 90 e
 103 110 dias de semeadura) no valor nutritivo de silagem de capim-piatã
 104 encontraram valores de poder tamponante de 24,47, 24,93 e 28,41 meq de
 105 NaOH/100 g de MS, respectivamente, o que representa um aumento de 0,098%
 106 a cada dia após a semeadura. Para os autores o valor ideal para capacidade
 107 tamponante é até 20 meq de NaOH/100 g de MS.

108 Ao compararem silagem de capim-piatã consorciada com o sorgo,
109 Quintinho *et al.* (2016) verificaram o aumento linear no valor do pH (4,42, 5,17 e
110 5,79) em função do avanço da idade, de 0,03 unidade percentual a cada dia após
111 a semeadura e para eles isso deveu-se ao incremento do componente capim,
112 que apresentou resultados elevados de poder tampão (24,47, 24,93 e 28,41 meq
113 de NaOH/100 g de MS) e baixos valores de MS (19,41, 18,99 e 20,42%), o que
114 impediu o rápido decréscimo do pH.

115 A qualidade da silagem é influenciada pela velocidade com que o pH
116 abaixa, pois a rápida acidificação auxilia na redução de microrganismos
117 indesejáveis e, conseqüentemente, na perda de MS (PEREIRA *et al.*, 2007).

118 McDonald; Henderson; Heron (1991) preconizam que o valor ideal de pH
119 da silagem seja abaixo de 4,2 para que se haja uma boa conservação. O valor
120 de pH está relacionado com a concentração de ácidos presentes no meio,
121 principalmente o ácido láctico que possui uma capacidade acidificante maior que
122 os demais comumente encontrados na silagem (MACÊDO *et al.*, 2019).

123 Para os capins tropicais, além da alta capacidade tamponante, os teores
124 de MS e carboidratos solúveis, comumente, estão abaixo dos valores
125 estabelecidos como ideais e essas condições fazem com que a fermentação seja
126 inadequada e aumente o risco de proliferação de microrganismos indesejáveis.
127 Entretanto, os capins tropicais possuem alto rendimento de MS, em torno de 20
128 t ha⁻¹ enquanto que as silagens de milho, sorgo e cana-de-açúcar apresentaram
129 13,0; 13,2; e 25,2 t t.ha⁻¹, respectivamente (DANIEL *et al.*, 2011), o que
130 demonstra o potencial destas forrageiras em produzir massa forrageira.

131 Segundo Weinberg *et al.* (2011) o milho e o sorgo, comumente,
132 apresentam valores adequados para os teores de MS, carboidratos solúveis e

133 capacidade tamponante, o que favorece a fermentação adequada da massa. O
134 milho apresenta vantagem de ter melhor valor nutritivo que o sorgo, porém este
135 último apresenta maior capacidade de adaptar as condições de déficit hídrico
136 (WEINBERG *et al.*, 2011).

137 O alto teor de carboidratos solúveis associado ao valor adequado de MS
138 da cana-de-açúcar, permitem a queda rápida no pH da silagem, porém a
139 fermentação dominante é por leveduras com maior produção de etanol e,
140 conseqüentemente, perdas de MS o que torna necessário o uso de aditivos
141 (SIQUEIRA *et al.*, 2011).

142 Segundo Santos *et al.* (2016), embora algumas características dos capins
143 tropicais não sejam favoráveis à produção de silagem, a alta produtividade no
144 período chuvoso gera um excedente de forragem que pode ser armazenado para
145 ser utilizado no período da seca. Segundo os autores, quando associa-se a
146 produtividade com a exigência de manejo da forragem, as silagens de capim
147 podem apresentar menor custo comparado as de milho e sorgo (SANTOS *et al.*,
148 2006) além de servirem como ferramenta para auxiliar o manejo do pasto e
149 minimizar as perdas de forragem por senescência e tombamento.

150 **3.2 Capim-sudão (*Sorghum sudanense*)**

151
152 O capim-sudão é considerado uma forrageira de clima seco e quente e
153 tolerante a déficit hídrico. Devido a sua rusticidade, o capim-sudão é muito
154 utilizado em cruzamentos com espécies de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* cv.
155 Bicolor) (GONTIJO *et al.*, 2008) para produção de híbridos com maior produção
156 de forragem.

157 Os híbridos do sorgo granífero com capim-sudão apresentam adaptação a
158 baixa disponibilidade de água, alto rendimento forrageiro, boa capacidade

159 germinativa e perfilhamento o que os tornam um bom recurso para produção de
 160 forragem ao longo do ano (TOMICCH *et al.*, 2006). Segundo os autores, os
 161 híbridos do capim-sudão são opção de volumoso para o período da seca pelo
 162 seu elevado valor nutritivo (TABELA 2).

163 Tabela 2 - Valor nutritivo do capim-sudão e dos seus híbridos

Forrageiras		MS (%)	<u>PB</u>	<u>FDN</u>	<u>FDA</u>	<u>Lig</u>
		% da MS				
Híbridos	AG2501C	16,70	14,60	65,10	35,80	4,10
	BR800	16,60	14,40	64,40	35,30	4,10
Capim-sudão		13,75	9,92	70,57	42,31	

164 Fonte: Adaptado de TOMICCH *et al.*, 2006; FERREIRA *et al.*, 2000. MS= Matéria Seca
 165 PB= Proteína bruta FDN= Fibra insolúvel em detergente neutro Lig= Lignina

166
 167

168 O capim-sudão cv. BRS Estribo (*Sorghum sudanense L.*) é uma cultivar
 169 desenvolvida pela Embrapa e pela Sulpasto através da seleção no material
 170 genético do capim-sudão comum e foi lançada em 2013. Essa forrageira é de
 171 metabolismo C₄, possui porte alto e ereto, alto perfilhamento, alta rusticidade e
 172 tolerância ao déficit hídrico (SILVEIRA *et al.*, 2015).

173 Silveira *et al.* (2015) afirmaram que o capim-sudão cv. BRS Estribo não
 174 apresenta riscos de intoxicação aos animais, possui tolerância ao pastejo e
 175 pisoteio e tem colmos mais finos quando comparado ao capim-sudão comum. A
 176 tabela 4 demonstra as características químicas do capim-sudão cv. BRS Estribo

177 Tabela 3- Composição bromatológica da folha e do colmo do capim-sudão cv.
 178 BRS Estribo

Componentes	MS%	PB%	FDN%	Lignina%
Folha	91,37	19,10	68,25	2,85
Colmo	87,76	13,00	60,14	2,44

Fonte: Adaptado de SILVEIRA *et al.*, 2015. MS= matéria seca PB= proteína bruta
 FDN= fibra insolúvel em detergente neutro

179 O capim-sudão cv. BRS Estribo foi desenvolvido para pastejo (SILVEIRA
180 *et al.*, 2015) e observou-se que suas folhas apresentaram altos teores de PB
181 (TABELA 3) no campo experimental da Embrapa em Bagé-RS. Entretanto,
182 diante das qualidades atribuídas a este cultivar, principalmente, a adaptação a
183 tolerância ao déficit hídrico, foram iniciados estudos no ICA/UFMG no Norte de
184 Minas Gerais (FERREIRA *et al.* 2017). Ferreira *et al.* (2017) estimaram a
185 produção total acumulada entre 7.471,34 kg/ha a 10.071,16 kg/ha ao avaliarem
186 diferentes alturas de manejo para o capim-sudão BRS Estribo no período de
187 transição águas-secas, o que demonstra potencial desta forrageira anual para
188 cultivo na safrinha inclusive para a produção de silagem.

189 **3.3 Efeitos da altura de manejo na qualidade da forragem**

190
191 A compreensão dos efeitos que os mecanismos morfofisiológicos, manejo
192 e ambiente exercem sobre crescimento e acúmulo de forragem é importante para
193 o controle adequado da frequência e intensidade de desfolha e,
194 conseqüentemente, para o melhoramento no sistema de produção (SILVA *et al.*,
195 2017). Deve-se, então, definir o momento adequado para ensilagem, pois a
196 estrutura do dossel e a rebrota eficiente definirão a composição do alimento
197 consumido pelos animais (TRINDADE *et al.*, 2007).

198 Costa *et al.* (2007) afirmaram que a época de colheita da forragem, seja
199 pelo corte ou pastejo, deve estar relacionada à altura da planta e,
200 conseqüentemente, ao seu valor nutritivo.

201 Maiores alturas aumentam os ganhos na produção de forragem e, segundo
202 Rodrigues *et al.* (2014) a produção do capim-tanzânia em diferentes idades (7,

203 14, 21, 28 e 35 dias) aumentaram de 0,15 a 5,7t/ha dia de acordo com o tempo
204 crescente de rebrota.

205 Entretanto, é importante verificar até que ponto esse incremento pode ser
206 vantajoso, pois entende-se que a altura do dossel pode reduzir a
207 relação folha/colmo e comprometer a qualidade da forragem (ARAUJO *et al.*,
208 2019).

209 Segundo Laca; Lemaire (2000), o valor nutritivo da forragem é influenciado
210 pela sua estrutura, tal como, a altura do dossel, massa de forragem, densidade
211 populacional de perfilhos, índice de área foliar e relação folha/colmo. O avanço
212 do desenvolvimento da planta forrageira reduz progressivamente a proporção de
213 lâminas foliares à medida que aumenta o alongamento do colmo e
214 conseqüentemente, diminui a relação folha:colmo (PINTO *et al.*, 1994; CUOMO
215 *et al.*, 1996).

216 Araújo *et al.* (2019) avaliaram a produtividade do capim-mombaça sob
217 diferentes idades de rebrota (7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias) e encontraram
218 redução da relação folha: colmo (5,75 a 0,89) com o aumento de dias de rebrota.
219 Costa *et al.* (2013) observaram relação folha: colmo de 0,87, 0,85 e 0,81
220 respectivamente, para o capim-Tifton 85 submetidos a alturas de resíduos de 10,
221 20 e 30 cm.

222 A redução na relação folha: colmo com o crescimento da planta tem como
223 consequência o aumento nos teores de lignina e fibras indigestíveis enquanto
224 que os componentes intracelulares, como os carboidratos solúveis e proteína,
225 tendem a reduzir resultando na menor digestibilidade da matéria seca (MS)
226 (ARAUJO *et al.*, 2019; EUCLIDES *et al.*, 1995).

227 Dim *et al.* (2015) avaliaram as características agronômicas, estruturais e
228 bromatológicas do capim-piatã em diferentes alturas de manejo (30, 45 e 60cm)
229 e encontraram valores de 56,93, 66,32 e 69,52% para FDN e 9,43, 9,64 e 7,98%
230 para PB, de acordo com a elevação do corte. Os autores afirmaram que o avanço
231 da idade fisiológica da planta, aumenta a proporção de celulose, lignina e
232 hemicelulose e reduz a proporção dos nutrientes digestíveis totais.

233 Costa *et al.* (2007) avaliaram o efeito de intervalos de corte (15, 20, 30 e 45
234 dias) na produção e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. MG-
235 5 e encontraram redução na PB (16,02 a 8,86%) e aumento na FDN (57,37 a
236 70,82%) de acordo com o aumento dos intervalos de corte.

237

238 **3.4 Ensilagem e processos fermentativos**

239

240 Ensilagem é definida como o processo biológico de conservação das
241 forrageiras úmidas em condições anaeróbicas com o objetivo final de preservar
242 parte dos nutrientes da forragem original em meio ácido. Seu princípio é a
243 fermentação de carboidratos solúveis que irão formar ácidos orgânicos e,
244 conseqüentemente, reduzir o pH da silagem (REIS *et al.*, 2014).

245 Tomich (2012) descreveu o processo de ensilagem em três fases. A
246 primeira é a fase aeróbica que se inicia com o corte da forrageira e persiste até
247 o esgotamento do oxigênio presente no silo. Essa fase deve ser concluída
248 rapidamente, uma vez que a presença de O₂ permite a fermentação de
249 carboidratos solúveis em CO₂ e água pelos microrganismos aeróbicos e
250 anaeróbicos facultativos, com perda de MS, aumento da temperatura no interior
251 do silo e redução na qualidade da silagem.

252 A fase dois, anaeróbica, inicia-se após o esgotamento do oxigênio até que
253 o pH da forragem esteja baixo a ponto de inibir o crescimento potencial de todos
254 os microrganismos e isso ocorre pela fermentação dos carboidratos solúveis até
255 ácidos orgânicos, principalmente, o ácido lático. A velocidade do abaixamento
256 do pH influencia a qualidade da silagem produzida, pois a rápida acidificação
257 auxilia na redução de microrganismos indesejáveis e, conseqüentemente, a
258 perda de MS (PEREIRA *et al.*, 2007).

259 A fase três é a fase de estabilidade onde não há variação do pH da massa
260 ensilada, com baixa atividade de microrganismos e pequenas alterações na
261 composição química da silagem. É nessa fase, que a silagem está pronta para
262 o consumo dos animais (TOMICH, 2012).

263 Durante a ensilagem há várias mudanças químicas como, perda de MS e
264 mudança de pH devido à fermentação, que é o processo de obtenção de energia
265 de alguns microrganismos a partir dos carboidratos (REIS *et al.*, 2014).

266 Diferentes gêneros foram descritos como bactérias acidoláticas (BAL) por
267 terem o ácido lático como produto primário da fermentação de carboidratos
268 solúveis, sendo os principais os *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*,
269 *Enterococcus* e *Streptococcus* (PAHLOW *et al.*, 2003). Dentro desses gêneros,
270 as bactérias são classificadas em homofermentativas, quando produzem apenas
271 ácido lático e heterofermentativas quando também há produção de acetato,
272 etanol, CO₂ entre outros produtos (REIS *et al.*, 2014).

273 As BAL são os principais microrganismos que atuam na fermentação da
274 silagem e para sua eficiência é necessário a presença de substratos,
275 anaerobiose e população em quantidade adequada (McDONALD;
276 HENDERSON; HERON, 1991). A via homolática é considerada a mais eficiente

277 na conservação da MS que a via heterolática, entretanto, o acetato produzido
278 nessa última é o segundo ácido com maior poder acidificante e atua na redução
279 das leveduras na fase de abertura do silo (REIS *et al.*, 2014).

280 A fermentação por bactérias homofermentativas não provoca perda de MS
281 e reduz a energia em apenas 0,7%, enquanto que as heterofermentativas geram
282 perda de até 4,8% de MS e 1,0% de energia (McDONALD; HENDERSON;
283 HERON,1991).

284 As enterobactérias são bacilos gram-negativos anaeróbicos facultativos
285 que incluem bactérias patogênicas, como *E. coli*, e influenciam a qualidade
286 sanitária da silagem, por estarem associadas a toxinas causadoras de mastite
287 (REIS *et al.*, 2014). Por competirem com as BALs no início da fermentação pelos
288 carboidratos solúveis, as enterobactérias retardam, temporariamente, a eficiente
289 queda do pH no silo, uma vez que sua população decresce à medida que o meio
290 fica acidificado tendo sua inibição total em pH 5,0. Além disso, as enterobactérias
291 são capazes de fermentar os aminoácidos ocasionando perdas de proteínas
292 (ADESOGAN; QUEIROZ, 2009).

293 A fermentação feita pelas bactérias do gênero *Clostridium* tem como
294 substrato os carboidratos solúveis, ácido lático e aminoácidos, reduzindo a
295 proteína da silagem. Além disso, eles geram como um dos produtos finais o
296 butirato, que por sua característica sensorial reduz o consumo da silagem pelos
297 animais (PAHLOW *et al.*, 2003).

298 McDonald; Henderson; Heron (1991) classificaram as bactérias do gênero
299 *Clostridium* em três grupos: os sacarolíticos que produzem ácido butírico a partir
300 de carboidratos solúveis e ácido lático; os proteolíticos que produzem vários

301 ácidos, amônia, amina e CO₂ a partir da fermentação de aminoácidos e os
302 sacaroproteolíticos que fermentam tanto açúcares como aminoácidos.

303 A fermentação alcoólica é realizada pelas leveduras. É indesejável sua
304 presença na massa ensilada, pois elas competem por substrato com as BALs e
305 fermentam os carboidratos solúveis e ácido láctico a etanol gerando perda de MS.
306 As leveduras são, em sua maioria, aeróbicas, porém algumas conseguem
307 sobreviver sob condições de anaerobiose. Na presença de oxigênio, a
308 fermentação por leveduras é a principal responsável pela deterioração da
309 silagem (REIS *et al.*, 2014).

310 **3.5 Efeito do período de conservação na qualidade da silagem**

311 As principais reações fermentativas do silo ocorrem nas três primeiras
312 semanas após a ensilagem, entretanto podem prosseguir ao longo do tempo de
313 conservação e ocasionar modificações da qualidade nutricional da silagem
314 (GERLACH *et al.*, 2018; JUNGES *et al.* 2013; KUNG Jr *et al.*, 2018).

316 Redução no valor de pH da silagem com o aumento do tempo de
317 conservação foi observado em diferentes estudos (ALI *et al.*, 2015; BODINE *et*
318 *al.*, 1983; FERRARETTO *et al.*, 2014; GERLACH *et al.*, 2018; GONZALEZ;
319 RODRIGUES, 2003; KUNG JR *et al.*, 2018; KUNG JR., 2016; LEE *et al.*, 2020;
320 MÜLLER; PAULY; UDÉN, 2007;). Outros trabalhos não observaram variação no
321 pH (PARVO; NISHINO, 2009; YOUNG *et al.*, 2012) ou verificaram aumento
322 (JUNGES *et al.* 2013; WEINBERG; CHEN, 2013) com o tempo de conservação.
323 Esses autores utilizaram vários tipos materiais (planta inteira de milho; grão
324 úmido de milho; alfafa; resíduo de alho e diferentes gêneros de capins: *Panicum*;
325 *Sorghum*; *Festuca*, *Agropyrum*; *Medicago*) e diversos períodos de conservação

326 das silagens; curtos (7 a 28 dias), médio (30 a 120 dias) e outros mais longos
327 (45 a 360 dias).

328 Os autores atribuíram a redução do pH com o maior tempo de ensilagem
329 devido ao aumento da degradação de proteínas insolúveis (zeínas no caso do
330 milho) e do amido que resultou na maior produção de ácido láctico
331 (FERRARETTO *et al.*, 2014; HOFFMAN *et al.*, 2011). Já o aumento do valor de
332 pH foi relacionado a redução de ácido láctico e conversão em outros produtos, tal
333 como o ácido acético (JUNGES *et al.*, 2013; MCDONALD; HENDERSON;
334 HERON,1991).

335 Entretanto, o aumento da digestibilidade do amido com o maior período de
336 conservação é variável e depende do tipo de cultivar (vitreosidade), maturidade
337 (teor de MS) à colheita, altura de corte, já que os resultados indicaram diferentes
338 interações entre esses fatores (BEDROSIAN, NESTOR, KUNG JR; 2012;
339 FERRARETTO; CRUMP; SHAVER, 2015).

340 Alguns autores também relataram alteração nas perdas de MS de silagens
341 submetidas a diferentes tempos de conservação. França *et al.* (2015)
342 encontraram em silagem de farelo de glúten de milho perdas de MS por efluentes
343 (17,97 a 35,14 g Kg⁻¹ de MV) e gases (1,90 a 5,68%) com o aumento do tempo
344 de conservação (14 a 42 dias conservação). Ali *et al.* (2015) observaram que o
345 aumento do tempo de conservação (30, 60 120 dias) de silagens de milho,
346 reduziu o pH (4,94; 4,58; 4,16) e a produção de gás *in vitro* da silagem após 72
347 horas (325; 312; 295 mL/g de MO) e associaram estes resultados às perdas de
348 MS. Os autores alegaram que a redução do pH apesar de significativa, ainda
349 permitiu a manutenção de bactérias heteroláticas e leveduras, o que resultou na
350 maior perda de MS por gases (CO₂).

351 Weinberg; Chen (2013) observaram em silagem de milho (30 e 365 dias de
352 conservação) o aumento das perdas de MS (0,075 vs 0,117 g. kg de MS) com o
353 maior tempo de conservação. Semelhantemente, Junges *et al.* (2013) relataram
354 que o aumento no tempo de conservação da silagem de milho (30, 60, 90 e 120
355 dias) elevaram as perdas por efluentes (6,04; 11,21; 18,75, 19,95 kg.t). Os
356 autores atribuíram o resultado a fermentação secundária (bactérias
357 heteroláticas) da silagem e produção de CO₂ a partir da metabolização de ácido
358 láctico em acético e propiônico (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK; SPOELSTRA,
359 1999) resultando em perdas de matéria seca.

360 As perdas de MS por gases (CO₂) são maiores na fase inicial da ensilagem,
361 devido à respiração celular (aerobiose), mas podem continuar ao longo do tempo
362 de conservação dependendo do teor de MS, densidade de compactação, tipo de
363 substrato (CNF ou FDN) e microrganismos envolvidos (ALI *et al.*, 2015;
364 MCDONALD; HENDERSON; HERON,1991). Ressalta-se que o teor de MS
365 inicial nos estudos de Ali *et al.* (2015) e Junges *et al.* (2013) foram 33 e 30,7%,
366 respectivamente.

367 Goeser; Heuer; Crump (2015) fizeram uma meta-análise com 398 amostras
368 de silagem de milho e relataram que o tempo de conservação médio foi de 84
369 dias (1,0 a 575 dias). O tempo de conservação foi positivamente correlacionado
370 com as perdas de MS (MS ensilada menos a MS à abertura do silo) e segundo
371 os autores, além dos carboidratos solúveis, outros substratos como pectinas e
372 hemicelulose podem ser fermentados a longo prazo. Ainda, os autores
373 ressaltaram que as perdas de MS relacionadas ao tempo de fermentação de
374 maneira geral, tendem a apresentar comportamento quadrático, a depender da
375 concentração, composição e a fermentabilidade do material ensilado.

376 Alterações na concentração dos produtos da fermentação foram
377 observadas com o aumento do tempo de conservação das silagens. Alguns
378 estudos observaram maior concentração do ácido láctico, acético e etanol
379 (BODINE *et al.*, 1983; HERRMANN; HEIERMANN; IDLER, 2011; HOFFMAN *et*
380 *al.*, 2011; JUNGES *et al.*, 2013; LEE *et al.*, 2020; ; MIYAJI, MATSUAMA;
381 NONAKA, 2017; MULLER; PAULY; UDÉN, 2007; YOUNG *et al.*, 2012).

382 Outros trabalhos apontaram resultados diferentes. Gerlach *et al.* (2018) ao
383 avaliarem a silagem de milho armazenada em 30, 60, 90 e 120 dias, observaram
384 semelhança nas concentrações de ácido láctico (62,6 g/Kg de MS) e acético (11,0
385 g/Kg de MS). Gonzalez; Rodrigues (2003) também reportaram a semelhança na
386 concentração de ácido láctico (12,5 g/kg de MS), mas a maior concentração de
387 ácido acético (27 e 44 g/kg de MS) em silagens de diferentes gramíneas
388 conservadas por 53 e 111 dias. Já Weinberg; Chen (2013) encontraram redução
389 dos teores de ácido láctico (63 vs 42 g/Kg de MS) e aumento dos teores de acético
390 (15 vs 47 g/Kg de MS) em silagem de milho (30 e 365 dias de conservação).

391 Herrmann; Heiermann; Idler (2011) reportaram diferente comportamento da
392 concentração de ácidos láctico e acético de acordo com a espécie ensilada (10;
393 90; 180 e 365 dias de conservação). Nas silagens de milho e centeio, o ácido
394 láctico aumentou até o dia 90, seguido por declínio após 180 dias concomitante
395 ao aumento do ácido acético e etanol. Já as silagens de triticale e sorgo
396 apresentaram maior teor de ácido láctico aos 180 e 365 dias de armazenamento,
397 respectivamente.

398 Observou-se nos estudos revisados grande variação na metodologia,
399 principalmente, quanto ao material ensilado e o período de conservação e os
400 efeitos foram atribuídos, principalmente, às diferenças na composição química,

401 teor de MS e carboidratos solúveis, capacidade tamponante e densidade de
402 compactação. Esses fatores interagiram entre si e influenciaram o tipo de
403 microrganismo predominante (homo e heteroláticos, leveduras) e os produtos da
404 fermentação (ácidos láctico, acético, propiônico, butírico e etanol) (DRIEHUIS;
405 OUDE ELFERINK; SPOELSTRA, 1999; JUNGES *et al.*, 2013; MCDONALD;
406 HENDERSON; HERON,1991).

407 O maior teor de N-NH₃ das silagens foi observado com o aumento do
408 período de estocagem (ÍTAVO *et al.*, 2000; MULLER; PAULY; UDEN, 2007;
409 FERRARETTO *et al.*, 2014; FERRARETTO; CRUMP; SHAVER, 2015;
410 FERRARETTO *et al.*, 2015; SANTOS; KUNG JUNIOR, 2016; LEE *et al.*, 2020).
411 As silagens foram confeccionadas a partir de diferentes forragens, grãos e
412 coprodutos (milho, alfafa, grão de sorgo, bagaço de laranja e diferentes gêneros
413 de capins) e o tempo máximo de conservação variou entre os estudos (28, 64,
414 90, 150,180, 240 e 360 dias). Isso explica a magnitude da redução de N-NH₃
415 observada entre os estudos; cerca de duas a nove unidades percentuais entre o
416 menor e maior tempo de conservação. Segundo os autores, o aumento do N-
417 NH₃ concomitante ao tempo de conservação foi devido, principalmente, à maior
418 degradação da fração proteica associada à fibra (NIDN).

419 O efeito do tempo de conservação das silagens sobre os componentes da
420 parede celular também foi observado nos estudos. A redução dos teores da
421 hemicelulose e NIDN, aumento da concentração de lignina e,
422 conseqüentemente, a menor degradação da FDN foram associados ao maior
423 tempo de conservação das silagens (HRISTOV *et al.*, 2019; HERRMANN;
424 HEIERMANN; IDLER, 2011; YAHAYA *et al.*, 2001). Yahaya *et al.* (2001)
425 observaram em silagens de leucena e orchard grass (*Dactylis glomerata* L.),

426 maior degradação dos componentes da parede celular (celulose, hemicelulose
427 e pectina) com o aumento do período de conservação (0, 21 e 56 dias). Para as
428 duas forrageiras a redução dos teores de hemicelulose e pectina,
429 respectivamente, foi em média, de 17 a 19%. Herrmann; Heiermann; Idler (2011)
430 atribuíram a redução do teor de hemicelulose em silagens de milho, sorgo,
431 centeio e triticale (10; 90; 180 e 365 dias de conservação) à hidrólise lenta e
432 contínua por ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação.

433 Entretanto, os efeitos do tempo de conservação sobre o teor ou
434 digestibilidade da FDN são diversos. Santos; Kung Jr (2016) não observaram
435 influência do tempo de conservação (45; 180; 270 e 360 dias) sobre o teor (42%
436 da MS) e digestibilidade *in vitro* da FDN (41%) da silagem de alfafa. Herrmann;
437 Heiermann; Idler (2011) avaliaram silagens de diferentes forragens por 10; 90;
438 180 e 365 dias de conservação. Os autores observaram semelhança nos teores
439 de FDN das silagens de milho (36,3), centeio (60,2%) e triticale (43,2%), mas
440 redução nas de sorgo (56,6 a 50,9%) entre os tempos 10 e 135 dias de
441 conservação.

442 Ítavo *et al.* (2000) ao avaliarem silagens de bagaço de laranja entre 1 a 64
443 dias de armazenamento, observaram efeitos sobre o teor e digestibilidade de
444 FDN apenas até o 16º dia. Segundo os autores, o teor de MS inicial, composição
445 da fração fibrosa e ambiente de fermentação interagem de maneira diferente
446 com os tempos de fermentação e, conseqüentemente, promovem diferentes
447 resultados.

448 **3.6 Perdas no processo de ensilagem**

449 Durante o processo de ensilagem ocorrem alterações que podem reduzir a
450 qualidade do produto fermentado (REIS *et al.*, 2014), a depender do manejo
451

452 empregado durante o armazenamento, tal como teor de MS inicial, tamanho de
453 partícula, densidade de compactação, eficiência de vedação entre outros fatores
454 (FERRARETTO *et al.*, 2014; JOBIM *et al.*, 2007; MCDONALD; HENDERSON;
455 HERON,1991). A redução na qualidade da silagem também pode ocorrer pela
456 presença de microrganismos deteriorantes que competem com as BAL por
457 substratos o que ocasiona perdas nutricionais (PEREIRA *et al.*, 2014).

458 As perdas de MS por gases estão associadas ao tipo de fermentação
459 ocorrida na ensilagem, sendo minimizadas quando as BALs degradam a glicose
460 e demais carboidratos solúveis. Já na fermentação dos microrganismos
461 heteroláticos (Entereobactérias, Clostridium; leveduras) há maior perda de MS
462 pela produção de CO₂, etanol e ou ácido butírico (McDONALD; HENDERSON;
463 HERON,1991).

464 Guimarães Filho *et al.* (2011) afirmaram que os baixos teores de MS da
465 forragem aumentam as perdas por gases, pois favorecem o crescimento das
466 enterobactérias e leveduras e, conseqüentemente, a produção de CO₂. Negrão
467 *et al.* (2016) avaliaram as perdas e o perfil fermentativo da silagem de capim
468 *Brachiaria decumbens* com a inclusão de farelo de arroz (0, 10, 20, 30 e 40% da
469 MN). Os autores observaram teores crescentes de MS, (24,1; 26,0; 29,2; 31,5 e
470 42,1% da MN) e redução linear das perdas de gases (9,9, 8,77, 7,59, 6,41 e
471 5,23% da MS) de acordo com o aumento da inclusão do farelo de arroz.

472 Para os autores supracitados a redução na perda de gases está
473 relacionada a maiores teores de MS, o que reduz a possibilidade de crescimento
474 de enterobactérias, leveduras e Clostridium e, conseqüentemente, diminui a
475 produção de CO₂.

476 Os efluentes também são fontes de perdas durante o processo de
477 ensilagem que por meio de lixiviação levam grande quantidade de carboidratos,
478 ácidos orgânicos, proteínas, minerais e aminoácidos ocasionando redução na
479 qualidade nutricional (McDONALD; HENDERSON; HERON,1991). O volume de
480 efluentes produzidos está relacionado ao tipo de silo, dinâmica de fermentação,
481 fertilização do solo e, principalmente, aos teores de MS do material ensilado e a
482 densidade de compactação (LOURES *et al.*, 2003).

483 Materiais ensilados com teores de MS abaixo de 25% da MN podem elevar
484 a produção de efluentes acima de 100 kg/ t. de MV, enquanto que teores de MS
485 acima de 30% da MN, essas perdas podem ser pouco significativas ou nulas,
486 bem como a diminuição da ocorrência de fermentações indesejáveis
487 (McDONALD; HENDERSON; HERON,1991).

488 Melo *et al.* (2016) ao avaliarem silagens de capim-tanzânia com diferentes
489 aditivos encontraram redução das perdas por efluentes decrescentes (46,1, 22,5;
490 12,1; e 7,58 e k/t de MV) de acordo com o aumento dos teores de MS da silagem
491 (27,7; 31,6; 34,7 e 35,8 g/100g de MN).

492 Tavares *et al.* (2009) avaliaram o efeito de diferentes densidades de
493 compactação (400, 500, 600, 700 ou 900 kg/m³) na ensilagem de capim-
494 tanzânia. Os autores observaram aumento de 107,60 L/t na produção de efluente
495 do tratamento 400 para 900 kg/m³. Para os autores, a pressão aplicada na
496 silagem pode ocasionar perdas de seiva e água da forragem (extra e
497 intracelulares), contribuindo para a maior produção de efluentes.

498 Carvalho *et al.* (2014) avaliaram o efeito de níveis de inclusão de maniçoba
499 (0, 20, 30 e 40%) nas características fermentativas na ensilagem de cana-de-
500 açúcar. Os autores encontraram concentrações de decrescentes de etanol (25,6;

501 14,1; 11,0 e 2,7% de MS), redução nas perdas por efluentes (24,2; 24,1; 19,5 e
502 18,6 kg/t. de MV) e gases (32,5; 22,4, 14,0 e 10,4% MS) de acordo com o
503 aumento da quantidade de aditivo na silagem. Para os autores, os resultados
504 foram devido ao aumento do teor de MS e redução do crescimento de leveduras
505 com a adição crescente de maniçoba.

506 Caregnato *et al.* (2019) ao avaliarem o efeito de diferentes aditivos
507 (*Lactobacillus buchneri*; farelo de trigo e casca de soja) sobre a qualidade da
508 silagem de cana-de-açúcar, encontraram redução das perdas por gases (9,59;
509 3,31; 2,70; 1,64, 4,32%) e efluentes (237,7; 84,2; 54,8; 50,6 e 39,9 kg.t de MV)
510 de acordo com o aumento crescente dos teores de MS (20,98; 21,53; 24,07;
511 23,69 e 23,88 % da MN).

512

513

514 REFERÊNCIAS

515

516 ADESOGAN, A. T.; QUEIROZ, O.C. Silage pathogenicity and implications for the
517 ruminant production chain. **Proc. Int. Symp. Forage Quality and Conservation**,
518 p. 225-241, 2009.

519

520 ALEXANDRINO, E.; CÂNDIDO, M. J.D.; GOMIDE, J.A. Fluxo de biomassa e taxa
521 de acúmulo de forragem em capim Mombaça mantido sob diferentes alturas.
522 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.12, n.1, p. 59-71, 2011.

523

524 ALI, M. *et al.* Effect of temperature and duration of ensiling on in vitro degradation
525 of maize silages in rumen fluid. **Journal of Animal Physiology and Animal**
526 **Nutrition**, v. 99, p.251-257, 2015.

527

528 AMORIM, D. S. *et al.* Pré-secado: uma alternativa para aumentar a segurança
529 alimentar dos rebanhos no período de escassez de forragem. **Revista**
530 **Electrónica de Veterinária**, v.18, n. 11, p. 1-13, 2017.

531

532 ARAUJO, L. M. B. *et al.* Produção de capim mombaça sob diferentes idades de
533 rebrotação no norte do Piauí. **Nucleus**, v. 16, n. 1, p.233-244, 2019.

534

535 BERGAMASCHINE, A. F. *et al.* Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-
536 marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzida com aditivos ou forragem
537 emurcheada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p. 1454-1462, 2006.

538

539 BERNARDES, T.F. *et al.* Silage review: Unique challenges of silages made in hot
540 and cold regions. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 4.001-4.019, 2018.
541

542 BODINE, A.B. *et al.* Effect of dry matter content and length of ensiling on quality
543 of alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, v. 66, p.2434-2437, 1983.
544

545 BUMBIERIS JUNIOR, V. H. *et al.* Forragens conservadas como estratégia no
546 planejamento forrageiro. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**,
547 V. 2, N. 40, p. , 2008.
548

549 CAREGNATO, N. E. *et al.* Fermentação e composição bromatológica da silagem
550 de cana-de-açúcar inoculada com *Lactobacillus buchneri*, associada ou não a
551 adição de fontes de carboidratos. **Ciência Animal Brasileira**, v.20, p.1-10, 2019.
552

553 CARVALHO, A. L. S. *et al.* Produção de leite em sistemas rotacionados de
554 capim-mombaça. In: **SIMPÓSIO MINEIRO DE PRODUÇÃO ANIMAL**, 3., e
555 SEMANA DE ZOOTECNIA, 10., 2015, Diamantina. Desafios e inovações na
556 produção animal. Diamantina: UFVJM, 2015. p. 53-55
557

558 CARVALHO, F. A. L. *et al.* Características fermentativas na ensilagem de cana-
559 de-açúcar com maniçoba. **Ciência Rural**, v.44, n.11, p.2078-2083, 2014.
560

561 COAN, R. M. *et al.* Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos
562 capins tanzânia e marandu acrescidas de polpa cítrica peletizada. **Revista**
563 **Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p.1502-1511, 2007.

564 COSTA, C.A.A. *et al.* Características agronômicas dos capins *Digitaria* sp. e
565 *Cynodon dactylon* cv. Tifton-85 sob diferentes alturas de resíduo. **Publicações**
566 **em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 7, n. 5, 2013.

567

568 COSTA, K. A. P. *et al.* Intervalo de Corte na Produção de Massa Seca e
569 composição químico –bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. MG-51.
570 **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1197-1202, 2007.

571

572 CUOMO, G.J. *et al.* Plant morphology and forage nutritive value of three
573 bahiagrass as affected by harvest frequency. **Agronomy Journal**, v.88, n.1,
574 p.85-89, 1996.

575

576 DA SILVA, T. C. *et al.* Morfogênese e estrutura de *Brachiaria decumbens* em
577 resposta ao corte e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v.61, n.233,
578 p.92, 2012.

579

580 DANIEL, J. L. P.; ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G. A escolha do volumoso
581 suplementar na dieta de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.
582 261-269, 2011.

583

584 DIM, V. P. *et al.* Características agronômicas, estruturais e bromatológicas do
585 capim Piatã em lotação intermitente com período de descanso variável em
586 função da altura do pasto. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.16,
587 n.1, p.10-22, 2015.

588 DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Anaerobic lactic
589 acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with
590 *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability.
591 *Journal of Applied Microbiology*, v.87, p.583-594, 1999.

592

593 EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALLE, L. C. S. Avaliação de acessos
594 de *Panicum maximum* sob pastejo. Campo grande: **Embrapa-CNPGC**, p. 7,
595 1995.

596

597 FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M.; SHAVER, R. D. Efeito do tempo de
598 ensilagem e adição de protease exógena à silagem de milho de plantas inteiras
599 de vários híbridos, maturidades e comprimentos de corte nas frações de
600 nitrogênio e na digestibilidade ruminal do amido. **Journal of Dairy Science**, v.98,
601 p. 8869-8881, 2015

602

603 FERRARETTO, L. F. *et al.* Effect of ensiling time and hybrid type on fermentation
604 profile, nitrogen fractions, and ruminal in vitro starch and neutral detergent fiber
605 digestibility in whole-plant corn silage. **Applied animal Science**, v.31, p.146-152,
606 2015.

607

608 FERRARETTO, L. F. *et al.* Relations between dry matter content, ensiling,
609 ammonia-nitrogen, and ruminal in vitro starch digestibility in high-moisture corn
610 samples. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.3221-3227, 2014.

611

612 FERREIRA, K. G. G. *et al.* 2017. Produção e composição morfológica da
613 forragem de capim-sudão cv. BRS estribo sob diferentes estratégias de
614 desfolhação. **XXVI semana de iniciação científica**, UFMG, Montes Claros, MG.

615

616 FRANÇA, A.M.S *et al.* Physical, chemical and microbiological dynamics of wet
617 corn gluten feed silage. **Ciência Rural**, v. 45, n.4, p.684-689, 2015.

618

619 FREITAS, P. M. D. *et al.* Qualitative parameters of pearl millet silage ammoniated
620 with urea, at different compaction densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,
621 v. 52, n. 8, p. 679-689, 2017.

622

623 GERLACH, K. *et al.* Effects of length of ensiling and maturity group on chemical
624 composition and in vitro ruminal degradability of whole-crop maize **Grass and**
625 **Forage Science**, v. 73, p.599-609, 2018.

626

627 GOESER, J.P.; HEUER, C.R.; CRUMP, P.M. Forage fermentation product
628 measures are related to dry matter loss through. **The Professional Animal**
629 **Scientist**, v. 31, p.137-145, 2015.

630

631 GONTIJO, M. H. R. Potencial forrageiro de seis híbridos de sorgo com capim-
632 sudão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.7, n. 1, p. 33-43, 2008.

633 GONZÁLEZ, G.; RODRIGUEZ, A.A. Effect of storage method on fermentation
634 characteristics, aerobic stability, and forage intake of tropical grasses ensiled in
635 round bales. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n.3, p.926-933, 2003.

636

637 GUIMARÃES FILHO, C.C.; MONTEIRO, K.D.; DEMINICIS, B.B. Utilização de
638 silagem de capim para alimentação de ruminantes. **Publicações em Medicina**
639 **Veterinária e Zootecnia**, v. 5, n. 36,p.1231- 1237, 2011.

640

641 HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**,
642 1993.

643

644 HERRMANN, C. HEIERMANN, M. IDLER, C. Effect of ensiling, silage additives
645 and storage period on methane formation of biogás crops. **Bioresource**
646 **Techology**, v. 102, p.5153-5161, 2011.

647

648 HRISTOV, A. N. *et al.*, Revisão convidada: Nitrogênio na nutrição de ruminantes:
649 uma revisão das técnicas de medição. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p.
650 5811-5852, 2019.

651

652 ÍTAVO, L.C.V. *et al.* Aditivos na conservação do bagaço de laranja in natura na
653 forma de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.5, p.1.474-1.484,
654 2000.

655

656 JOBIM C. C. *et al.* Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da
657 forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007.

658

659 JUNGES, D. *et al.* Additive containing homo and heterolactic bacteria on the
660 fermentation quality of maize silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35,
661 n. 4, p. 371-377, 2013.

662 KUNG JR., L. *et al.* Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and
663 organoleptic components of silage. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 4020-
664 4033, 2018.

665

666 LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: MANNETJE, L.;
667 JONES, R.M. (Eds.) Field and laboratory methods for grassland and animal
668 production research. **Wallingford: CABI Publication**, p.103-121, 2000.

669

670 LEE, Y.H. *et al.* Co-ensiling garlic stalk with citrus pulp improves the fermentation
671 quality and feed-nutritional value. **Asian-Australasian Journal of Animal**
672 **Science**, v. 33, p.436-445, 2020.

673

674 LOURES, D. R. S. *et al.* Características do Efluente e Composição Químico-
675 Bromatológica da Silagem deCapim-Elefante sob Diferentes Níveis de
676 Compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1851-1858, 2003.

677

678 MACEDO, A. J. S. *et al.* Potencialidades e limitações de plantas forrageiras para
679 ensilagem: Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.13,
680 n.2, p. 320 –337,2019.

681

682 MACEDO, T. M. *et al.* Degradabilidade da matéria seca e da fração fibrosa da
683 cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Saúde**
684 **Produção Animal**, v.12, n.2, p. 429-440, 2011.

685

686 MCDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. The biochemistry of silage. 2.
687 ed. Marlow Bucks: **Chalcombe Publications**. 1991.

688

689 MELLO, R. Silagem de milho, sorgo e gramíneas tropicais. **Revista Eletrônica**
690 **Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2004.

691

692 MELO, M. J. A. F. *et al.* Características fermentativas e composição química da
693 silagem de capim Tanzânia com aditivos. **Boletim de Industria Animal**, v.73,
694 n.3, p.189-197, 2016.

695

696 MIYAJI, M.; MATSUYAMA, H.; NONAKA, K. Effect of ensiling process of total
697 mixed ration on fermentation profile, nutrient loss and in situ ruminal degradation
698 characteristics of diet. **Animal Science Journal**, v. 88, p.4134-139, 2017.

699

700 MÜLLER, C.E.; PAULY, T.M., UDÉN, P. Storage of small bale silage and haylage
701 - influence of storage period on fermentation variables and microbial composition.
702 **Grass and Forage Science**, v. 62, p.274-283, 2007.

703

704 NEGRÃO, F. M. *et al.* Perdas, perfil fermentativo e composição química das
705 silagens de capim *Brachiaria decumbens* com inclusão de farelo de arroz.
706 **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.17, n.1, p.13-25, 2016.

707

708 NEGRÃO, F.M. e DANTAS, C.C.O. Produção de silagem de milho e capim-
709 elefante. **Publicações em medicina veterinária e zootecnia**, v. 4, n. 27, p. 893-
710 898, 2010.

711 OLIVEIRA, L. B. *et al.* Produtividade, composição químicas agronômicas de
712 diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n. 12, p. 2604-
713 2610, 2010.

714

715 PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F. Microbiology of ensiling. **Silage**
716 **Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 31- 93, 2003.

717

718 PENTEADO, D. C. S. *et al.* Inoculação com *Lactobacillus plantarum* da
719 microbiota em silagem de capim-mombaça. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n.
720 214, p. 191 – 202, 2007.

721

722 PEREIRA, O. G. *et al.* Práticas na ensilagem versus qualidade higiênica da
723 silagem. In: **Anais do V Simpósio: Produção e utilização de forragens**
724 **conservadas**. Maringá, Brasil, p. 157-210, 2014.

725

726 PEREIRA, O. G.; ROCHA K. D.; FERREIRA C. L. L. F. Composição química,
727 caracterização e quantificação da população de microrganismos em capim-
728 elefante cv. Cameroon (*Pennisetum purpurium*, Schum.) e suas silagens.
729 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1742-1750, 2007.

730

731 PINTO, J.C., GOMIDE, J.A., MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação
732 folha/caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas
733 doses de nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3,
734 p.313-26, 1994.

735

736 QUINTINO, A. C. *et al.* Valor nutritivo de silagem de capim - piatã em monocultivo
737 e em consórcio com sorgo de corte e pastejo. **Ciência Animal Brasileira**, v.17,
738 n.2, p. 185-191, 2016.

739

740 REIS, A. R.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. F. Forragicultura: ciência,
741 tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. **Funep**, 2014.

742

743 RIGUEIRA, J. P. S. *et al.* Níveis de glicerina bruta na ensilagem de capim Tifton
744 85 (*Cynodon dactylon*): perfil fermentativo e valor nutricional. **Revista de**
745 **Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 655-663, 2017.

746

747 RODRIGUES, B. H. N. *et al.* Produção e composição bromatológica do capim-
748 Tanzânia (*Panicum maximum*) em diferentes idades de rebrotação. **Publicações**
749 **em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 8, n. 8, 2014.

750

751 RODRIGUES, P. H. M. *et al.* Efeito da Adição de Níveis de Crescentes da Polpa
752 Cítrica sobre a qualidade Fermentativa e o Valor Nutritivo da Silagem de Capim-
753 Elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1138-1145, 2006.

754

755 SANTOS, M. S.; ZANINE, A. M. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium**
756 **Agrariae**, v. 2, n. 1, p. 32-45, 2006.

757

758 SANTOS, M.C.; KUNG Jr., 2016. Short communication: The effect of dry matter
759 and length of storage on the composition and nutritive value of alfafa silage
760 **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 5466-5469, 2016.

761 SCHMIDT, P.; SOUZA, C.M.; BACH, B.C. 2014. Uso estratégico de aditivos em
762 silagens: Quando e como usar? In: JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M.W.;
763 BANKUTI, F.I (eds.), **simpósio: produção e utilização de forragens**
764 **conservadas**, 5.ed., Maringá, 2014. Anais... Maringá: UEM, 2014 243-264.

765

766 SILVA, E. J. A. *et al.* Efeito do teor de carboidratos solúveis sobre as
767 características da silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**,
768 v. 37, n. 8, p. 375-1382, 2008.

769

770 SILVA, J. B. *et al.* Características fermentativas da silagem do capim Marandu
771 manejado em diferentes alturas de dossel. **Revista Brasileira Saúde e**
772 **Produção Animal**, 12, n.2, p.329-339, 2011.

773

774 SILVA, T.V.S. *et al.* Nutritional quality of Massai grass fertilized with phosphorus
775 and nitrogen and its influence on intake and weight gain of sheep under rotational
776 grazing on quartzipsamment soil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p.
777 1417-1428, 2017.

778

779 SILVEIRA, M. C. T.; SANT'ANNA, D. P.; TRENTIN, G. Aspectos relativos à
780 implantação e manejo do capim – sudão BRS Estribo. **Comunicado técnico No**
781 **89. Embrapa Pecuária Sul**, 2015.

782

783 SIQUEIRA, G. R. *et al.* Perfil fermentativo de silagens de cana-de-açúcar in
784 natura ou queimada e tratadas ou não com *Lactobacillus buchneri*. **Revista**
785 **Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.8, p.1651-1661, 2011.

786 TAVARES, V. B. *et al.* Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente
787 e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-
788 tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.40-49, 2009.

789

790 TOMICH, T. R. Qualidade na produção de silagens. In: Simpósio Mineiro de
791 Nutrição de Gado de Leite. **Anais. Belo Horizonte: FEPMVZ**, 2012, p. 87-114,
792 2012.

793

794 TOMICH, T. R. *et al.* Valor nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão em
795 comparação ao de outros volumosos utilizados no período de baixa
796 disponibilidade das pastagens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e**
797 **Zootecnia**, v. 58, n. 6, p. 1249-1252, 2006.

798

799 TRINDADE, J.K. *et al.* Composição morfológica da forragem de capim-marandu
800 consumida por bovinos de corte em pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária**
801 **Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 883-890, 2007.

802

803 VELHO, J. P. *et al.* Composição bromatológica de silagens de milho produzidas
804 com diferentes densidades de composição. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.
805 36, n. 5, p. 1532-1538, 2007.

806

807 VIEIRA R. A. M. *et al.* Fracionamento e cinética de degradação in vitro dos
808 compostos nitrogenados da extrusa de bovinos a pasto. **Revista Brasileira de**
809 **Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 880-888, 2000.

810

811 WEINBERG, Z.G. *et al.* Ensiling fermentation products and aerobic stability of
812 corn and sorghum silages. **Japanese Society of Grassland Science**, v.57, p.1-
813 5, 2011.

814

815 WEINBERG, Z.G.; CHEN, Y. Effect of Storage period on the composition of
816 whole crop wheat and corn silages **Animal Feed Science and Technology**, v.
817 185, p.196-200, 2013.

818

819 YAHAYA, M.S. *et al.* Effect of lenght of ensiling on silo degradation and
820 digestibility of structural carbohydrates of leucene and orchardgrass. **Animal**
821 **Feed Science and Technology**, v. 92, p.141-148, 2001.

822 YOUNG, K. M. *et al.* Effect of exogenous protease enzymes on the fermentation
823 and nutritive value of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p.6.687-6694,
824 2012.

825

826 ZANINE, A. M. *et al.* Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de
827 farelo de trigo. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, n. 209, p. 75-84, 2006.

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843 **4. ARTIGO**

844 Este artigo foi elaborado conforme normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.

845

846 **Productivity and nutritional value of silage of Sudan grass with different harvest**
847 **heights**

848 Ingrid Rodrigues da Silva ^[1], Kátia Graciele Gonçalves Ferreira ^[1], Thiago Gomes dos Santos Braz^[1], Lívia Vieira de Barros^[1], Luciana Castro Geraseev^[1], Mário Henrique850
França Mourthé^[1], Cayo Henrique Otoni Dias^[1] and Lucas Aparecido Gomes Trindade^[1]851

^[1]Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. Av.

852 Universitária, 1.000, Universitário, Montes Claros-MG CEP: 39.404-547.

853 ingridsilvabh@hotmail.com, katia_eaf@hotmail.com, thiagogsbz@hotmail.com,

854 liviavieiradebarros@gmail.com, lgeraseev@gmail.com, kikolider@gmail.com,

855 cayodias_22@hotmail.com, lucastrindade95@yahoo.com.br

856

857 Abstract- The objective of this study was to evaluate the production and bromatological

858 composition of Sudan grass *Sorghum sudanense* L. ‘BRS Estribo’ silage was subjected

859 to different cutting heights (60, 90, 120, 150, and 180 cm) and storage periods (60 and

860 120 days). The experimental design included randomized blocks with four replications.

861 Before ensiling, the plants were characterized in terms of production. The pH, ensilage

862 loss, and chemical composition were evaluated. The increase in cutting height increased

863 dry matter production (1392.9–6512.4 kg ha⁻¹) and forage accumulation (62.4–141.8 kg 864

ha⁻¹), and neutral detergent fiber content (63.67–76.70 g/100 g of dry matter). There was

865 a linear reduction of 44.09% in crude protein and 7.48% in total digestible nutrients with

866 cuts from 60 to 180 cm. The elevation of harvest height up to 180 cm reduced the pH and

867 gases to 4.07% and 6.50%, respectively. The Sudan grass cultivar BRS Estribo silage

868 stored for 60 days has higher nutritional quality, and the 180 cm cut demonstrates higher
869 production associated with adequate pH values and chemical composition.

870 Index terms: chemical composition, *Sorghum sudanense*, dry matter losses, conservation
871 period.

872 **Introduction**

873 Sudan grass cultivar BRS Estribo (*Sorghum sudanense* L.) was launched in 2013 to
874 tolerate water deficit while maintaining high productivity and nutritional value [Silveira
875 et al., 2015]. Due to the productivity characteristics, its conservation in silage can increase
876 the supply of supplemental forage in the off-season. However, there is a need to define
877 harvesting strategies to optimize the conservation of the nutritional value of this forage.

878 Cutting height is a factor to be considered for its best use, as the plants increase
879 accumulated mass and dry matter (DM) content, while the nutritional value tends to
880 decrease with increasing maturity [Oliveira et al., 2016]. The DM content of forage can
881 directly affect fermentation and silage quality. The pH and losses due to gases and
882 effluents are important parameters for determining silage quality. Similarly, the variation
883 in the nutritional value of silage in response to different cutting heights also contributes
884 to determining the potential of the species for silage.

885 The shelf life can also change the silage fermentation parameters, and the effects can be
886 positive (greater DM degradability) and negative (increased pH and reduced lactic acid)
887 depending on the time and characteristics of the ensiled material [Junges et al., 2013].
888 Thus, associating the effect of height at the time of harvest with storage time may allow
889 conditions for management to be found that better favor the production of silage of Sudan
890 grass cultivar BRS Estribo.

891 Therefore, the objective of this study was to evaluate forage production, chemical
892 composition, and losses in the ensiling process of Sudan grass cultivar BRS Estribo
893 subjected to different cutting heights in two storage periods.

894 **Materials and methods**

895 The experiment was conducted in Montes Claros, MG, Brazil, located at 16.686316°S,
896 43.843763°W, at an altitude of 646 m [Inmet, 2021]. The region's climate is tropical
897 savannah (Aw) with dry winters and rainy summers, according to the Köppen
898 classification.

899 Five cutting heights (60, 90, 120, 150, and 180 cm) were evaluated for Sudan grass
900 cultivar BRS Estribo in two conservation periods (60 and 120 days). The design was in
901 randomized blocks in a split-plot scheme, where the five cutting heights were allocated
902 in the plots and the two storage times in the subplots. Forage samples were taken from
903 each plot to make silages at the two storage times, characterizing the subplots. Each plot
904 had a planted area of 12 m².

905 The forage was cultivated in August 2018 under irrigation with water replacement
906 according to evapotranspiration. Soil preparation was conventional, with plowing and
907 harrowing. Planting was done manually with an equivalent amount of 25 kg/ha of seeds
908 [Silveira et al., 2015] and spacing of 0.25 m between rows.

909 Fertilization was carried out in accordance with the chemical and physical analysis of the
910 soil in the 0–20 cm layer, according to the methodology of Embrapa [1997], and presented
911 the following results: P Mehlich, 7.6 mg dm⁻³; P remaining, 39 mg L⁻¹; K, 137 mg dm⁻³; 912
Ca, 8.96 cmol dm⁻³; Mg, cmol dm⁻³; Al, 0.0 cmol dm⁻³; H+Al, 1.19 cmol dm⁻³; SB, 10.95913 cmol
dm⁻³; V, 90%; and Mat. Org., 5.18 dkg kg⁻¹. Equivalent amounts of 25 kg N/ha (45%
914 N urea), 80 kg P₂O₅/ha (single superphosphate 21% P₂O₅), and 50 kg/ha of potassium
915 chloride (60% K₂O) were used.

916 The uniformity of the plots was determined 30 days after planting by manually cutting
917 the forage at a height of 10 cm. Heights at harvest for ensilage were measured with a
918 wooden ruler graduated in centimeters. Upon reaching the harvest condition, all forage in
919 the plot (except the two border lines) was collected and weighed, leaving a 10 cm residue.
920 Approximately 400 g of forage was sampled and divided into two equal subsamples, one
921 used for the determination of DM, crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid
922 detergent fiber (ADF), and ether extract (EE) [Detmann et al., 2012] and the other to
923 determine the leaf:stem ratio (LSR).

924 With the green mass harvested in the experimental unit and the DM content, the dry mass
925 production (DMP) expressed in kg ha^{-1} and the forage accumulation, obtained by dividing
926 the DMP (kg ha^{-1}) by the DM, were estimated. Were estimated by the number of growing
927 days in each plot until harvest. All the forage harvested from each plot was immediately
928 processed in a Nogueira stationary forage machine and used to fill two silos, with one
929 being stored for 60 days and the other for 120 days.

930 The experimental silos were made of polyvinyl chloride (PVC) tubes 40 cm in length and
931 10 cm in diameter, with lids at both ends. The upper end was equipped with a Bunsen-
932 type valve. Each silo received approximately 300 g of dry sand, overlaid with viscose
933 fabric, and a plastic mesh to act as a reservoir for effluents. The silos (PVC structure +
934 effluent reservoir) were weighed before and after making and sealing the silages. For the
935 filling, sufficient forage was added to provide a minimum specific mass of 700 kg/m^3
936 [Jobim et al., 2007]. All silos were placed in the shade in a cool, dry place.

937 After 60 or 120 days of fermentation, the silos were weighed again and opened. The silage
938 was weighed, homogenized, and sampled at 200 g for pre-drying in a forced ventilation
939 oven at $55 \text{ }^\circ\text{C}$ for 72 h. Afterward, the samples were ground in a Willey-type mill with 1
940 mm sieves. Similar to forage, the contents of DM, CP, NDF, ADF, EE, and ash were

941 determined according to the methodology described by Detmann et al. [2012]. The
942 content of non-fibrous carbohydrates (NFC) was estimated using the equation $100 - CP$
943 $+ NDF + EE + Ash$ [Sniffen et al., 1992]. The content of total digestible nutrients (TDN)
944 was estimated using the equation proposed by Kears [1982]: $TDN = 40.2625 + 0.1969$
945 $CP + 0.4028 NFC + 1.903 EE - 0.1379 ADF$.

946 Silage pH was determined according to Silva and Queiroz [2002], based on the dilution
947 of 9 g of fresh silage in 60 mL of distilled water and reading the pH after 30 min of rest
948 using a pot. Buffering capacity was determined in 15 g samples of fresh forage,
949 macerated, and diluted in 250 mL of distilled water. Soon after, titration to pH 3.0 with
950 HCl (0.1%) was performed, followed by titration with NaOH (0.1%) to pH 6.0, according
951 to the methodology described by Playne and McDonald [1966].

952 Gas and effluent losses were estimated as described by Jobim et al. [2007]. The gas losses
953 were estimated using the following equation:

$$954 \quad G = \frac{[(WSe - WESe) \times DMfo] - [(WSop - Pen) \times DMop]}{(WSc - WESc) \times DMfo} \times 100$$

955

956 where G is gas losses (% of DM), WSe is the weight of the full set at the ensilage (kg),
957 WESe is the weight of the empty set (silo + lid + sand + mesh + cloth) at the ensilage
958 (kg), DMfo is the DM content of forage at the ensilage (%), WSop is the of the full set at
959 the opening (kg), and DMop is the DM content of forage at the opening (%).

960 Effluent losses were estimated by:

961

$$962 \quad E = \frac{(WESop - WESe)}{FMfe} \times 100$$

963

964 where E is the effluent production ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ fresh mass), WESop is the weight of the empty
965 set (silo + wet sand + cloth + screen) at the opening (kg); Ws is the weight of the set (silo
966 + sand + cloth + canvas) at the closing (kg), and FMfo is the g fresh mass of ensiled
967 forage (kg).

968 The variables evaluated in the silage were subjected to analysis of variance in a split-plot
969 scheme, and the effects were decomposed when the interaction was significant. Storage
970 time effects were studied using the *F*-test, and harvest height effects were studied using
971 a regression. Data from forage evaluation were analyzed only for the effects of plots
972 (height) and blocks. All data were analyzed using the Genes statistical package with a 5%
973 probability for type I error [Cruz, 2013].

974 **Results and discussion**

975 There was an effect ($p < 0.05$) of cutting height on the productive parameters of Sudan
976 grass cultivar BRS Estribo (Table 1). DMP responded in a quadratic manner ($p < 0.05$)
977 to height elevation with greater production in plants harvested at 180 cm. The minimum
978 point was below the parametric space, which requires further study. Overall, the DMP
979 increased by 467.54% between cuts at 60 and 180 cm. Furthermore, there was a linear
980 increase ($p < 0.05$) of 225.79% in forage accumulation (ACUM) between cuts at 60 and
981 180 cm.

982 The increase in production is related to the longer growing period given to plants
983 harvested at 180 cm. It was observed that the Sudan grass cultivar BRS Estribo took
984 approximately 22, 26, 32, 35, and 42 days to be harvested at heights of 60, 90, 120, 150,
985 and 180 cm, respectively. The leaf area index tends to be higher in more developed
986 canopies, allowing for greater carbon assimilation and biomass production.
987 Accumulation, on the other hand, represents the daily growth rate over a given period.

988 When observing a higher rate at a height of 180 cm, it is evident that plants in more
989 advanced stages of development had a greater capacity to accumulate biomass.

990 It is noteworthy that the DMP and ACUM observed for stirrup grass were achieved with
991 a dose equivalent to 25 kg ha⁻¹ of N, which was lower than that reported in other studies.

992 In this sense, Orth et al. [2012] obtained a production of 5.6 t/ha with N fertilization of
993 57.4 kg/ha. Rodrigues et al. [2020] observed accumulation rates of 145 and 124 kg/ha
994 day, respectively, for the IPA Sudan 4202 and BRS Estribo cultivars fertilized with 218
995 kg/ha of N. In this same study, the total production of the cultivars IPA Sudan 4202 and
996 BRS Estribo were 10.4 and 9.2 t/ha, respectively.

997 There was a linear effect ($p < 0.05$) of the cutting heights on the LSR, which was reduced
998 by 73.71% between the treatments of 60 and 180 cm. In this sense, the increase in DMP
999 was mainly associated with a greater accumulation of stalks (Table 1). The LSR values
1000 of the present study were below those observed in the literature, where Rodrigues et al.
1001 [2020] stated that the IPA Sudan 4202 and BRS Estribo cultivars defoliated with 50 cm
1002 height and 30 cm residue and presented an LSR of 3.21 and 2.46, respectively. Orth et al.
1003 [2012] stated that Sudan grass could exhibit an LSR of 2.6 when defoliated with a height
1004 of 60 cm and residue of 15 cm. In the present study, it is possible that cultivation in a
1005 tropical region provided a higher growth rate and development of Sudan grass, which
1006 presented a higher LSR.

1007 There was an effect ($p < 0.05$) of the different cutting heights on the chemical composition
1008 of the silages (Table 3). Increasing the cutting height reduced the protein and energy
1009 values and increased the fiber content of the silages (Table 3).

1010 Harvest height influenced the DM content in a quadratic manner ($p < 0.05$), with the
1011 minimum point estimated at a height of 88.6 cm. The highest DM content, in turn, was
1012 recorded at a height of 180 cm (21.92%). DM contents lower than 28 g/100 g can reduce

1013 the nutritional value of silage by favoring the growth of undesirable microorganisms that
1014 increase DM losses, in addition to greater effluent production [Zanine et al., 2010;
1015 Bernardes et al. 2018]. Thus, it can be inferred that when Sudan grass cultivar BRS
1016 Estribo reaches DM contents above 28 g/100 g, then cutting heights above 180 cm are
1017 recommended. Despite these results, it is possible to obtain silages with good nutritional
1018 quality, even with a low DM content, as other factors such as composition, compaction,
1019 buffering power, and types of microorganisms present must also be considered for proper
1020 fermentation [Bernardes et al., 2018].

1021 The CP content of the silages decreased linearly ($p < 0.05$) with increasing cutting height
1022 (Table 3). Sudan grass cultivar BRS Estribo had protein contents between 12.70 and 7.10
1023 g/100 g of DM (reduction of 44.09%). Studies carried out with forages from tropical
1024 climates showed protein contents between 12.41 and 5.0 g/100 g of DM in grass silages
1025 (*U. brizantha* cultivar Marandu; *M. maximus* cultivar Mombaça) managed at different
1026 heights (50–75 cm) or ages (35–75 days) of harvest [Silva et al., 2011; Oliveira et al.,
1027 2014]. The reduction in CP content is related to the maturity of the grass, which starts to
1028 accumulate more wall constituents and less cell content as the phenological stage
1029 advances. The CP values observed in the present study were above 7 g/100 g of DM,
1030 which is considered the minimum necessary for the ruminal fermentation of soluble
1031 carbohydrates [Van Soest, 1994].

1032 Reductions in CP contents in sorghum silages (5.94–5.35 g/100 g DM), with an increase
1033 in shelf life from 90 to 120 days, were observed by Naeini et al. [2014]. According to the
1034 authors, the decrease in protein value was due to greater degradation by microorganisms
1035 with increased storage time.

1036 There was a linear increase ($p \leq 0.05$) in the NDF and ADF content of Sudan grass silage.
1037 The NDF content increased by 0.10% for each increasing centimeter of the cut height,

1038 while the ADF increased by 0.97% (Table 3), indicating that increasing maturity
1039 manifests itself more intensely on the ADF than on the NDF in Sudan grass. In fact, the
1040 increase of maturity is represented by the thickening of the walls, which then have a
1041 greater amount of lignin.

1042 In all treatments, the NDF content was above 60 g/100 g DM, which is the value
1043 determined by Van Soest [1994] as the maximum limit for good quality silages. In
1044 addition, the author stated that the ideal ADF content for silage is less than 40 g/100 g of
1045 DM, which was observed only in the treatment of 60 cm in height. The recommendation
1046 of these parameters must be carefully evaluated when discussing tropical grasses, which
1047 tend to have thicker walls due to their anatomy and growth conditions that favor the rapid
1048 advancement of maturity. According to Mauri et al. [2018], an increase in age increased
1049 fiber in the presence of lignified vascular bundles in anatomical sections of grasses of the
1050 genus *Urochloa*.

1051 The increase in the NDF content of forage can also represent a lower proportion of
1052 intracellular constituents and, consequently, energy availability for the animal [Oliveira
1053 et al., 2014]. The NDF and ADF contents are inversely proportional to those of NFC,
1054 which is the fraction that contains soluble sugars, the main substrates of fermentation in
1055 silage [Santana et al., 2019], in addition to starch and pectin. Despite the increase in NDF,
1056 there was no significant effect ($p > 0.05$) of the treatments on the levels of NFC in the
1057 silages, which had an average of 4.33 g/100 g of DM (Table 3). Notably, concomitant
1058 with the increase in the NDF, there was a reduction in the CP and EE contents with an
1059 increase in the harvest height, which may explain the similarity of the values observed
1060 for the NFC between the silages (Table 3).

1061 There was a linear reduction ($p \leq 0.05$) in the EE and TDN content of the silages,
1062 according to the increase in harvest height (Table 3). Among the silages of grass cut at 60

1063 and 180 cm in height, there was a 7.48% reduction in TDN content. Despite this, all the
1064 results obtained are above 55%, which is considered the minimum value for good quality
1065 silage [Van Soest, 1994]. Higher TDN values indicate better silage quality and,
1066 consequently, greater energy availability of ruminants, for example. On the other hand,
1067 the reduction in EE content can be attributed to the increase in the cell wall and
1068 displacement of soluble components to the grains with increasing plant age, reducing the
1069 content of leaves and stems [Rodrigues Júnior et al., 2015].

1070 The reduction in the TDN content probably occurred due to the increase in NDF and ADF
1071 contents and a reduction in CP content. The TDN values observed for the Sudan grass
1072 cultivar BRS Estribo silage (63.04–58.32 g/100 g DM) were close to those of forages
1073 most used for silage production, where contents of 67.4, 65.0, 60.0, and 58.0 g/100 g of
1074 DM are observed in sunflower, corn, sorghum, and sugarcane silages, respectively [Viana
1075 et al., 2012].

1076 A longer storage period may have favored the secondary fermentation of carbohydrates
1077 into acetic, propionic, and butyric acid [McDonald et al., 1991; Junges et al., 2013]. These
1078 short-chain fatty acids are soluble in water, and with the high moisture observed in the
1079 silages (Table 3), they may have been leached, resulting in losses of some nutrients with
1080 the longest shelf life (Table 4). Another possibility is that the extension of the storage
1081 period from 60 to 120 days, associated with the low DM content of the grass, may have
1082 increased the loss of soluble nutrients (CP and NFC) by effluents and, consequently,
1083 increased the content of the insoluble components (NDF and ADF) and reduced the
1084 energy value of silage (TDN).

1085 There was a reduction in the levels of CP, NFC, and TDN and an increase in NDF and
1086 ADF between 60 and 120 days of storage ($p \leq 0.05$). Thus, the increase in conservation
1087 time increased the fibrous fraction and reduced the more digestible fractions (CP and

1088 NFC), contributing to the lower energy content (TDN) of the silage preserved for 120
1089 days. There was a significant interaction ($p \leq 0.05$) between the harvest height and silage
1090 conservation period for ash content (Table 5). At all harvest heights, the ash content was
1091 higher at 60 days of storage than compared to 120 days, except at 180 cm, where there
1092 was no difference.

1093 When evaluating the effect of harvest height on storage time, we noticed a progressive
1094 reduction as a function of height for silages stored for 60 days. On the other hand, harvest
1095 height had little influence on the ash of the Sudan grass cultivar BRS Estribo stored for
1096 120 days. At this time, only plants harvested at 180 cm reduced ash compared to other
1097 heights. The reduction in ash content is a consequence of the lower cellular content of
1098 plants with increasing physiological maturity [Van Soest, 1994; Rodrigues Júnior et al.,
1099 2015).

1100 The result found for the ash contents could be considered an isolated effect since the same
1101 was not observed for the other nutrients. However, a possible explanation is that most
1102 minerals are considered soluble components of DM [Loures et al., 2003], and the increase
1103 in shelf life from 60 to 120 days may have resulted in mineral leaching, which
1104 corroborated with the increase of effluents with harvest height (Figure 2). In fact, plants
1105 with a more advanced phenological stage have a higher concentration of fibers and a
1106 lower water concentration in their tissues. This combination can result in a need for
1107 greater force to compact older plant silages. The increased force for compression can
1108 result in extravasation and loss of cellular components. Loures et al. [2003] reported
1109 increased effluent losses of Ca, P, and Mg by increasing the compaction (353.67–791.00
1110 kg/m^3) of elephant grass silage (DM = 13 g/100 g) stored for 125 days. Thus, more fibrous
1111 (and bulky) silages may overflow and produce more effluents.

1112 The influence of handling heights on gas losses (% of DM) was observed, with a linear
1113 reduction of 0.07% in DM losses for every 1 cm increase in harvest height (Figure 1). In
1114 this sense, gas losses decreased from 16.0% to 6.5% with the increase in harvest heights
1115 from 60 to 180 cm. The smaller loss of gases with an increase in the harvest height is
1116 related to the increase in the dry DM value of the silage. In fact, drier silages are
1117 characterized by a higher concentration of organic acids responsible for inhibiting
1118 deteriorating microorganisms and CO₂ producers, such as enterobacteria, *Clostridium*,
1119 and yeasts [Barcelos et al., 2018]. According to McDonald et al. [1991], the production
1120 of gases is linked to the type of glucose fermentation, and greater production of lactic acid
1121 decreases the loss of DM.

1122 Values for gas losses between 4.8% and 10.8% were observed in grass silages (*P.*
1123 *purpureum* cultivar Napier; *U. brizantha* cultivar Marandu) with different DM contents
1124 (20.72 and 29.2 g/100 g) [Zanine et al., 2010; Silva et al., 2011]. In the present work, the
1125 gas losses of the silages referring to the grass cuts at 120, 150, and 180 cm in height
1126 presented values of 10.8%, 10.1%, and 6.5% of DM, respectively, and DM contents
1127 between 13.84 and 21.92 g/100 g.

1128 The effluent losses was influenced ($p \leq 0.05$) by the height of grass management with an
1129 increase of 0.10 g.kg⁻¹ fresh matter (FM) for each increasing centimeter of the harvest
1130 height (Figure 1). Effluent losses increased linearly from 46.45 to 67.06 g.kg⁻¹ FM
1131 between silages with cutting heights of 60 and 180 cm. In this sense, the increase in fiber
1132 in the silages of taller plants may have been accompanied by a greater force to compact
1133 the material up to a specific mass of 700 g/dm³ and greater extrusion of liquids.
1134 Nevertheless, the values found for effluent losses are within those observed in the
1135 literature for tropical grass silages with low DM content. McDonald et al. [1991] stated
1136 that in ensiled forages with high moisture content (below 25 g/100 g), effluent losses can

1137 exceed 100 kg/t MV; however, when the DM content varies from 25 to 30 g/100 g, this
1138 production can be zero or insignificant.

1139 The result observed for effluent losses may be related to the low DM content associated
1140 with the specific mass (700 kg/m^3) used for ensiling [Loures et al., 2003]. The adoption
1141 of a specific mass close to 550 kg/m^3 for ensiled grasses with low DM content was
1142 recommended by Loures et al. [2003], aiming to minimize effluent losses. In fact, the
1143 authors observed an increase in losses in elephant grass silages (DM = 13 g/100 g)
1144 according to the increase in compaction densities ($353.67 \text{ } 791.00 \text{ kg/m}^3$). It was observed
1145 in the present study that grasses ensiled with 150 and 180 cm had greater resistance and
1146 difficulty in being compacted inside the silos compared to other heights and showed that
1147 a specific mass below 700 kg/m^3 might be more suitable for these heights.

1148 There was a linear reduction ($p \leq 0.05$) in pH as the forage harvest height increased
1149 (Figure 1). pH values below 4.2 are recommended by McDonald et al. [1991] as ideal for
1150 good conservation. According to the regression model obtained, only heights greater than
1151 170.7 cm would provide a pH less than 4.2.

1152 The pH value is related to the concentration of organic acids, mainly lactic acid (Macêdo
1153 et al., 2019). Santana et al. [2019] stated that the resistance of the forage to reduce the pH
1154 might be related to the high moisture content of the ensiled material, which was observed
1155 in the present study at all harvest heights (Table 3). In high humidity (greater heights),
1156 there is a dilution of organic acids that favors deteriorating microorganisms such as
1157 *Clostridium* and enterobacteria that compete with BAL and impair acidification.

1158 The buffering power, resulting from high protein values, ions (Ca, K, Na), salts, and
1159 organic acids act as a resistance to the drop in pH of silages. In fact, these substances
1160 neutralize the organic acids formed during fermentation, which makes it difficult to lower
1161 the pH of the silage [Jobim et al., 2007]. In the present study, the average buffering

1162 capacity found was 25.0 meq of NaOH/100 g of DM. Values for the buffering capacity
1163 were 8.96–17.00 meq NaOH/100 g DM for *Sorghum spp.* Cultivar BRS 800, and 24.47–
1164 28.41 meq NaOH/100 g DM for *U. brizantha* cultivar BRS Piatã [Quintino et al., 2016]
1165 and according to the authors, values for the buffering capacity must be below 20 meq of
1166 NaOH/100 g, which was not observed in the present study and may have influenced the
1167 pH values.

1168 More studies are needed with a harvest height greater than 180 cm to assess the impact
1169 of increasing the DM content on the nutritional value. Alternatively, it is possible to adjust
1170 the DM content of forage with additives or wilting with positive responses regarding
1171 silage characteristics and chemical composition [Bernardes et al. 2018].

1172 **Conclusions**

1173 Estribo grass silage stored for 60 days has higher nutritional quality. Cutting at 180 cm
1174 has higher production associated with adequate pH values and DM losses but increased
1175 fiber content.

1176 **Conflicts of Interest**

1177 The authors declare no conflicts of interest.

1178 **Acknowledgements**

1179 To the PRPQ UFMG, we thank you for funding this project.

1180

1181 **References**

1182 BARCELOS, A. F.; CARVALHO, J. R. R.; TAVARES, V. B.; CONÇALVES, C. C. M.
1183 Valor nutritivo e características fermentativas da silagem de capim-elefante com
1184 diferentes proporções de casca de café. *Ciência Animal Brasileira*, v. 19, p. 1-12,
1185 2018.

1186 BERNARDES, T.F. DANIEL, J. L.P; ADESOGAN, A. T.; McALLISTER, T. A.;
1187 DROUIN, P.; NUSSIO, L.G.; HUHTANEN, P. TREMBLAY, G. F.; BÉLANGER, G.;
1188 CAI, Y. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. Journal
1189 of Dairy Science, v. 101, p. 4.001-4.019, 2018.

1190 CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and
1191 quantitative genetics. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

1192 DETMANN, E. QUEIROZ, A. C.; SOUZA, M. A. Métodos para análise de alimentos.
1193 Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal, v. 1, p. 2-214, 2012.

1194 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1997. Manual de
1195 métodos de análise de solo. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, p. 212.

1196 JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na
1197 avaliação da qualidade da forragem conservada. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, p.
1198 101-119, 2007.

1199 JUNGES, D. SCHMIDT, P. NOVINSKI, C. O.; DANIEL, J. L. P. Additive containing
1200 homo and heterolactic bacteria on the fermentation quality of maize silage. Animal
1201 Sciences, v. 35, n. 4, p. 371-377, 2013.

1202 KEARL, L.C. Nutrients requirements of ruminants indeveloping countries. International
1203 Feeds tuffs Institute, p. 271, 1982.

1204 LOURES, D.R.S. GARCIA, R.; PEREIRAO. O. G.; CECON, P. R.; SOUZA, A. L.
1205 Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim
1206 elefante sob diferentes níveis de compactação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.6,
1207 p.1851-1858, 2003.

1208 MACÊDO, A. J. S. CÉSAR NETO, J. M.; SILVA, M. A.; SANTOS, E. Potencialidades
1209 e limitações de plantas forrageiras para ensilagem: Revisão. Revista Brasileira de Higiene
1210 e Sanidade Animal, v.13, n.2, p. 320 –337, 2019.

1211 MAURI, Janafna et al. Regrowth age modifies the leaf anatomy of Brachiaria genotypes.
1212 Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 40, p. e39369-e39369, 2018.

1213 McDONALD, P.; HERDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. The biochemistry of silage.
1214 Marlow: Chalcombe, v. 2, p. 226. 1991.

1215 NAEINI, S. Z. EMAMI, N. K.; ROWGHANI, E.; BAYAT, A. Influence of ensiling time
1216 on chemical composition, fermentation characteristics, gas production and protein
1217 fractions of sweet sorghum silage. Research Opinions in Animal and Veterinary
1218 Sciences, v.4, n. 6, p. 286-293. 2014.

1219 NEGRÃO, F. M ZANINE, A. M.; SOUZA, A. L.; CABRAL, L. S.; FERREIRA, D. J.;
1220 DANTAS, C. C. O. Perdas, perfil fermentativo e composição química das silagens de
1221 capim Brachiaria decumbens com inclusão de farelo de arroz. Revista Brasileira Saúde e
1222 Produção Animal, v.17, n.1, p.13-25, 2016.

1223 OLIVEIRA, E. R.; MINÇÃO, F.P.; GABRIEL, A. M. A.; SILVA, L. H. X.;
1224 CARBONARI, V. M. S.; PEDROSO, F. W.; PEREIRA, T. L.; NASCIMENTO, F. A.
1225 Valor nutricional do colmo de gramíneas tropicais. Scientia Agraria Paranaensis, v.15, n.
1226 3, p. 256-264, 2016.

1227 OLIVEIRA, E. R.; MONÇÃO, F. P.; MOURA, L. V.; GABRIEL, A. M. A.; GÓES, R.
1228 H. T. B.; LEMPP, B. NASCIMENTO, F. A. Valor nutricional de silagem de capim-
1229 Mombaça com aditivos agroindustriais. Semina: Ciências Agrárias, v. 35, n. 3, p. 1543-
1230 1556, 2014.

1231 OLIVEIRA, L. B. PIRES, A. J. V.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.;
1232 CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O. Produtividade, composição químicas
1233 agronômicas de diferentes forrageiras. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.12, p.
1234 2604-2610, 2010.

1235 ORTH, Rafael et al. Produção de forragem de gramíneas anuais semeadas no verão.
1236 Ciência Rural, v. 42, n. 9, p. 1534-1540, 2012.

1237 PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage.
1238 Journal of the Science of Food and Agriculture, v.17, p.264-268, 1966.

1239 QUINTINO, A. C.; ABREU, J. G.; ALMEIDA, J. G.; MACEDO, M. C. M.; CABRAL,
1240 L. S.; GALATI, R. L. Valor nutritivo de silagem de capim - piatã em monocultivo e em
1241 consórcio com sorgo de corte e pastejo. Ciência Animal Brasileira, v.17, n.2, p. 185-191,
1242 2016.

1243 RODRIGUES JÚNIOR, C. T.; CARNEIRO, M. S. S.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA,
1244 E. S.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. L.; PINTO, M. S. C.; ANDRADE, A. C.;
1245 PINTO, A. P.; FOGAÇA, F. H. S.; CASTRO, K. N. C. Produção e composição
1246 bromatológica do capim-Marandu em diferentes épocas de diferimento e utilização.
1247 Semina: Ciências Agrárias, v. 36, n. 3, p. 2141-2154, 2015.

1248 RODRIGUES, Carine Rey et al. Produção, composição bromatológica e fenológica de
1249 forrageiras estivais na Região Sul do Brasil. Agrarian, v. 13, n. 47, p. 82-92, 2020.

1250 SANTANA, J. C. S.; NORAIS, J. A. S.; SANTOS, M. S. A. A.; GURGEL, A. L. C.;
1251 MUNIZ, E. N.; OLIVEIRA, V. S. Características fermentativas, composição química e
1252 fracionamento da proteína da silagem de gliricídia submetida a diferentes períodos de
1253 fermentação. Boletim de Indústria Animal, v.76, p.1-9, 2019.

1254 SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos.
1255 Viçosa: UFV, v. 3, p 235, 2002.

1256 SILVA, J. B.; REIS, S. T.; ROCHA JUNIOR, V. R.; SALES, E. C. J.; MOTA, V. J. G.;
1257 JAYME, D. G.; SOUZA, V. M. Características fermentativas da silagem do capim
1258 Marandu manejado em diferentes alturas de dossel. Revista Brasileira de Saúde e
1259 Produção Animal, v.12, n. 2, p.329-339, 2011.

1260 SILVEIRA, M. C. T.; SANT'ANNA, D. P.; TRENTIN, G. Aspectos relativos à
 1261 implantação e manejo do capim – sudão BRS Estribo. Comunicado técnico No89.
 1262 Embrapa Pecuária Sul, Bagé, Brasil, 2015.

1263 SNIFFEN, C. J.; CONNOR, J. D. O.; VAN SOEST, P. J.; RUSSEL, J. B. A net
 1264 carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein
 1265 availability. Journal of Animal Science, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

1266 VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Cornell University Press., p
 1267 476. 1994.

1268 VIANA, P. T.; PIRES, J. V.; OLIVEIRA, L. B.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L.
 1269 S. O.; CHAGAS, D. M. T.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T.; NASCIMENTO
 1270 FILHO, C. S.; CARVALHO, A. O. Fracionamento de carboidratos e de proteína das
 1271 silagens de diferentes forrageiras. Revista Brasileira de Zootecnia, v.41, n.2, p.292-297,
 1272 2012.

1273 ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; DÓREA, J. R. R.; DANTAS, A. S.; SILVA, T. C.;
 1274 PEREIRA, O. G. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava
 1275 scrapings. Revista Brasileira de Zootecnia v.39, n.12, p.2611-2616, 2010.

1276

1277 **Tabela 1.** Production of Sudan grass cultivar Estribo subjected to different harvest heights

Parameters	Cutting heights (cm)					Regression	r ²
	60	90	120	150	180		
DMP (kg ha ⁻¹)	1392.9	1987.1	3314.8	3412.2	6512.4	Y = 0.30x ² - 33.1x + 2440.1	0.86
ACUM (kg ha ⁻¹ d)	62.4	76.4	103.6	96.9	141.8	Y = 0.59x + 24.5	0.83
LSR	1.94	1.15	0.88	0.95	0.51	Y = 0.00008x ² - 0.03x + 3.5	0.80

1278 DMP, dry matter production; ACUM, daily accumulation of dry forage mass; LSR, leaf:stem ratio.

1279

1280

1281

1282

1283 Tabela 2. Chemical composition of Sudan grass cultivar BRS Estribo subjected to different harvest heights

Nutrients*	-	Harvest heights (cm)				
		60	90	120	150	180
DM		11.41	9.16	14.14	11.0	21.57
CP		12.95	12.43	10.85	11.76	7.97
NDF		68.05	69.74	70.31	72.25	75.94
ADF		38.77	39.71	38.27	42.19	45.47
EE		4.81	5.58	5.13	4.08	5.09

1284 *g/100 g of dry matter; DM, dry matter content; CP, crude protein content; NDF, neutral detergent fiber;
 1285 ADF, acid detergent fiber; EE, ether extract.

1288 Tabela3. Chemical composition of Sudan grass silage cultivar Stirrup subjected to different harvest heights

Parameters	60	Harvest heights (cm)				Regression	r2
		90	120	150	180		
DM	12.34	9.91	13.98	15.96	21.92	$Y = 0.0011x^2 - 0.195x + 19.43$	0.91
CP	12.70	9.71	9.60	8.43	7.10	$Y = -0.416x + 14.50$	0.87
NDF	63.67	69.47	70.08	73.80	76.70	$Y = 0.101x + 58.59$	0.93
ADF	39.09	44.62	43.40	49.47	51.23	$Y = 0.97x + 33.92$	0.85
EE	6.60	6.32	5.67	4.62	4.09	$Y = -0.22x + 8.14$	0.95
NFC	5.84	2.94	3.69	4.65	4.52	$Y = 4.33$	
TDN	63.04	61.67	60.74	58.77	58.32	$Y = -0.04x + 65.44$	0.96

1289 * g/100 g of dry matter; DM, dry matter content; CP, crude protein content; NDF, neutral detergent fiber;
 1290 ADF, acid detergent fiber; EE, ether extract; NFC, non-fibrous carbohydrates; TDN, total digestible
 1291 nutrients.

1294 Tabela 4. Chemical composition of Sudan grass silage cultivar Estribo subjected to different conservation
 1295 periods

Nutrients (g/100 g de MS)	Conservation days	
	60	120
CP	10.89 ^a	8.12 ^b
NDF	66.56 ^b	74.92 ^a
ADF	42.32 ^b	48.8 ^a
NFC	5.47 ^a	3.17 ^b
TDN	61.38 ^a	59.63 ^b

1296 ly (p < 0.05) by Tukey's test. DM, drymatter content; CP, crude protein content; NDF, neutral detergent
 1297 e insoluble fiber content; ADF, acid detergent insoluble fiber content; NFC, non-fibrous
 1298 carbohydrateacontent; TDN, total digestible nutrient content.

1299 n
 1300
 1301
 1302
 1303
 1304
 1305
 1306
 1307

1309
1310

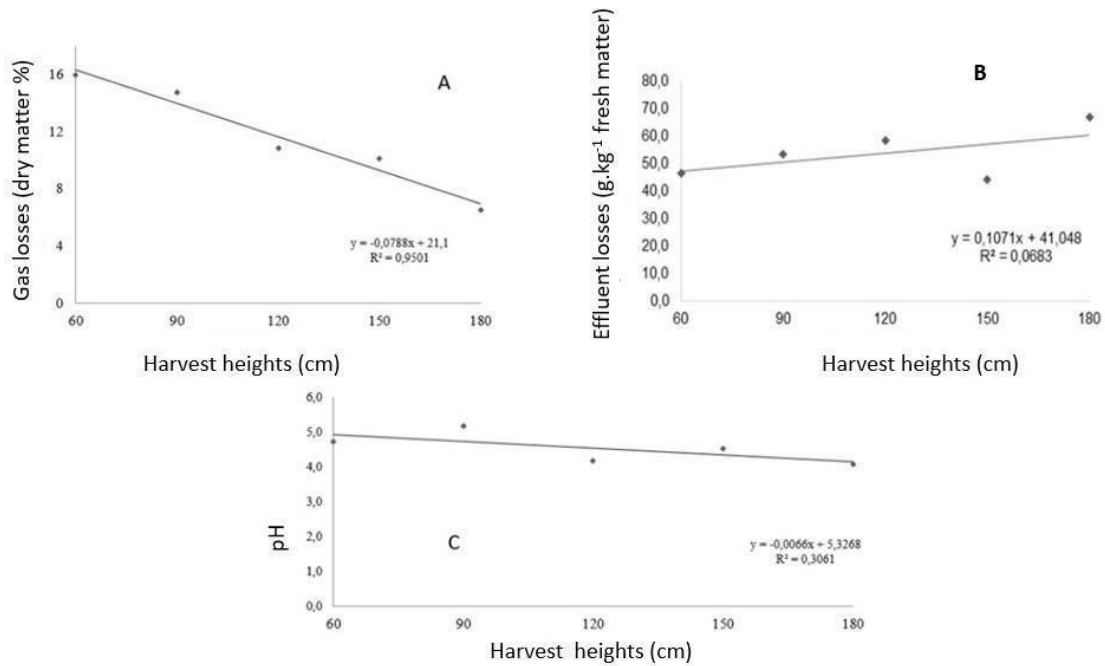
Tabela 5. Ash contents (g/100 g of dry matter) of Sudan grass silage cultivar Estribo subjected to different harvest heights and days of storage

Days	Harvest heights (cm)				
	60	90	120	150	180
60	12.85 ^{Aa}	12.81 ^{Aa}	12.46 ^{Aab}	10.74 ^{Ab}	7.67 ^{Ac}
120	10.94 ^{Ba}	10.85 ^{Ba}	10.06 ^{Ba}	9.50 ^{Ba}	7.51 ^{Ab}

1311
1312
1313
1314
1315
1316

Means followed by different letters in the same column (upper case) and row (lower case) differ ($p < 0.05$) according to Tukey's test.

Figura 1. Gas (A) and effluents (B) losses, and pH (C) of Sudan grass cultivar Estribo silage subjected to different harvest heights.



1317
1318
1319